

Estudio geoquímico y mineralógico de escorias de cobre de la Mina de São Domingos, Portugal

Gerardo Amaya Yaeggy (1), José Miguel Nieto (1*), Rafael Pérez-López (1), Carlos Ruíz Cánovas (1), Manuel Olías (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: jmnieto@uhu.es

Palabras Clave: Escorias de cobre, Caracterización, Valorización. **Key words:** Copper slags, Characterization, Valorization.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos el distrito minero de São Domingos (Portugal), en la Faja Pirítica Ibérica, ha sido explotado de manera extensiva hasta su cierre en 1966. Las actividades mineras produjeron cantidades importantes de residuos mineros, tanto de extracción como de procesado mineral, entre los que encontramos escorias de fundición (aprox. 4.5 Mt). La exposición de estas escorias a condiciones ambientales puede provocar la liberación de metales y metaloides peligrosos en suelos y cuerpos de agua cercanos (Álvarez-Valero et al., 2008). Sin embargo, entre estos metales y metaloides se pueden encontrar elementos con potencial de valorización por su interés económico, por tanto, es importante estudiar su movilidad y capacidad de extracción en estos residuos. Este estudio se centra en la caracterización geoquímica y mineralógica de escorias de fundición abandonadas en São Domingos, incluyendo un estudio sobre la movilidad de los elementos peligrosos y de interés contenidos en las mismas.

MÉTODOS

Para el estudio se analizaron muestras representativas de escorias de fundición abandonadas distribuidas por toda la mina. La composición química total se determinó mediante fusión con LiBO_2 seguida por un análisis de espectroscopía de emisión atómica y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES/MS). Complementariamente se analizó la mineralogía mediante microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de energía dispersiva (SEM-EDS) y difracción de rayos X (XRD). Siguiendo un procedimiento de extracción secuencial (BCR) en cuatro etapas (Sahuquillo et al., 1999), se estudió también la movilidad de los principales elementos contenidos en las escorias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis químico de las escorias muestra que se componen principalmente por Fe_2O_3 (60%) y SiO_2 (29%), seguido por CaO (4.3%), Al_2O_3 (1.6%) y K_2O (0.21%). Se encontraron además niveles importantes de Zn (>10000 ppm), Cu (3500 ppm) y Pb (2600 ppm), además de concentraciones significativas de elementos traza como As (220 ppm), Co (200 ppm) y Sn (110 ppm). El resto de concentraciones de elementos mayoritarios y minoritarios se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Concentraciones de elementos mayoritarios (%) y minoritarios (ppm).

Elemento	%	Elemento	ppm
Fe_2O_3	59.58	Zn	>10000
SiO_2	28.61	Cu	3500
CaO	4.27	Pb	2600
Al_2O_3	1.64	As	220
K_2O	0.21	Co	200
TiO_2	0.12	Sn	110
MgO	0.11	Ni	30
Na_2O	0.10	Ba	25

El análisis mineralógico de las escorias muestra una mezcla mayoritaria de minerales de hierro como fayalita (15-25%) y magnetita (hasta 40%), acompañada de cantidades notables de cuarzo (hasta 35%) y pequeñas cantidades de otros minerales secundarios tales como hematites y goethita (hasta 15%) y pirita (hasta 10%). Estos minerales coinciden con fases típicas de escorias de fundición de cobre (Piatak, et al, 2014). En menor cantidad se encontraron minerales secundarios de alteración como yeso y jarosita.

En cuanto a los resultados de la extracción secuencial se muestran distintos comportamientos para los elementos según la movilidad presentada en cada fracción, considerando que las fracciones más móviles son la intercambiabile, reducible y oxidable (Figura 1). El As y Cd se encuentran en su totalidad en la fracción residual, por lo que podrían estar inmovilizados en la estructura cristalina de los minerales. Elementos como Cr (22%) y Mn (30%) presentan mayor movilidad en la fracción intercambiabile, mientras que la fracción oxidable presenta un porcentaje de movilidad importante para Cr (36%), Cu (22%), S (12%) y Zn (8%), lo cual plantea riesgos ambientales significativos.

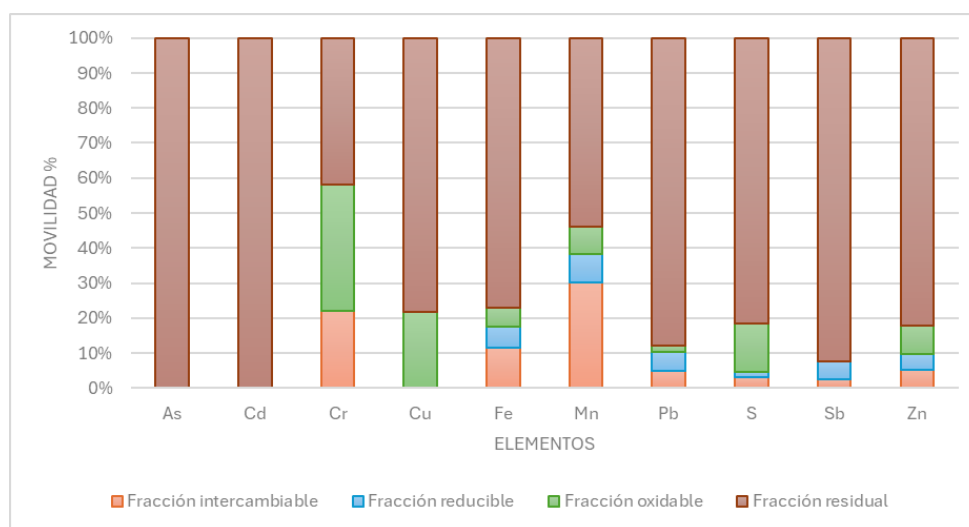


Fig 1. Resultados de la Extracción secuencial siguiendo el protocolo BCR

CONCLUSIONES

Los resultados aportan información esencial para la formulación de estrategias de remediación en el área y resaltan la necesidad de monitorear estos residuos para mitigar el impacto ambiental. Sin embargo, la principal conclusión del trabajo podría ser la necesidad de realizar estudios futuros para explorar la posibilidad de valorizar los metales contenidos en las escorias, principalmente los que se encuentran en las fracciones más móviles como Cu y Mn.

AGRADECIMIENTOS

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

REFERENCIAS

- Álvarez-Valero, A.M., Pérez-López, R., Matos, J., Capitán M. A., Nieto J. M., Sáez R., Delgado J., Caraballo M. (2008): Potential environmental impact at São Domingos mining district (Iberian Pyrite Belt, SW Iberian Peninsula): evidence from a chemical and mineralogical characterization. *Environ. Geol.*, **55**, 1797–1809, DOI: 10.1007/s00254-007-1131-x.
- Piatak, N., Parsons, M.B., Seal II, R.R. (2014): Characteristics and environmental aspects of slag: A review. *Appl. Geochem.*, DOI: 10.1016/j.apgeochem.2014.04.009.
- Sahuquillo, A., Lopez-Sanchez, J.F., Rubio, R., Rauret, G., Thomas, R.P., Davidson, C.M., Ure, A.M. (1999): Use of a certified reference material for extractable trace metals to assess sources of uncertainty in the BCR three-stage sequential extraction procedure. *Anal. Chim. Acta*, **382**, 317-327.