

Estudio preliminar de las inclusiones orientadas en las magnetitas del skarn de La Víbora (Serranía de Ronda, Málaga)

Igor González-Pérez (1*), Jordi Llopis Borràs (1), Fernando Gervilla (1,2), José María González-Jiménez (2)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada (España)

(2) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada, Avda. de las Palmeras 4, 18100 Armilla, Granada (España)

*Corresponding author: igorgonzpe@ugr.es

Palabras Clave: Skarn magnésico, Serranía de Ronda magnetita, FIB-TEM. **Key Words:** Magnesian skarn, Serranía de Ronda magnetite, FIB-TEM.

ISSN 2659-9864

INTRODUCCIÓN

En el contacto entre las rocas ultramáficas y los mármoles dolomíticos de la Serranía de Ronda se han documentado diversos depósitos de magnetita de tipo skarn (Westerhof, 1975; Gervilla et al., 2019). Los trabajos más recientes sugieren que el origen de dichas mineralizaciones está asociado a la circulación de fluidos calientes (~600°C) exsueltos de fundidos anatéticos generados durante el emplazamiento caliente de las rocas ultramáficas en la corteza continental (Gonzalez-Pérez et al., 2022; 2023). En este tipo de depósitos, la composición de la magnetita precipitada por los fluidos hidrotermales, está influenciada por: 1) la composición del fluido mineralizador; 2) grado de interacción del fluido con la roca; 3) la naturaleza de los minerales de la asociación mineral; 4) las condiciones fisicoquímicas del fluido y la posibilidad de que se puedan formar inclusiones sólidas de tamaño nano a micrométrico en la magnetita (Carew 2004; Dupuis and Beaudoin 2011; Dare et al. 2014).

De entre los diferentes depósitos de Fe tipo skarn documentados en la Serranía de Ronda, quizás el menos estudiado sea el de la Víbora, localizado al norte del macizo ultramáfico de Ronda. En particular, no existen datos mineralógicos de la magnetita que forma la mineralización de este skarn magnésico.

Esta comunicación presenta los resultados preliminares del estudio mineralógico del depósito de La Víbora, enfatizando el estudio a micro y nano escala de un grupo de inclusiones exóticas presentes en magnetita. La finalidad del estudio es mejorar la comprensión de la naturaleza de dichas inclusiones con el objetivo constreñir la evolución del sistema durante el evento mineralizador. Para ello se han obtenido un grupo selecto de lamelas electrotransparentes de las magnetitas más representativas de la evolución de la mineralización, mediante la técnica de adelgazamiento iónico (FIB) para su posterior análisis con el microscopio electrónico de transmisión (TEM).

RESULTADOS

Una característica distintiva del depósito de La Víbora es que se puede observar, a escala de campo, el zonado típico de un skarn magnésico, con la presencia de un frente de reacción que reemplaza a los mármoles dolomíticos dando lugar a la asociación forsterita/diópsido + calcita + magnetita, quedando relictos del protolito original. A lo largo del frente de reacción, se pueden observar tres texturas diferentes de la mineralización distribuidas heterogéneamente a lo largo del mismo.

En la zona más interna del skarn, la mineralización presenta una textura semi-masiva, compuesta por bandas de magnetita con cristales alotriomorfos de entre 0.1-2 mm de tamaño. Estas bandas alternan y/o engloban cristales de forsterita reemplazados casi totalmente por serpentina. En la zona intermedia del skarn la mineralización presenta una textura masiva, con tamaños de grano homogéneos inferiores a 1 mm, que en ocasiones forman puntos triples con bordes curvados. En el límite del frente de reacción, la mineralización muestra una textura granular. Aquí la mineralización está compuesta por agregados masivos de magnetita de gran tamaño, superior a 2 mm, que presentan abundantes inclusiones dispuestas a favor de los planos de crecimiento (111) de la magnetita, así como inclusiones irregulares de mayor tamaño distribuidas heterogéneamente.

La composición química de la magnetita muestra, de forma general, un empobrecimiento en Mg hacia los bordes, independientemente de la textura de la mineralización, si bien este efecto es mucho más marcado en los granos de mayor tamaño. Este reemplazo es común en otros depósitos similares en los alrededores de la Serranía de Ronda. No obstante, la mineralogía de las inclusiones en las magnetitas difiere de las encontradas en otros depósitos similares situados los alrededores de la Serranía de Ronda (González-Pérez et al., 2022; 2023).

INCLUSIONES EN MAGNETITA

El estudio de las inclusiones mediante mapas composicionales de difracción de rayos-X (EDX) obtenidos mediante microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM), ha permitido diferenciar dos tipos principales de inclusiones: (1) inclusiones dispuestas a favor de los planos de crecimiento de la magnetita, dominadas por fases silicatadas y fases ricas en Ca-Mg-Al, y (2) inclusiones irregulares de mayor tamaño compuestas por dolomita parcialmente reemplazada por calcita.

Los patrones de difracción (SAED) y de microscopía electrónica de alta resolución (HRTEM) de las fases minerales presentes en una de las lamelas, han permitido la identificación de espaciados de 2.90 Å y 4.65 Å, correspondientes con los planos (104) de la dolomita y (111) de la espinela, respectivamente. Las imágenes de HRTEM muestran que la espinela presenta la misma orientación que la magnetita, no así la dolomita. En la segunda lamela, los espaciados calculados reflejan la existencia de dos fases cristalinas diferentes. En contacto con la magnetita el espaciado de 4.75 Å se corresponde con el plano (006) de la clorita, la cual está orientada en la misma dirección que la magnetita. Si bien, las imágenes de HRTEM muestran que se trata de agregados de clorita ligeramente desorientados entre sí. Por otro lado, la zona central de la lamela está dominada por un material amorfo rico en Si y Mg.

DISCUSIÓN

La presencia de inclusiones de dolomita parcialmente reemplazada por calcita dentro de la magnetita, podría representar la etapa progradada del skarn, donde el protolito dolomítico es reemplazado por calcita acompañada bien de forsterita y/o diópsido, en función de la aSiO₂. Sin embargo, la presencia de agregados cristalinos de clorita y de fases amorfas ricas en Si y Mg no puede explicarse únicamente mediante un evento subsolidus asociado al descenso de la temperatura del sistema, si no que podrían interpretarse como restos del sistema mineralógico formador del skarn atrapado en los planos de crecimiento de la magnetita.

Nuestro estudio demuestra que la mineralogía y cristalografía de las inclusiones presentes en los minerales de mena pueden emplearse para constreñir la evolución del sistema durante el evento mineralizador. Por tanto, el estudio de las inclusiones sólidas en los minerales de mena sirve de apoyo a los estudios de composición de elementos traza y/o inclusiones fluidas a la hora de definir con detalle las condiciones físico-químicas de formación de los depósitos.

REFERENCIAS

- Carew MJ (2004). Controls on Cu-Au mineralization and Fe oxide metasomatism in the Eastern fold belt, NW Queensland, Australia (Doctoral dissertation, James Cook University).
- Dare SAS, Barnes S-J, Beaudoin G, Méric J, Emilie B, Potvin-Doucet C (2014) Trace elements in magnetite as petrogenetic indicators. *Mineralium Deposita*, 49(7):785–796.
- Dupuis C, Beaudoin G (2011) Discriminant diagrams for iron oxide trace element fingerprinting of mineral deposit types. *Mineralium Deposita* 46:319–335.
- Gervilla, F.; González-Jiménez, J.M.; Hidas, K.; Marchesi, C.; Piña, R. *Geology and Metallogeny of the Upper Mantle Rocks from the Serranía de Ronda*; Mineralogical Spanish Society: Ronda, Spain, 2019; p. 122.
- González-Pérez, I.; González-Jiménez, J.M.; Gervilla, F.; Fanlo, I.; Tornos, F.; Colás, V.; Arranz, E.; Hanchar, J.; Abad-Ortega, M.D.M.; Moreno-Abril, A.J.; et al. Genesis and evolution of the San Manuel iron skarn deposit (Betic Cordillera, SW Spain). *Ore Geol. Rev.* 2022, 141, 104657.
- González-Pérez, I., Fanlo, I., Ares, G., Gervilla, F., González-Jiménez, J. M., Acosta-Vigil, A., & Arranz, E. (2023). The Unconventional Peridotite-Related Mg-Fe-B Skarn of the El Robledal, SE Spain. *Minerals*, 13(3), 300.
- Westerhof, A.B. Genesis of magnetite ore near Marbella, Southern Spain: Formation by oxidation of silicates in polymetamorphic gedrite-bearing and other rocks. In *GUA Papers of Geology*; Stichting GUA: Amsterdam, the Netherlands, 1975; p. 216.