



Minerales Industriales del Suroeste Español: Algunos puntos de interés de las sierras de Aracena y Aroche (Huelva)

MAGDALENA RODAS GONZÁLEZ⁽¹⁾, FRANCISCO JAVIER LUQUE DEL VILLAR⁽¹⁾, JUAN CARLOS FERNÁNDEZ CALIANI⁽²⁾

⁽¹⁾ Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Geología, Univ. Complutense de Madrid.

⁽²⁾ Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales, Univ. de Huelva.

INTRODUCCIÓN

En el suroeste español se localizan numerosos indicios y yacimientos de minerales industriales, tales como grafito, wollastonita, granates, asbestos, vermiculita, etc. (Fernández-Caliani y Requena, 1992; Fernández-Caliani, 2004). A su vez, esta área presenta diversos aspectos de interés para la realización de actividades docentes prácticas, relacionadas con la Mineralogía y la Geología de los yacimientos de minerales industriales, especialmen-

te de origen metamórfico o metasomático. En primer lugar, permite la observación directa de indicios, potencialmente susceptibles de explotación, de minerales cuyo mercado y valor comercial se encuentran actualmente en alza, como son los casos de las mineralizaciones de wollastonita de la sierra de Aroche y de las antiguas explotaciones de grafito de la Sierra de Aracena (minas La Niña y San Carlos). En segundo lugar, existen explotaciones que tradicionalmente beneficiaron menas metálicas, pero que en los últimos años



FIGURA 1: Localización geográfica de los puntos de interés.



FIGURA 2: Vista general de la explotación de Minas de Cala.

diversificaron sus aplicaciones hacia el campo de los minerales industriales. Ejemplo de esto es la magnetita de Minas de Cala (Huelva), cuyas aplicaciones incluyen campos tan diferentes como peletización en procesos de fundición, fabricación de pigmentos, cementos, tratamiento de aguas, etc.



FIGURA 3: Masa de magnetita atravesada por la mineralización de sulfuros principalmente calcopirita y pirita).

En este trabajo se proponen cuatro puntos de interés geológico-minero para la realización de prácticas de campo de cualquier asignatura relacionada con los minerales industriales. Todos los puntos se localizan en el norte de la provincia de Huelva (Fig. 1) y se pueden visitar en dos o tres jornadas de campo.

PUNTO 1.- EL SKARN GRANATÍFERO-PIROXÉNICO CON MAGNETITA DE MINAS DE CALA

Localización

A unos 4 km al suroeste de la localidad de Cala. Esta parada se realiza en la explotación del skarn con magnetita, pudiéndose observar las diferentes litologías y asociaciones mineralógicas presentes.



FIGURA 4: Detalle de la zona de oxidación de la mineralización de cobre.

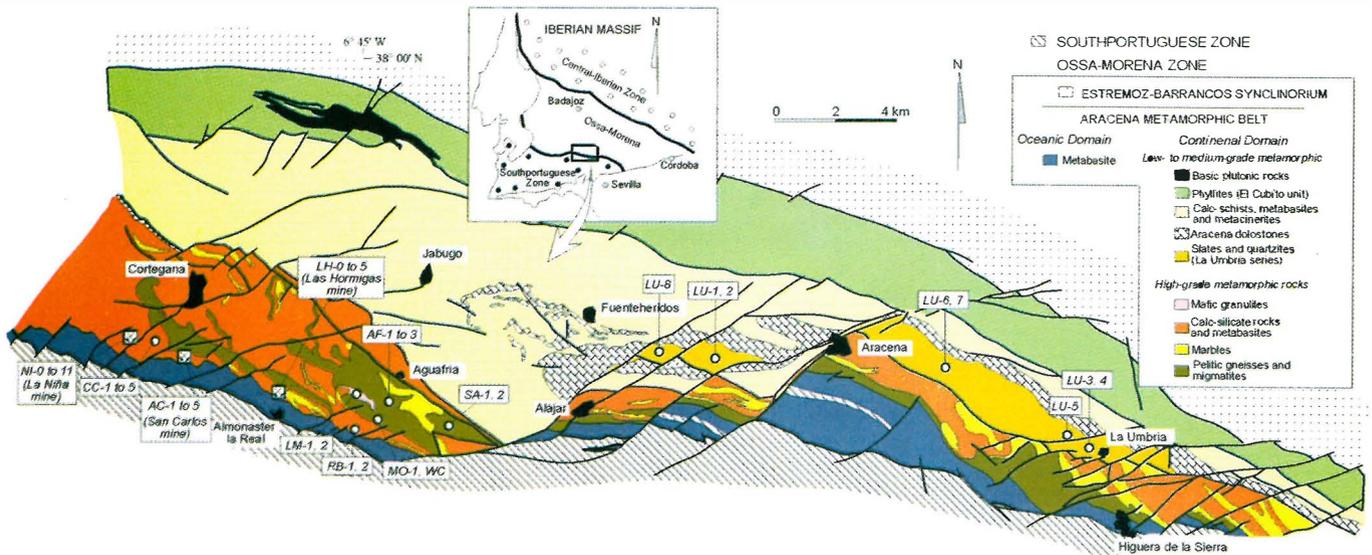


FIGURA 5: Localización de los principales indicios de grafito en la Banda Metamórfica de Aracena (Crespo et al., 2004).

Aspectos geológicos y mineralógicos

En Minas de Cala se encuentra un pequeño afloramiento de granodioritas, que constituye una apósis del plutón principal de Santa Olalla. El granitoide de Santa Olalla es un stock hercínico, tardi-tectónico, con forma elíptica, que aflora en el flanco sur de una macroestructura anticlinal hercínica (Anticlinorio Olivenza-Monesterio), afectando a terrenos epimetamórficos del Precámbrico superior y del Cámbrico inferior. Está cortado al sur por una importante falla de desgarre, que pone en contacto estos materiales con rocas de edad devónica (Casquet y Velasco, 1978).

En el stock de Santa Olalla se pueden diferenciar por su composición dos tipos de rocas ígneas: a) rocas ácidas (tonalitas biotíticas y, en menor proporción, granodioritas como las que forman la apósis que desarrolla el skarn de Cala); b) rocas básicas (dioritas y gabros). Las tonalitas son las rocas más representativas, ya que afloran extensamente en la parte central y en el borde sureste de la intrusión. Este plutón produjo un metamorfismo de contacto que afectó intensamente a las rocas detrítico-carbonatadas del entorno, dando origen a importantes skarns piroxénico-granatíferos con mineralizaciones explotables de magnetita.

La apósis granodiorítica de Cala, a pesar de sus reducidas dimensiones, ha desarrollado una extensa aureola de contacto (400 m) en las calizas encajantes, donde se localiza un importante skarn cálcico con magnetita. Este skarn se originó principalmente por infiltraciones de fluidos magmáticos tardíos ricos en hierro, en las rocas carbonatadas. Desde las granodioritas hasta las calizas afectadas únicamente por metamorfismo de contacto (mármoles no metasomatizados) es posible reconocer la siguiente zonación mineralógica (Velasco, 1976; Velasco y Amigó, 1981):

1. Zona de rocas granodioríticas.
2. Zona de skarn con piroxeno y granate (grosularia-andradita).
3. Zona de skarn con granate.
4. Zona de skarn con piroxeno (diopsido-hedenbergita).
5. Zona de mármoles.

Los minerales que forman parte de las zonas 3 y 4 del skarn han sido reemplazados, en buena parte, por epidota, anfíboles (ferropargasita), cuarzo, calcita rosa, clorita, hematites y magnetita, constituyendo en conjunto un aposkarn (skarn alterado, de baja temperatura con fases hidratadas).

En Minas de Cala (Fig. 2) se explotaron varias masas lenticulares de magnetita, y algunos filones hidrotermales de sulfuros, principalmente calcopirita, que cortan a todo el skarn (Fig. 3). En la parte superficial de estos filones aparece un depósito residual (gossan) con minerales supergénicos tales como goethita, malaquita, etc. (Fig. 4).

La magnetita se ha explotado tradicionalmente como mena de hierro. Sin embargo, últimamente, la magnetita de Cala se comercializaba para la peletización de menas en siderurgia, para tratamiento de aguas residuales, para fabricación de pigmentos, como aditivo en cementos, etc.

Objetivos y actividades

El objetivo de esta parada es reconocer fenómenos metamórficos-metasomáticos que han tenido lugar en la aureola de contacto del plutón granodiorítico de



FIGURA 6: Detalle de la mineralización de grafito (mina La Niña).

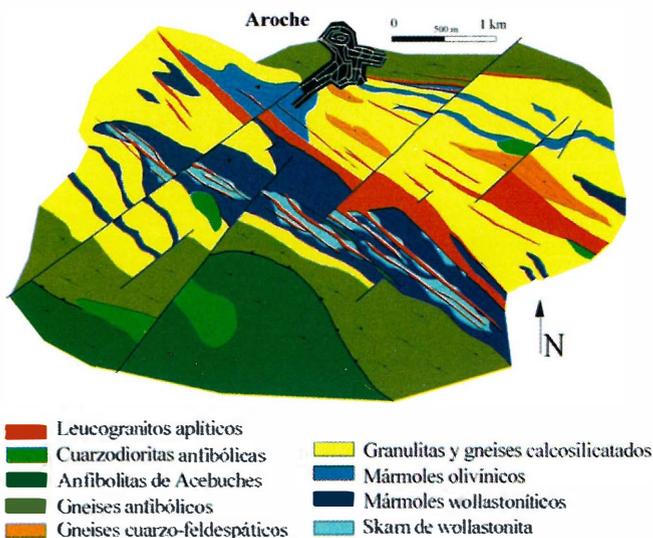


FIGURA 7: Mapa geológico del área de Aroche.

Cala, generadores de depósitos de minerales industriales.

ACTIVIDADES

- a. Realización de un corte desde la roca ígnea hasta los mármoles encajantes para reconocer las diferentes asociaciones minerales del skarn, estableciendo la posible zonalidad mineralógica.
- b. Proponer y discutir algunas hipótesis que expliquen el origen de este yacimiento.
- c. Considerar la posibilidad de aprovechamiento de otros materiales de interés industrial asociados a este skarn.

PUNTOS 2 Y 3.- LAS MINERALIZACIONES DE GRAFITO DE LA SIERRA DE ARACENA (HUELVA): MINA LA NIÑA Y MINA SAN CARLOS

Aspectos geológicos y mineralógicos

Las mineralizaciones de grafito están asociadas a la Banda Metamórfica de Aracena (BMA), en relación con un metamorfismo regional de alta temperatura y baja presión (Castro *et al.*, 1996). La BMA se extiende en dirección NW-SE por el borde meridional de la zona de Ossa-Morena, siguiendo la dirección de las macroestructuras hercínicas del Macizo Ibérico Meridional (longitud 100 km y anchura 15 km).

De norte a sur, en la BMA se han distinguido un Dominio Continental y un Dominio Océánico, de características litológicas, estructurales y metamórficas diferentes. Los yacimientos de grafito están asociados a los materiales que constituyen el Dominio Continental (Fig. 5).

En función de la morfología, relaciones litoestratigráficas y estructurales se han establecido tres tipos de mineralizaciones singenéticas (Rodas *et al.*, 2000; Crespo *et al.*, 2004).

▪ **Tipo 1: Mineralizaciones estratiformes**

Asociadas a lentejones de gneises y cuarcitas, intercaladas en la Serie Calcosilicatada que constituye la parte intermedia del Dominio Continental. Los ni-

veles de grafito, de espesor milimétrico, se disponen paralelos a la foliación principal (Fig. 6), aunque localmente pueden constituir cuerpos semimasivos de varios metros de potencia que fueron objeto de explotación.

▪ **Tipo 2: Grafito diseminado**

El grafito de este tipo está asociado a los gneises cuarzo-feldespáticos de la serie Fuente del Oro, que constituye la parte basal del Dominio Continental.

▪ **Tipo 3: Grafito restítico**

Está asociado a nebulitas de composición tonalítica, formadas por la fusión parcial de materiales pelíticos. El grafito aparece diseminado o en masas irregulares de espesor milimétrico a centimétrico, dentro de las tonalitas o bien diseminado en sus enclaves restíticos.

Los grafitos del tipo 1 corresponderían originalmente a niveles de liditas, arcillas y areniscas muy ricas en materia orgánica, intercaladas en la serie calcosilicatada, que se habrían sedimentado en áreas de plataforma con unas condiciones reductoras, alta productividad orgánica, dando lugar a la creación de fondos anóxicos en una cuenca muy inestable.

El tipo 2 es el resultado del metamorfismo de alta temperatura de sedimentos pelíticos ricos en materia orgánica precursores de la serie Fuente del Oro, de edad Precámbrico superior.

El tipo 3 se originó como resultado de la fusión parcial de sedimentos arcillosos, que representan los productos finales del metamorfismo de alta temperatura que afectó al borde meridional del Dominio Continental.

PUNTO 2 (MINA LA NIÑA)

Localización.

El afloramiento se encuentra próximo a la carretera que une Almonaster La Real y Cortegana, al oeste de la aldea de Las Veredas.

Objetivos y actividades

El objetivo de esta parada es reconocer el grafito en el campo, su forma de aparición, litología de las rocas asociadas, etc. Se propone la realización de un corte esquemático de la zona mineralizada, y una discusión sobre la génesis en función de los datos de campo.

PUNTO 3 (MINA SAN CARLOS)

Localización

Las antiguas labores mineras y los materiales grafitosos se encuentran próximos a la carretera que une Almonaster La Real y Cortegana, al oeste de la aldea de Acebuches.

Objetivos y actividades

El objetivo es reconocer los niveles mineralizados, en relación con las distintas unidades litológicas de la zona, y comparar los datos con el depósito de grafito de mina la Niña.



FIGURA 8: Detalle de la mineralización de wollastonita.



FIGURA 9: Relictos de cuarzo sin reaccionar dentro de la mineralización de wollastonita.

PUNTO 4.- MINERALIZACIONES DE WOLLASTONITA DE LA SIERRA DE AROCHE (HUELVA)

Localización

A unos 2 km al sur de la localidad de Aroche.

Las mineralizaciones de wollastonita de Aroche también se encuentran en el borde meridional de la Banda Metamórfica de Aracena (BMA), en relación con los mármoles y rocas calcosilicatadas del Dominio Continental (Fig. 7).

Las rocas calcosilicatadas de este sector de la BMA forman parte de una unidad cartográfica muy compleja desde el punto de vista tectono-estratigráfico, que engloba granulitas y gneises calcosilicatados, gneises cuarzo-feldespáticos, localmente biotíticos, junto con numerosos niveles de mármoles wollastoníticos, y en menor proporción olivínicos, originados por metamorfismo isoquímico de calizas impuras. La asociación mineralógica más común de las granulitas calcosilicatadas está compuesta por diopsido + plagioclasa + titanita ± cuarzo ± feldespato potásico ± wollastonita, mientras que los gneises calcosilicatados se caracterizan por la asociación diopsido + cuarzo + feldespato potásico +



FIGURA 10: Esquema simplificado de los skarns con wollastonita de Aroche.

titanita ± plagioclasa ± escapolita ± granate (Fernández-Caliani et al., 2001).

Por otra parte, los mármoles de este complejo calcosilicatado se encuentran cortados por un sistema filoniano de leucogranitos aplíticos, localmente granitos porfídicos con abundantes diques de cuarzo, orientados según la directriz estructural regional, que han desarrollado un extenso skarn de wollastonita sobre los mármoles encajantes (Figs. 8 y 9), en condiciones de baja fugacidad de CO₂, debido a la infiltración de un volumen importante de fluidos acuosos, ricos en sílice, de derivación magmática (Fig. 10).

Objetivos y actividades

El objetivo es reconocer las relaciones petrológicas y estructurales de los niveles mineralizados, deducir las reacciones de formación de los niveles con wollastonita, a partir de las observaciones de campo, y describir sus características geológico-mineralógicas. Se propone la realización de un corte geológico esquemático de la zona mineralizada.

REFERENCIAS

- Casquet, C. y Velasco, F. (1978). Contribución a la geología de los «skarns» cálcicos en torno a Santa Olalla de Cala (Huelva-Badajoz). *Estudios Geológicos*, 34, 399-405.
- Castro, A.; Fernández, C.; De la Rosa, J.D.; Moreno Ventas, I.; El-Hmidi, H.; El-Biad, M.; Bergamín, J.F. y Sánchez, M. (1996). Triple-junction migration during Paleozoic plate convergence: the Aracena Metamorphic Belt, Hercynian massif, Spain. *Geol. Rundsch.*, 85, 180-185.
- Crespo, E.; Luque, F.J.; Fernández-Rodríguez, C.; Rodas, M.; Díaz-Azpiroz, M.; Fernández-Caliani, J.C. y Barrenechea, J.F. (2004). Significance of graphite occurrences in the Aracena metamorphic belt, Iberian massif. *Geol. Mag.*, 141 (6), 687-697.
- Fernández-Caliani, J.C. (2004). Geología y Recursos Minerales del Cinturón Metamórfico de Aracena. En: *Metallum: La Minería Suribérica*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, 29-47.
- Fernández-Caliani, J.C.; Miras, A.; Moreno Ventas, I. y Requena, A. (2001). Las rocas calcosilicatadas del extremo occidental de la Banda Metamórfica de Aracena (Huelva). Interés mineralógico y petrogenético. *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 24-A, 125-126.

Fernández-Caliani, J.C. y Requena, A. (1992). *Minerales y Rocas Industriales de la provincia de Huelva*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 185 pp.

Rodas, M.; Luque, F.J.; Barrenechea, J.F.; Fernández-Caliani, J.C.; Miras, A. y Fernández-Rodríguez, C. (2000). Graphite occurrences in the low-pressure/high temperature metamorphic belt of the Sierra de

Aracena (southern Iberian Massif). *Mineral. Mag.*, 64, 801-814.

Velasco, F. (1977) *Mineralogía y metalogenia de los skarns de Santa Olalla (Huelva)*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. 290 p.

Velasco, F. y Amigó, J.M. (1981). Mineralogy and origin of the skarn from Cala (Huelva, Spain). *Economic Geology*, 76, 719-727.



LOEMCO – Laboratorio Oficial para Ensayo de Materiales de Construcción

Ensayo de materiales de construcción de familias de productos

- Para caracterización y control de calidad.
- Certificación obligatoria - marcado CE.
- Certificación voluntaria en marcas de calidad.

- ◆ CEMENTOS ◆ ÁRIDOS ◆ MORTEROS ◆
- ◆ HORMIGONES ◆ FIBROCEMENTOS ◆
- ◆ PRODUCTOS DE ARCILLA COCIDA ◆ YESO ◆
- ◆ PREFABRICADOS DE YESO ◆
- ◆ PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ◆
- ◆ PRODUCTOS DE PIEDRA NATURAL ◆



Funciones principales del LOEMCO

Estudios, Informes Técnicos e Investigaciones

- Sobre características de los materiales y sus materias primas.
- Sobre las tecnologías de los procesos.
- Sobre estudios preformativos para métodos de ensayo y especificaciones.

Labor de docencia y formación

- Para apoyar los programas de la Escuela de Minas.
- Para desarrollo de los programas internos de formación permanente.
- Para programas de formación de personal de laboratorio de empresas.

Alenza 1 ◆ 28003 Madrid ◆ Tel.: 914416833 – 914426843 – 914413431 ◆ Fax: 914429512 ◆ E-mail: gestion@loemco.e.telefonica.net