

Caracterización de depósitos secundarios de chimeneas de calcinación (Mazarrón, Murcia)

Iker Martínez-del-Pozo (1*), Inmaculada Ferri-Moreno (1), Xabier Arroyo (2), Paula Hernández-Prieto (2), Raquel Herrera Espada (3), Alba Martínez-Coronado (3), Mari Luz García-Lorenzo (1), José María Esbrí (1)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid (España)

(2) Unidad de Técnicas Geológicas, CAI de Ciencias de la Tierra y Arqueología, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid (España)

(3) Departamento de Geología, Física y Química inorgánica. Área de Geodinámica interna, Campus de Móstoles, Universidad Rey Juan Carlos, 28933, Madrid, (España)

* corresponding author: ikerma01@ucm.es

Palabras Clave: Depósitos secundarios, Sulfatos, Chimeneas, Azufre. **Key Words:** Secondary deposits, Sulphate, Chimney, Sulphur.

INTRODUCCIÓN

La mina de Mazarrón fue una explotación de Pb-Zn-Ag que estuvo activa desde tiempos romanos hasta el siglo XX. Los minerales de interés como la galena (PbS), calcopirita (CuFeS₂), pirita (FeS₂) y esfalerita (ZnS) tienen como origen el complejo volcánico del Campo de Cartagena, situado geológicamente en el Complejo Alpujárride de la Cordillera Bética. Estos sulfuros eran calcinados con el objetivo de eliminar el azufre y preparar la mena para la fundición y extracción del metal de interés. Estos procesos de calcinación eran llevados a cabo en chimeneas donde se producía la evacuación de los gases originados (SO₂, CO₂ y vapores metálicos). Estos eran transportados hacia los conductos de las chimeneas, movilizandopartículas, vapores metálicos y compuestos sulfurados. El enfriamiento progresivo y la condensación daban lugar a la precipitación de fases secundarias (sulfatos y minerales de la arcilla) y a la acumulación de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) como Pb, Zn, As y Hg, además de otros residuos de la combustión como el hollín. Es por ello, que el estudio de estos depósitos secundarios permite obtener información sobre las emisiones metalúrgicas asociadas a la calcinación de sulfuros metálicos.

MÉTODOS

Se han recogido seis muestras de depósitos secundarios del interior de dos chimeneas de la mina de Mazarrón (Murcia): tres de la parte inferior y tres de la superior (Fig. 1). Se ha extraído la parte superficial y oscura de cada muestra con el fin de evitar el material de construcción de la chimenea y, posteriormente, han sido molidas y tamizadas a 53 micras. El análisis del contenido elemental total se ha realizado con un equipo portátil de fluorescencia de rayos X (pFRX) Hitachi X-Met8000 Expert, la mineralogía mediante Difracción de Rayos X (DRX) con un equipo Bruker D8 Advance y los grupos funcionales mediante Infrarrojo por Transformada de Fourier portátil (pFTIR) con los métodos DRIFT y ATR, utilizando un equipo FTIR portátil Agilent 4300. Tanto para los análisis de pFRX como pFTIR se han realizado 3 réplicas. La combinación de estas técnicas analíticas permite obtener una caracterización completa de las muestras estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición geoquímica de los depósitos secundarios de las chimeneas está dominada principalmente por S (32,1%) y Ca (10,6%), seguido de Si (4,6 %), Al (2,0 %), Mg (1,9 %) y Fe (0,82 %). En cuanto a los elementos traza, la concentración más elevada es de Sr con un promedio de 1110 mg kg⁻¹, seguido de Ti (590 mg kg⁻¹), Mn (565 mg kg⁻¹), Pb (414 mg kg⁻¹), Zn (319 mg kg⁻¹) y As (269 mg kg⁻¹). Se observa un incremento en las concentraciones del S, Sr y Hg desde las muestras inferiores hacia las muestras recogidas en la zona superior de las dos chimeneas. Sin embargo, el Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, V, Cr, Cu, Zn, As, Se y Rb presentan una tendencia de disminución a lo largo del recorrido de estas.

La mineralogía de estos depósitos está compuesta principalmente por sulfatos como yeso y anhidrita, donde también se identifica boussingaultita ($\text{Mg}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_6$) y bassanita (CaSO_4), esta última de forma aislada en una de las chimeneas. El porcentaje de los minerales de los grupos de arcillas son abundantes y tienden a disminuir chimenea arriba, como en el caso de la boussingaultita y la bassanita, al contrario que los contenidos de yeso y anhidrita.

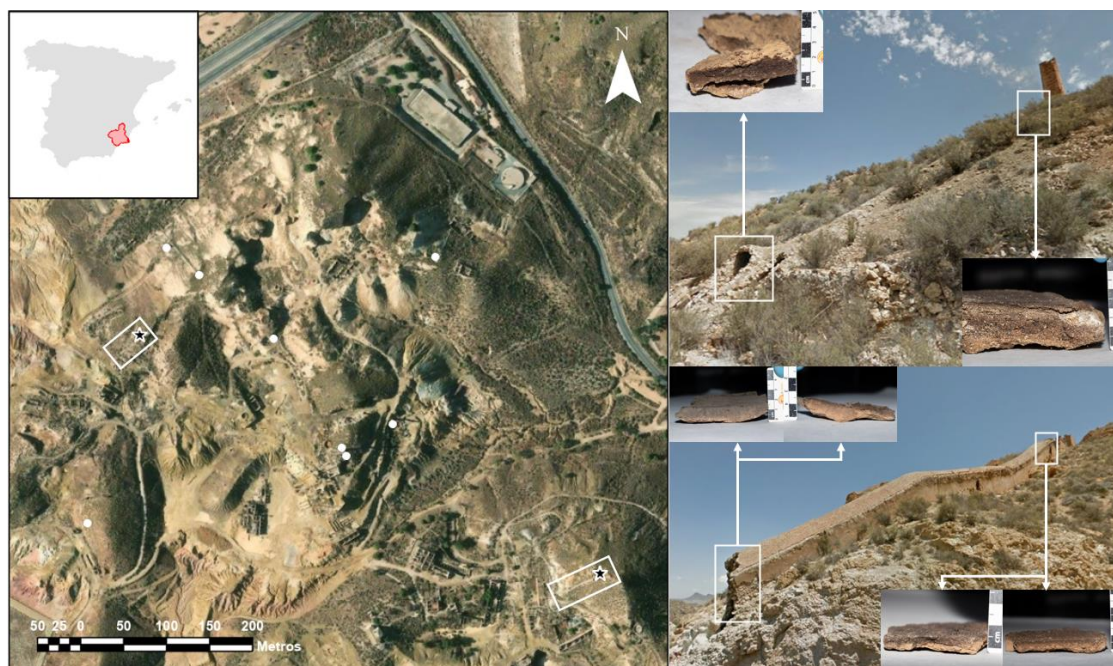


Fig 1. Imagen satélite de la mina abandonada de Mazarrón (Murcia) e imágenes de las chimeneas del estudio con las muestras de extraídas de las mismas. Se señala con una estrella y un rectángulo las chimeneas estudiadas, junto a otras chimeneas de la mina en círculos blancos.

Se identifican también cuarzo y feldespatos, junto con chabasita ($\text{Mg}_{5.036}\text{Fe}_{4.964}\text{Al}_{2.724}(\text{Si}_{2.7}\text{Al}_{2.3}\text{O}_{20})(\text{OH})_{16}$, mineral del grupo de las zeolitas, en una de las chimeneas. Estas fases se confirman con los espectros de pFTIR-ATR, con picos elevados en 1116 cm^{-1} y $670\text{-}600\text{ cm}^{-1}$ de SO_4^{2-} y O-S-O correspondientes a los sulfatos, junto a posibles solapamientos de carbonatos y silicatos secundarios. Se identifica una banda entre $3700\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ de O-H, asociada al agua estructural de los sulfatos y los minerales de la arcilla. En el entorno de $2915\text{-}2850\text{ cm}^{-1}$, se observa una banda de C-H junto a otra de $1700\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ de C=C de carbono aromático, probablemente correspondiente a hollín y mostrando picos más intensos en las muestras de las zonas inferiores. Por último, la zona de $1500\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ se reconocen picos de carbonatos y picos de sulfatos débiles (Pozo-Antonio et al., 2022; Jiménez-Desmond y Pozo-Antonio, 2025). En este proceso de calcinación donde se elimina principalmente el azufre de la mena, la corriente de humo deposita en los niveles inferiores hollín, minerales de la arcilla y sulfatos que pueden inmovilizar EPTs. En el proceso de enfriamiento de la corriente ascendente, la cantidad de sulfatos aumenta con un enriquecimiento de elementos volátiles como Sr y Hg.

CONCLUSIONES

Las chimeneas de calcinación de Mazarrón (Murcia) son estructuras mineras complejas que no solo actúan como sistemas de evacuación de gases, sino también como lugar donde se acumulan diferentes fases minerales secundarias y fases carbonosas. Estos depósitos, compuestos por una fracción carbonosa de combustión, fases sulfatadas y minerales de la arcilla, retienen EPTs, transformando las chimeneas en un registro de las emisiones metalúrgicas de la mina.

REFERENCIAS

- Pozo-Antonio, J.S., Cardell, C., Comité, V., Fermo, P. (2022): Characterization of black crust developed on historic stones with diverse mineralogy under different air quality environments. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **29**, 29438-29454.
- Jiménez-Desmond, D., Pozo-Antonio, J.S. (2025): Fourier transformation infrared (FTIR) database of historical pigments: a comparison between ATR-FTIR and DRIFT modalities. *Appl. Sci.*, **15**, 3941.