

Segregación de fundidos de Ag-Cu-Pb-Bi en el depósito hidrotermal de Svishti Plaz, Balcanes Centrales, Bulgaria

Lola Yesares (1*), José María González-Jiménez (2), Thomas Kerestedjian (3), Fernando Gervilla (4)

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

(2) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 18100 Armilla, Granada (España)

(3) Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria

(4) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada, 18071 Granada (España)

* corresponding author: myesares@ucm.es

Palabras Clave: Metales nobles, Balcanes, fundidos polimetálicos. **Key Words:** noble metals, Balkan, polymetallic melts

INTRODUCCIÓN

El depósito de Au de Svishti Plaz está situado en la zona central de la cordillera de los Balcanes, en el noroeste de Bulgaria. Explorado intensamente en la década de los 60 y 70, se conocen más de 30 filones de cuarzo enriquecidos en Au (6,6 g/t), Ag (16,6 g/t) y otros metales bases (e.g., Pb = 0,62 %). A pesar de su interés económico, su explotación ha sido limitada debido a su alto contenido de As (Mladenova et al., 2001, 2002). Los filones de cuarzo están encajados en una secuencia de edad Paleozoica, que incluye esquistos de bajo grado metamórfico afectados por la intrusión de cuerpos plutónicos de diorita, granodiorita y cuarzodioritas. Los filones mineralizados tienen una potencia de 0,2 a 2,5 m, se extienden entre 100-350 m, y excepcionalmente hasta 1 km, se orientan según las direcciones de 150-160° y 175-180° SE, 0-10° NNE y 65-70° ENE, y muestran un buzamiento de 60-90° SO. Estudios mineralógicos previos (Kujkin et al., 1972; Mileva y Mileva, 1977; Mladenova et al., 2001, 2002) sugieren una mineralización metálica compuesta principalmente por arsenopirita y pirita, a la que se asocia Au⁰, galena, esfalerita, tennantita, pirrotina, magnetita y diversos minerales de bismuto. En este trabajo actualizamos el estudio mineralógico con el objeto de evaluar la relevancia de una posible segregación de fundidos polimetálicos de Bi-Cu-Pb como mecanismo de concentración anómala de Au y Ag en el depósito.

RESULTADOS Y DISCUSION

Kujkin et al. (1972) reconocieron cuatro paragénesis hidrotermales en el yacimiento: (1) pirita-arsenopirita; (2) hematites; (3) oro-galena-esfalerita y (4) carbonato. Mileva y Mileva (1977) sugirieron la misma sucesión, con una etapa de formación de cuarzo-sericita al inicio del proceso. Más recientemente, Mladenova et al. (2002) han sugerido una secuencia paragenética más compleja, que incluye cinco etapas: (1) Fe-As, consistente principalmente en arsenopirita y pirita asociada a la precipitación de cuarzo grisáceo; (2) Pb-Zn-Cu-Ag-Au, definida por la precipitación de esfalerita, galena, calcopirita, electrum, Au⁰ y tennantita intercrecidas con cuarzo grisáceo; (3) Bi-Ag-Pb-Cu, definida por la precipitación de venas discordantes de minerales de bismuto (Bi⁰, Pb-Bi, y sulfosales de Cu-Pb-Bi y Ag-Cu-Pb-Bi) conjuntamente con calcopirita; (4) Fe, en la cual solo precipita hematites y cuarzo grisáceo; (5) Ca-Ba, definida por la precipitación tardía de calcita y barita rellenando huecos y fracturas de los minerales previos. Las observaciones realizadas en este estudio concuerdan con las de Mladenova et al. (2002), ya que las relaciones entre la arsenopirita y la pirita sugieren co-precipitación previa a los otros minerales de la asociación polimetálica, aunque en algunos lugares se observa arsenopirita reemplazando a pirita (Fig. 1a). Esfalerita, galena y calcopirita suelen contener cristales corroídos de la paragénesis arsenopirita-pirita (Fig. 1b), mientras que los cristales de electrum y Au⁰ rellenan microfracturas en la arsenopirita y la pirita (Fig. 1c), frecuentemente formando agregados polifásicos con esfalerita ± galena ± calcopirita. En el caso de los minerales de bismuto, siempre se localizan rellenando fracturas de la pirita (Fig. 1c), distinguiéndose varias sub-etapas de precipitación: (1) Bi⁰, calcopirita, y bismutinita [Bi₂S₃]-pekoita (CuPbBi₁₁S₁₈); (2) aikinita (CuPbBiS₃)-friedrichita (Cu₅Pb₅Bi₇S₈), y (3) galena bismutífera rica en Ag con exsoluciones de berryita (Cu₃Ag₂Pb₃Bi₇S₁₆) y benjaminita (Ag₃Bi₇S₁₂).

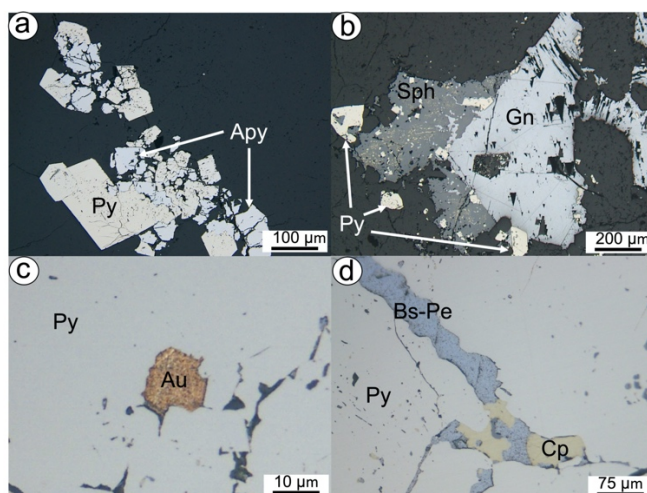


Fig 1. (a) Cristales de arsenopirita (Apy) reemplazando a pirita (Py); (b) intercrecimiento de galena (Gn) y esfalerita (Sph) con enfermedad de calcopirita incluyendo cristales relictos de pirita; (c) inclusión de Au⁰ en pirita (py) de la primera etapa de formación del depósito Svishti Plaz; (d) fracturas tardías rellenas de bismutinita (Bs) - pekoita (Pe) y calcopirita (Cp)

Los límites curvilíneos mutuos y cuspiformes que frecuentemente se observan entre los minerales aquí descritos, y muy en particular entre los minerales de bismuto (e.g., Fig. 1d), sugieren procesos de inmiscibilidad líquida antes del inicio de la cristalización. Bogdanov and Ziri (1989) estimaron a partir del análisis de inclusiones fluidas que las diferentes mineralizaciones descritas en Svishti Plaz se formaron a temperaturas comprendidas aproximadamente entre 320 y 230 °C. Estas temperaturas son compatibles con la formación de fundidos polimetálicos constituidos por elementos calcófilos de bajo punto de fusión, tales como Cu, Bi y Pb (Cano et al., 2023, 2024). Las relaciones texturales observadas sugieren que este tipo de fundidos polimetálicos debieron ser muy efectivos en el fraccionamiento de Au y Ag, y que eventualmente pudieron ser transportados en el fluido hidrotermal (Cano et al., 2023, 2024). El origen de tales fundidos polimetálicos puede relacionarse con: (1) fundidos derivados de los magmas parentales de los intrusivos dioríticos, granodioríticos y cuarzdioríticos (Cano et al., 2023); (2) inmiscibilidad directa de fluidos hidrotermales; y (3) mecanismos de adsorción-reducción en superficies minerales como resultado de la interacción fluido-roca (González-Jiménez et al., 2022).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto NANOMET PID2022-138768OB-I00 financiado por el MCIN/AEI/<https://doi.org/10.13039/50110001133> y por “FEDER una manera de hacer Europa” y por la he “Unión Europea”.

REFERENCIAS

- Bogdanov, K.B., Zairi, N.M. (1989): Mineralogical and sulphur isotope study of Svishti Plaz deposit, Balkan Mountains, Bulgaria. - 14th Congr. CBGA, Sofia, Abstr., 55-58.
- Cano, N., González-Jiménez, J.M., Camprubí, T., Dominguez-Carretero, D., González-Partida, E., Proenza, J.A. (2023): Nanomaterial accumulation in boiling brines enhances epithermal bonanzas. *Sci. Reports.*, **13**, 14985.
- Cano, N., González-Jiménez, J.M., Camprubí, T., Proenza, J.A., González-Partida, E. (2023): Macro-to-nanoscale investigation unlocks gold and silver enrichment by lead-bismuth metallic melts in the Switchback epithermal deposit, southern Mexico. *American Mineralogist* 2024; doi: <https://doi.org/10.2138/am-2024-9388>.
- González-Jiménez, J.M., Yesares, L., Piña, R., Sáez, R., Almodóvar, G.R., Nieto, F., Tenorio, S. (2022): Polymetallic nanoparticles in pyrite from VMS deposits of the Iberian Pyrite Belt. *Ore Geol. Rev.*, **145**, 104875.
- Kujkin, S., Staikova, M., Hristov, S. (1972): Uber die Gold-Sulfid Vererzung in Zlatica-Balkan. - *Bull. Geol. Inst.*, **21**, 55-68 (in Bulgarian).
- Mileva, G., Mileva, K. (1977): Paragenetical mineral association in gold ores of Svishti Plaz deposit in conection of their processing. - *Rudodobiv*, 1, 5-8 (in Bulgarian).
- Mladenova, V., Kerestedjian, T., Dimitrova, D. (2001): Ag-Cu-Pb-Bi mineralization from the Svishti Plaz gold deposit, Central Balkan Mountain, Bulgaria. *Geochem. Mineral. Petrol.*, **38**, 55-66.
- Mladenova, V., Kerestedjian, T. (2002): The Svishti Plaz gold deposit, Central Balkan Mountain, Bulgaria. *Geochemistry, Mineralogy and Petrology*, **39**, 53-65.