

Las mineralizaciones ferríferas del coto minero San Guillermo (Jerez de los Caballeros, Badajoz, España)

Iron mineralizations of the San Guillermo mining district (Jerez de los Caballeros, Badajoz, Spain).

R. Sanabria ⁽¹⁾, C. Casquet ⁽¹⁾, F. Tornos ⁽²⁾ y C. Galindo ⁽¹⁾

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

⁽²⁾ Instituto Geológico y Minero de España, Azafranal 48, 37001 Salamanca

ABSTRACT

Stratoid magnetite and skarn magnetite were mined at the San Guillermo mine district. Structural and textural evidence suggest that they formed by replacement of older rocks in Variscan orogeny times during a protracted process that begun with fluid flow and stratoid magnetite formation along thrusts. This was followed by the Brovales pluton emplacement probably controlled by an oblique shear zone. Exo and endoskarns with magnetite formed at this time, partly before and partly after complete crystallization of the pluton.

Key words: ore deposits, magnetite, skarn, Ossa Morena zone, Variscan

*Geogaceta, 38 (2005), 223-226
ISSN: 0213683X*

Introducción

Este trabajo se centra en las mineralizaciones de magnetita del coto minero San Guillermo (CMSG) (minas de San Guillermo, El Colmenar, Santa Bárbara y Santa Justa), en la localidad de Jerez de los Caballeros (Badajoz) (Fig. 1). Las minas estuvieron en explotación hasta el año 1978. El origen de las mineralizaciones de magnetita de este sector de la zona Ossa Morena, ha sido motivo de polémica. Por un lado la morfología estratoide de algunos depósitos y su ubicación, a menudo próxima a las rocas volcánicas del Cámbrico Inferior, condujeron a una interpretación volcanogénica (p.ej., Dupont, 1979). Por otro, la proximidad espacial de las mineralizaciones con los plutones variscos y su relación con formaciones de tipo skarn, propició un modelo alternativo epigenético (yacimientos hidrotermales) (p.ej., Casquet y Tornos, 1991). Los objetivos del trabajo son establecer las etapas mineralizadoras principales, determinar las posibles guías estructurales que controlaron la ubicación de las mineralizaciones y contribuir con nuevos datos a resolver el problema sobre el origen singenético vs. epigenético de las mineralizaciones de magnetita de esta zona.

Contexto geológico del coto San Guillermo

El CMSG se ubica en la faja metalogénica Olivenza-Monesterio, de-

finida por Tornos *et al.* (2004) en la zona Ossa Morena, junto al contacto oriental del plutón variscico de Brovales (340±4 Ma; Montero *et al.*, 2000) con el complejo metamórfico de Valuengo (Fernández Carrasco *et al.*, 1981) (Fig. 1). El Plutón de Brovales, de composición en buena parte tonalítica, se interdigita, en la zona estudiada, con el encajante metasedimentario en el que se aloja la mineralización y que constituye el flanco occidental del anticlinal de Valuengo (Fig. 1). Dicho flanco queda truncado a muy bajo ángulo por el contacto intrusivo y se verticaliza junto al mismo (Fig. 1). Este contacto se relaciona con una zona de cizalla sin-plutónica dextral de dirección aproximadamente N-S, que se continúa hasta el aledaño plutón de Burguillos del Cerro, al norte de la zona de estudio (Tornos *et al.*, 2002). Cortando a las tonalitas y al encajante hay diques de leucogranitos. Además, dentro del

encajante se han reconocido, también, algunos cuerpos menores de gabros, envueltos por la estratificación y la foliación, ambas concordantes (Fig. 2) (Sanabria, 2001).

El encajante metasedimentario, en el que se localiza la mayor parte de la mineralización, está constituido por la formación detrítica de Las Mayorgas, esencialmente metarcosas, esquistos biotíticos, porfiroides y una capa de rocas metacarbonatadas (nivel «c») y por la formación Carbonatada de calizas y dolomías marmorizadas, característica del Cámbrico Inferior (Fernández Carrasco *et al.*, 1981) (Fig. 1).

Mineralizaciones de magnetita.

Hay dos tipos de magnetita. La mineralización principal del CMSG consiste en una concentración estratoide de magnetita (manto), de 2 a 30 m de poten-

O	Protolito: clinopiroxeno, <i>anfíbol I</i> (hornblenda paragasítica) y plagioclasa
P	<i>Anfíbol II</i> nematoblástico (hornblenda actinolítica)
M	Magnetita (mineralización principal)
E	<i>Anfíbol III</i> (actinolita, fibroso-radiada). Reemplazamiento de todo lo anterior
I	Venas I y rellenos de cavidades: (<i>Anfíbol IV</i> (ferro-actinolita) + cuarzo + calcita + epidota + albita + magnetita + piritita / calcopiritita)
T	Venas II: Carbonatos, especularita, etc.

Tabla I.- Procesos ligados a la mineralización en la mina El Colmenar.

Table I.- Mineralization related processes at El Colmenar mine.

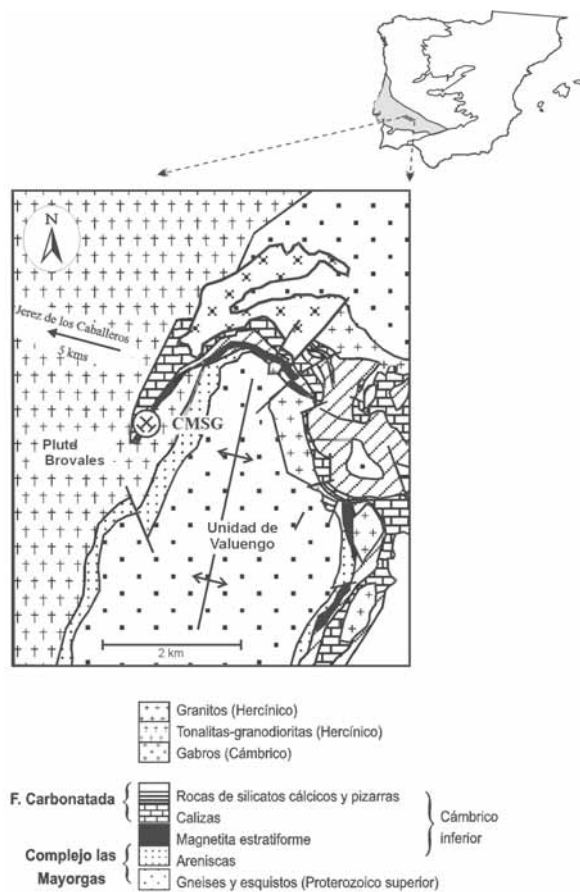


Fig. 1.- Localización del coto minero San Guillermo.

Fig. 1.- Location of the San Guillermo mine district.

cia, que se sigue a lo largo de más de 5-6 km hacia el este, siguiendo el contorno del anticlinal de Valuengo. Fue objeto de explotación en diversas minas del propio coto y otras de menor entidad en el flanco oriental del pliegue (Bismarck, El Soldado, Las Galerías). El manto se adelgaza progresivamente hacia el sur, en el sector de mina San Guillermo, hasta desaparecer truncado a muy bajo ángulo por el contacto con la tonalita de Brovales (Fig. 1). En todo el área del anticlinal de Valuengo se ha reconocido, desde antiguo, la existencia de una capa guía discontinua, muy delgada, de rocas metacarbonatadas (mármoles y rocas de silicatos cálcicos) asociada a esta mineralización (nivel «c» de la formación detrítica de Las Mayorgas; Fernández Carrasco *et al.*, 1981), que se intercala entre esquistos y gneises biotíticos (Fig. 1). Este tipo de magnetita se ha considerado tradicionalmente vinculado con el vulcanismo ácido - básico, del Cámbrico Inferior (p. ej., Dupont, 1979).

Un segundo tipo de mineralización de magnetita es la asociada claramente con formaciones tipo skarn, tanto exoskarns sobre la Formación Carbonatada, como endoskarns, muy lo-

cales, sobre la propia tonalita de Brovales e intrusiones menores satélites. La descripción que sigue se refiere exclusivamente a la mina de El Colmenar (magnetita estratoide) y a la Santa Bárbara (magnetita de tipo skarn).

Mina El Colmenar

En ella se explotó el manto de magnetita estratoide que alcanza los 30 m de potencia (Fig. 2). La mineralización tiene un elevado buzamiento al oeste y limita a muro con la digitación de la tonalita foliada de Brovales, de la que queda separada por una faja filonítica. A techo hay esquistos y gneises migmatíticos. Además, dentro de la mineralización se encuentran restos del nivel guía carbonatado («c») (mármoles y rocas de silicatos cálcicos con granate, piroxeno y, en menor medida, anfíbol, escapolita y albita). Hacia el NE la mineralización se continua entre rocas de silicatos cálcicos, lo que sugiere su disposición ligeramente discordante con la estratificación. (Fig. 2).

Se pueden definir dos tipos de mineralización dentro de este cuerpo (Sañabria, 2001):

Tipo I

(magnetita + albita + anfíbol). Se trata de una roca granuda formada principalmente por plagioclasa (An₁₀) y magnetita y minoritariamente anfíbol (ANF-I, hornblenda pargasítica marrón, reemplazada por hornblenda actinolítica verde (ANF-II)) y clinopiroxeno hedembergítico. Accesorariamente hay esfena y, en menor proporción, circón idiomorfo. La mineralización es claramente posterior a la plagioclasa, al clinopiroxeno y a la hornblenda, pues se introduce a favor de los bordes de grano y avanza hacia el interior de los cristales, reemplazándolos. La presencia de circónes idiomorfos apunta hacia un protolito ígneo, probablemente una roca de grano fino formada por plagioclasa + clinopiroxeno ± hornblenda (leucogabro?). Afloramientos de esta roca se observan en diversos puntos. No obstante también se observan lentejones de mármoles y rocas de silicatos cálcicos dentro de la mineralización, parcialmente reemplazados.

Tipo II

(mineralización bandeada de magnetita-anfíboles-sulfuros). Está formada principalmente por niveles alternantes de magnetita + actinolita (agregados fibroso-radiales posttectónicos; ANF-III) y de sulfuros (calcopirita + pirita) + hornblenda actinolítica (en crecimientos orientados paralelos al bandedado, sin-tectónicos; ANF-II). Se conservan relictos de piroxeno hedembergítico, de hornblenda (ANF-I) y de albita, igual que la mineralización Tipo I. La magnetita (junto con los sulfuros) reemplaza al ANF-II y es, a su vez reemplazada por el ANF-III.

Dentro de la mineralización bandeada se observan estructuras tipo «boudinage» en litologías competentes que han sufrido estiramiento, en una etapa incipiente de la mineralización (Fig 4c; Tornos *et al.*, 2002). Además abundan filoncillos tardíos de albita, que cortan a la mineralización principal y que muestran también fracturación, rotación, desmembramientos y reemplazamientos por magnetita y ANF-IV. Esta deformación tardía se corresponde con el desarrollo de fracturas extensionales rellenas con anfíboles de gran tamaño (actinolita-ferroactinolita; ANF-IV), calcita, cuarzo, epidota, albita, calcopirita / pirita, magnetita (+ esfena ± allanita). Estas venas llevan dirección aproximada E-O. Además esta mineralización, se encuentra también como relleno de cavidades de gran tamaño. Una segunda familia de venas muy tardía, presenta rellenos de carbonatos y especularita principalmente. En el Tabla I se resume el esquema de la evolución textural reconocida en la mineralización estratiforme.

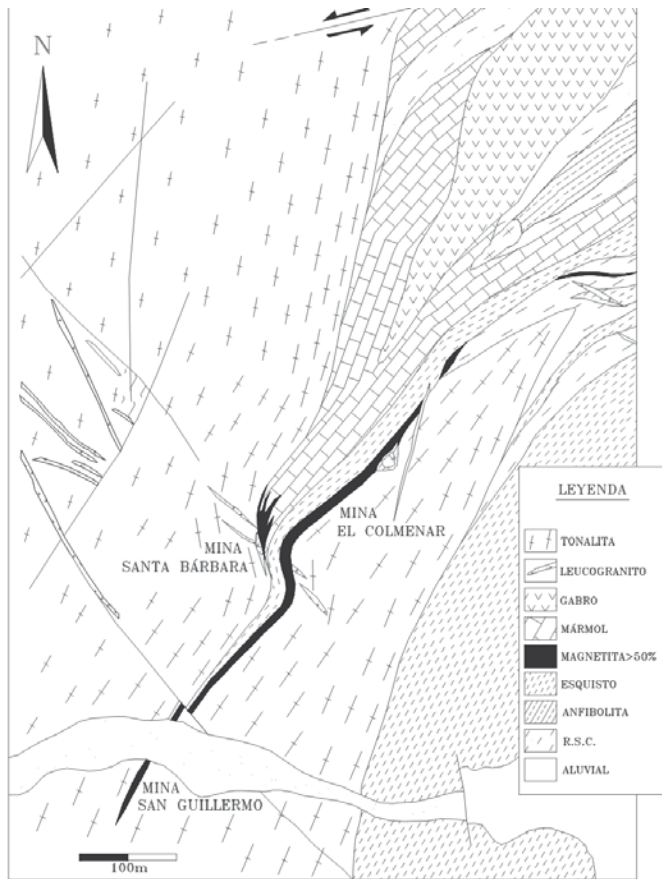


Fig. 2.- Mapa geológico de detalle del coto minero San Guillermo.

Fig. 2.- Detailed geological map of the San Guillermo mine district.

Mina Santa Bárbara

La mina Santa Bárbara se ubica junto a una inflexión del contacto con el plutón de Brovales (Fig. 3). La mineralización de magnetita es masiva y se asocia a dos skarns no deformados.

Skarn cálcico sobre mármoles

En este caso, la mineralización avanza a favor de las capas de mármol, dando lugar a una estructura flameada que coalesce en la zona de la mina (masa Santa Bárbara I) (Fig. 3). La zona de magnetita va precedida de una zona de actinolita, que la separa del mármol inalterado. Los frentes de reemplazamiento son netos y truncan a la estratificación. La actinolita se presenta en masas fibrosas arriñonadas, con una tendencia al crecimiento de las fibras perpendicular a los frentes metasomáticos. Este anfíbol es comparable al Anfíbol III de la mina El Colmenar. Las zonas son prácticamente monominerales, aunque hay algo de actinolita en la de magnetita y magnetita en la de actinolita. En este último caso se reconocen dos tipos de magnetita: una relicta (pre-actinolita), que forma alineaciones paralelas a la S_0 que se continúan en el mármol y otra posterior, rela-

cionada con las formas arriñonadas de la actinolita. La zona de la actinolita reemplaza tanto al mármol como a la zona de magnetita masiva, por lo que parece ser más joven que ésta.

El skarn magnésico

En la mina Santa Bárbara, junto al contacto con la tonalita se encuentra un pequeño skarn magnésico caracterizado por la presencia de abundante flogopita y mag-

netita (masa Santa Bárbara II) (Fig. 3). El único contacto visible de esta masa es discordante con la S_0 . El protolito parece haber sido en buena parte los gneises migmatíticos del complejo de Valuengo, ya que dentro de la mineralización se conservan circones relictos, textural y químicamente semejantes a los de dichos gneises (Sanabria, 2001). La tonalita de Valuengo no está afectada por este reemplazamiento. Junto a la flogopita y la magnetita hay clorita y grandes megacrystalos de pirita (piritoedros de hasta 10 cm). El conjunto a su vez está atravesado por venas tardías de cuarzo + carbonatos con hematites especular en masas de considerable tamaño. El proceso más interesante es la alteración potásica y magnésica en forma de una flogopitización masiva a la que se superpone en el tiempo una alteración retrógrada con diferentes tipos texturales de clorita. La secuencia de reemplazamientos observada en la masa Santa Bárbara II se resume en el Tabla II.

Discusión

Las mineralizaciones son, en los dos casos, de tipo epigenético. La mineralización estratoide, aunque ubicada dentro de la formación detrítica de Las Mayorgas, es oblicua, en detalle, a los límites entre unidades litológicas. Por otro lado, la magnetita reemplaza, a favor de bordes de grano y microfracturas, a un conjunto de minerales pre-existentes, que corresponden a una roca microgranuda de tipo leucogabro (Plag + Cpx ± Hb), roca de la que se encuentran restos dentro de la propia mineralización (junto a otras). Además, la precipitación de magnetita (y sulfuros) es parte de un proceso complejo de reemplazamientos en un contexto deformativo inicialmente dúctil y progre-

T I E M P O	Protolito: En buena parte gneis migmatítico:
	Skarn Mg progrado
	SK-I masivo: Flogopita I + Magnetita I + apatito + circón (relicto)
	SK-II: Flogopita II (Xs grandes en agregados radiales). Reemplaza al SK-I
	Retrogradación
	Clorita I (a partir de la flogopita I y II)
	Clorita II (agregados esferulíticos)
	Carbonatos + cuarzo + magnetita II (reemplazando a flogopita y clorita I)
	Clorita III (rellena fisuras dentro de la masa magnetita II)
	Fracturas tardías: hematites + carbonatos (calcita y dolomita) + cuarzo (+ Anf)

Tabla II.- Procesos ligados a la mineralización en la mina Santa Bárbara.

Table II.- Mineralization related processes at the Santa Bárbara mine.

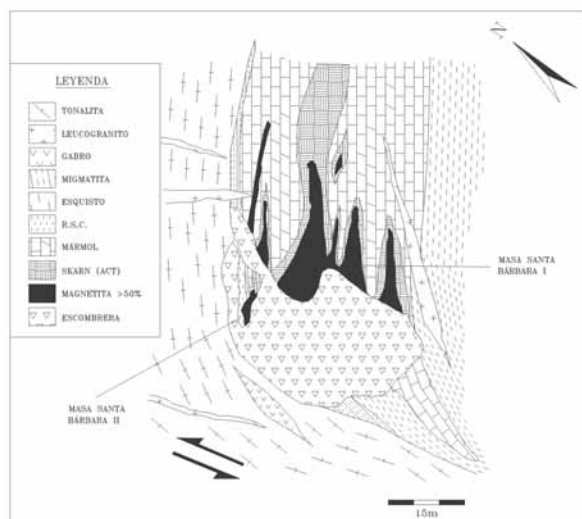


Fig. 3.- Mapa geológico de la mina Santa Bárbara.

Fig. 3.- Geological map of the Santa Bárbara mine.

sivamente más frágil, evidenciado por las sucesivas generaciones de anfíboles de tipo actinolítico que se han reconocido (ver Tabla I). Las evidencias de deformación dúctil se reconocen en las fábricas nematoblásticas del ANF-II y por estructuras de tipo «boudinage» dentro de la mineralización (Fig. 4c; Tornos *et al.*, 2002). Por otro lado, los filoncillos de albitas rotados, desmembrados y mineralizados que se encuentran en la mineralización bandeada y los rellenos de grietas de tensión con ANF-IV, así como el tapizado de cavidades sugieren condiciones progresivamente más frágiles hacia el final del proceso hidrotermal. Por otro lado, la mineralización estratoide se adelgaza progresivamente hacia el sur de la mina El Colmenar y queda truncada a bajo ángulo por el propio plutón de Brovales (Fig. 2), cuyo emplazamiento parece controlado por una zona de cizalla N-S (Tornos *et al.*, 2002). Además, la mineralización estratoide se continúa hacia el este, lejos del plutón (Fig. 1). Ambos hechos sugieren que la mineralización es anterior al emplazamiento definitivo del plutón y que está controlada por estructuras independientes al mismo. En este sentido, una datación Sm-Nd de concentrados de magnetita de las dos minas ha proporcionado una edad de 334 ± 32 Ma (Darbyshire *et al.*, 1998), lo que confirma la edad variscica de la mineralización y apunta hacia una proximidad temporal entre la mineralización y el magmatismo.

En cuanto a la estructura que constituye el metalotecto de la mineralización estratoide, resulta difícil de determinar, debido a su enmascaramiento por los reemplazamientos que tuvieron lugar en ella. Dado que la mineralización es

variscica y anterior al emplazamiento definitivo del plutón de Brovales, pensamos que dicha estructura pudo ser un cabalgamiento también variscico, frecuentes en el flanco meridional del anticlinal Olivenza – Monesterio (Azor *et al.*, 2004). Ello explicaría la ligera discordancia entre mineralización y contactos litológicos y el significado del problemático nivel carbonatado «c», reconocido solo en el complejo metamórfico de Valungo, que podría ser el resultado de la repetición, por imbricación, de la formación Carbonatada.

El skarn de la mina Santa Bárbara se formó, probablemente, antes de la cristalización total del plutón de Brovales ya que, por un lado no hay endoskarn en la tonalita adyacente y por otro, el skarn no está deformado. Los controles fueron litológicos y estratigráficos. No obstante, en la digitación tonalítica a muro de la magnetita estratoide, hay también endoskarn sobre la propia tonalita (Sanabria, 2001).

Estas conclusiones están de acuerdo con el modelo recientemente propuesto por Tornos y Casquet (2005) para las mineralizaciones de Fe y de Ni-(Cu) de la región Olivenza – Monesterio. Los cabalgamientos variscicos y otras estructuras asociadas habrían servido de vía de acceso para fluidos y magmas desde la corteza media, donde se habría emplazado, en el tránsito Devónico – Carbonífero, un complejo ígneo máfico-ultramáfico estratificado de grandes dimensiones (Simancas *et al.*, 2003). Los fluidos procedentes de la cristalización de este complejo fueron los responsables de las mineralizaciones de magnetita (+sulfuros). Los reemplazamientos se ubicaron en los propios cabalgamientos y precedieron a

las intrusiones, lo que explica las relaciones de temporalidad observadas y la frecuente relación espacial entre plutones y mineralizaciones.

Agradecimientos

La información empleada en el presente trabajo de investigación se basa en parte de los datos obtenidos durante los proyectos AMB92-0918-CO2-01 y BTE2003-0290.

Bibliografía

- Casquet, C. y Tornos, F. (1991). En: *Skarns, their genesis and metallogeny*. Ed. Theophrastus, 648 p.
- Darbyshire, D.P.F., Tornos, F., Galindo, C. y Casquet, C. (1998). *Chinese Science Bulletin*, 43 supp. August.
- Dupont, R. (1979). *Cadre Géologique et Métallogénese des Gisements de Fer du Sud de la Province de Badajoz (Sierra Morena Occidentale-Espagne)*. Tesis Doctoral, Inst. National Polytechnique de Lorraine, 395 p.
- Fernández Carrasco, J., Coullaut, J.L. y Aguilar, M.J. (1982). *Mapa Geológico de España 1: 50.000, hoja nº 875 (Jerez de los Caballeros)*. IGME.
- Montero, P., Salman, K., Bea, F., Azor, F., Expósito, I., Lodeiro, F., Martínez Poyatos, D. y Simancas, F. (2000). En: *Variscan Appalachian dynamics: The building of the Upper Paleozoic basement*. Basement Tectonics 15, La Coruña, Spain, Program y Abstracts, 136-138.
- Sanabria, R. (2001). *Caracterización y evolución de las mineralizaciones ferríferas y de los skarns del Coto Minero San Guillermo, Jerez de los Caballeros (Badajoz)*. Tesis de Licenciatura, Univ. Complutense Madrid, 97 p.
- Simancas, F., Carbonell, R., Lodeiro, F., Pérez Estaún, A., Juhlin, C., Ayarza, P., Kashubin, A., Azor, A., Martínez Poyatos, D., Almodovar, J.R., Pascual, E., Sáez, R., y Espósito, I. (2003). *Tectonics*, 22, 1063.
- Simon, A.C., Pettke, T., Candela, P.A., Piccoli, P.M. y Heinrich, A. (2004). *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 68, 4905-4914.
- Tornos, F. y Casquet, C. (2005). *Terra Nova* 17, 236-241.
- Tornos, F., Casquet, C., Relvás, J., Barriga, F. y Sáez, R. (2002). En: *The timing and location of major ore deposits in an evolving orogen* (D. Blundell, F. Neubauer y A. von Quadt, Eds.). Geological Society of London Special Publication, 206, 179-198.