

Zonaciones de magnesioferrita-magnetita en el skarn magnésico de San Manuel, Serranía de Ronda

Igor González Pérez (1*), Jose María González Jiménez (1), Fernando Gervilla (1,2), Isabel Fanlo (3), Fernando Tornos (4)

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

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

(3) Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España.

(4) Instituto de Geociencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Universidad Complutense de Madrid (CSIC-UCM), Severo Ochoa, 7, 28040 Madrid, España.

* corresponding author: igorgonzpe@ugr.es

Palabras Clave: Magnetita, skarn, elementos traza. **Key Words:** Magnetite, skarn, trace elements.

INTRODUCCIÓN

La magnetita es un óxido de Fe perteneciente al grupo de la espinela que puede incorporar en su estructura una amplia variedad de elementos en función de las condiciones físico-químicas bajo las que se forma (Dupuis and Beaoudin, 2011; Nadoll et al., 2014; Deditius et al., 2018). Por tanto, el estudio geoquímico de la magnetita permite distinguir entre diferentes generaciones de este mineral formadas bajo diferentes condiciones, siempre que vayan acompañadas de un estudio petrográfico que permita distinguir entre procesos primarios y procesos de disolución y/o recristalización (Hu et al., 2014; 2015). En este estudio se ha empleado la microsonda electrónica (EPMA) con objeto de determinar las concentraciones de elementos mayores y menores en las magnetitas y magnesioferritas presentes en el skarn de San Manuel. Éste es un depósito de Fe localizado en la Serranía de Ronda, justo en el contacto tectónico entre las rocas ultramáficas del Macizo de Ronda y los mármoles y migmatitas infrayacentes de la unidad de Blanca. A pesar del interés científico por el Macizo de Peridotitas de Ronda y del interés económico de los depósitos de tipo skarn, apenas existen estudios enfocados en la génesis de estos minerales de mena de Fe que forman este depósito. Los datos preliminares que presentamos en este trabajo sugieren que, durante el emplazamiento de las peridotitas en la corteza continental, fluidos corticales de origen anatético pudieron haber contribuido a la removilización de Fe de los metasedimentos, dando lugar a la precipitación de magnetitas en las dolomías suprayacentes.

CONTEXTO GEOLÓGICO

El skarn de San Manuel se localiza en Sierra Bermeja, 5 km al norte de Estepona, Málaga. Se encuentra encajado en un paquete de mármoles dolomíticos de unos 25 m de espesor dispuestos directamente sobre un tramo de migmatitas de unos 15 m de espesor. Estas migmatitas han sido interpretadas como un producto de la fusión parcial de rocas metapelíticas de la unidad de Blanca durante el emplazamiento a alta temperatura (~1000°C) de las peridotitas sobre las rocas corticales (Esteban et al., 2008; Tubía et al., 2013). El afloramiento contiene de muro a techo, 1) 12 m de mármoles dolomíticos reemplazados por un skarn retrógrado dominado por clorita, serpentina y brucita; 2) un cuerpo de magnetita masiva de entre 1-2,5 m de espesor que representa el depósito de Fe; 3) skarn progrado de unos 9 m de espesor dominado por la presencia de olivino, calcita y, en menor cantidad, diópsido. La magnetita se presenta también de forma diseminada a lo largo de toda la secuencia del skarn.

RESULTADOS

Textura de la magnetita

Zonación A: se localiza exclusivamente en el cuerpo masivo central. Está compuesto por núcleos de magnesioferrita (Mt-1) ($\#Fe^{2+} = [Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)] = 0,43-0,64$) con inclusiones de dolomita, rodeados de cuatro anillos concéntricos de magnetita con diferentes texturas (Mt-2, Mt-3, Mt-4 y Mt-5). **Zonación B:** situado en el skarn progrado, consiste en núcleos de Mt-1 y magnetita porosa con inclusiones de dolomita±clorita±serpentina

(Mt-2), que a su vez están rodeados por anillos de magnetita libre de inclusiones (Mt-5). **Zonación C:** Se localiza principalmente en la zona de skarn retrogrado. Está formado por núcleos de magnetita con abundantes inclusiones de espinela±ilmenita (Mt-3), rodeados por anillos de magnetita con inclusiones de espinela y clorita (Mt-4) y por un anillo externo de Mt-5.

Composición química

Los resultados de los análisis de EPMA muestran que, de forma general, existe una tendencia de pérdida de Mg (6,62-10,67 % en peso en Mt-1; <0,63 % en peso en Mt-5) y Fe³⁺ (72,14-75,37 % en peso en Mt-1; 66,77-70,26 % en peso en Mt-5) y aumento en Fe²⁺ (14,38-20,82 % en peso en Mt-1; 29,66-31,43 % en peso en Mt-5) desde los núcleos de Mt-1 hacia los anillos externos de Mt-5. El contenido en Al aumenta desde la Mt-1 (valores medios de 0,21 % en peso) a Mt-3 (valores medios de 0,97 % en peso), y se reduce progresivamente hacia los anillos exteriores de Mt-5 (valores medios de 0,23 % en peso).

DISCUSIÓN

Las variaciones texturales y composicionales de las magnetitas del skarn de San Manuel ponen de manifiesto la existencia de diferentes generaciones de éstas formadas mediante fluidos mineralizantes con propiedades físico-químicas diferentes, probablemente relacionados con las diversas etapas de evolución del skarn progrado y retrogrado. La Mt-1 es rica en Mg y presenta inclusiones de dolomita, lo que sugiere que su formación se debe a la circulación de fluidos hidrotermales que suministran Fe y lixivian Mg de la dolomita encajante para formar la magnetita. La Mt-2 muestra contactos irregulares con la Mt-1, y se caracteriza por una textura porosa con inclusiones de dolomita±clorita±serpentina y por un descenso en el contenido en Mg, lo que indica un proceso de reemplazamiento de la Mt-1. Durante este evento, el Mg pudo ser removilizado para formar la clorita y la serpentina incluidas en la Mt-2. Ambas magnetitas se encuentran principalmente en la zona del skarn progrado, lo que sugiere que los fluidos responsables de su formación están relacionados con esta etapa. El progresivo incremento de Al en el fluido dio lugar a la formación de la Mt-3 y a las inclusiones de espinela que esta presenta. Además, estas magnetitas presentan un aumento del contenido en Ti que podría reflejar un aumento de la fO_2 del fluido mineralizante. La Mt-4 muestra un descenso en el contenido de Al respecto a la Mt-3 y presenta contactos irregulares con ella, así como inclusiones de espinela y clorita, lo que sugiere que su formación se debe a un proceso de reemplazamiento y/o recristalización de la Mt-3. La formación de estas magnetitas se relaciona con diferentes grados de evolución del skarn retrógrado, ya que ambas están presentes principalmente en la zona de skarn retrógrado. Este descenso de la temperatura del fluido hidrotermal durante la etapa de skarn retrógrado continúa, dando lugar a la formación de la Mt-5.

REFERENCIAS

- Deditius, A.P., Reich, M., Simon, A.C., Suvorova, A., Knipping, J., Roberts, M.P., Rubanov, S., Dodd, A., Saunders, M. (2018) Nanogeochemistry of hydrothermal magnetite. *Contrib Mineral Petrol.* 173, 46. <https://doi.org/10.1007/s00410-018-1474-1>
- Dupuis, C., Beaudoin, G. (2011) Discriminant diagrams for iron oxide trace element fingerprinting of mineral deposit types. *Miner Deposita* 46, 319–335
- Esteban, J.J., Cuevas, J., Vegas, N., Tubía, J.M. (2008) Deformation and kinematics in a melt-bearing shear zone from the Western Betic Cordilleras (Southern Spain). *J Struct Geol.* 30, 380-393.
- Hu, H., Li, J.-W., Lentz, D., Ren, Z., Zhao, X.-F., Deng, X.-D., Hall, D. (2014) Dissolution-reprecipitation process of magnetite from the Chengchao iron deposit: Insights into ore genesis and implication for *in situ* chemical analyses of magnetite. *Ore Geol Rev.* 57, 393-405.
- Hu, H., Lentz, D., Li, J.-W., McCarron, T., Zhao, X.-F., Hall, D. (2015) Re-equilibration processes in magnetite from iron skarn deposits. *Econ Geol.* 110, 1-8.
- Nadoll, P., Angerer, T., Mauk, J.L., French, D., Walshe, J. (2014) The chemistry of hydrothermal magnetite: A review. *Ore Geol Rev.* 61, 1-32.
- Tubía, J.M., Cuevas, J., Esteban, J.J. (2013) Localization of deformation and kinematic shift during the hot emplacement of the Ronda peridotites (Betic Cordilleras, southern Spain). *J Struct Geol.* 50, 148-160.