

Mineralogénesis de los yacimientos del área de Bossost (Vall d'Aran, Lérida)*

por AURELIO ÁLVAREZ-PÉREZ, JUAN A. CAMPÁ-VIÑETA y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS

Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona. Sección de Mineralogía, Instituto "Jaime Almera", C.S. de I.C., Barcelona

RESUMEN

Basándose en todo el conjunto de datos que se poseen en la actualidad, se establecen las sucesivas fases y los diferentes mecanismos que han tenido lugar durante la mineralogénesis de los yacimientos de sulfuros metálicos de Bossost (Vall d'Aran, Lérida).

Résumé

En se basant sur tout l'ensemble des données qu'on a actuellement, on établit les successives phases et les différents mécanismes qui se sont produits pendant la minéralogénèse des gîtes à sulfures métalliques de Bossost (Vall d'Aran, Lérida).

INTRODUCCIÓN

El conjunto de los depósitos mineralizados localizados en los alrededores de Arres-Bossost (Vall d'Aran), en la zona axial pirenaica (minas "Solitaria", "Sauvadera", "Font dels Lladres", "Victoria" y "Margalida"), fue ya citado, en obras puramente descriptivas, en tiempos de su explotación (BAUZÁ 1876, CALDERÓN 1905). Recientemente, la escuela de Leiden, en trabajos de tipo estratigráfico y tectónico, ha determinado su posición colocándolos en los niveles superiores del Cambro-ordovícico (BOSCHMA 1963, KLEINSMIEDE 1960, SITTE 1953, ZWART 1963). Su interpretación genética

ha sido dada de un modo muy generalizado por RAQUIN (1940).

No obstante, no se había realizado ningún estudio microestructural, necesario tanto para establecer con seguridad la posición estratigráfica de dichas mineralizaciones, como para discernir los fenómenos de removilización mecánica y de metamorfismo que sufrieron las masas mineralizadas. En el presente trabajo se lleva a cabo el estudio de la génesis y la evolución de los citados yacimientos.

ESTRATIGRAFÍA

La serie estratigráfica se extiende desde el Cambro-ordovícico hasta el Devónico. Los yacimientos se localizan en los niveles detríticos del Cambro-ordovícico superior (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1975) formados por alternancia de calizas y mármoles con intercalaciones de sílex, cuarcitas y pizarras areniscosas, sucesión de pizarras oscuras y pizarras grises y pizarras areniscosas. Como nivel superior se encuentran las calizas metalíferas propias de la región central pirenaica (KLEINSMIEDE 1960). El Silúrico es de facies muy uniforme y el Devónico es de gran potencia (SITTE 1953, ZANDVLIET 1960).

TECTÓNICA

La actividad orogénica se extiende desde finales del Carbonífero (movimientos hercinianos) hasta el Eoceno superior (movimientos alpinos) (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976). ZWART (1963) distingue cuatro fases hercinianas:

1. La más antigua e importante durante la que se

* Este trabajo ha sido realizado gracias a una Beca en Equipo de la Fundación "Juan March", correspondiente al Departamento de Geología. La investigación cae dentro de la línea general programada por el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona, acogido al Fomento de la Investigación en la Universidad.

formaron las grandes estructuras. Dio lugar a una foliación de dirección E-W.

2. Caracterizada por ejes de foliación en dirección N-S.
3. Pliegues en dirección NW-SE, con planos axiales verticales.
4. Pliegues de dirección E-W.

BOSCHMA (1963) considera una quinta fase, en la que intervienen fuerzas de distensión con la formación de kinks. Aun cuando ZANDVLIET (1960) la sitúa en el Herciniano tardío, debe referirse sin duda al movimiento alpino (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976). Estructuralmente, se trata de un bloque basculado del Cambro-ordovícico, en donde aparecen mineralizaciones ligadas al sistema de fallas que lo atraviesan en dirección E-W (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1975).

METAMORFISMO

Los movimientos tectónicos desencadenaron procesos de metamorfismo de dos tipos: de contacto, descrito por ZWART (1963), y regional (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976). BESSON (1972) admite un metamorfismo de contacto sobrepuesto a un metamorfismo regional de epizona. GABELMAN y KUISIENISKI (1972) indican que se trata de una zona de baja temperatura. La presencia de gahnita ferrífera (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1974) indica el desarrollo de una fase pegmatítica.

Las mineralizaciones se hallan afectadas por un metamorfismo regional progresivo (LAWRENCE, 1973), que VOKES (1968) interpreta como dinamotérmico. Se desarrollan abundantes deformaciones y amplias cataclasis. En el clímax metamórfico se dan recristalizaciones y fusiones parciales a nivel de borde de grano (CAMPÁ-VIÑETA et al., 1976). El metamorfismo retrógado se inicia a partir de una fracturación de la roca que origina la removilización mecánica del mineral.

CARACTERÍSTICAS DE LOS YACIMIENTOS

a. Mina "Solitaria"

La masa mineral está formada por sulfuros, mayoritariamente esfalerita y galena. Las capas son de poca potencia, aumentando localmente por entrecruzamiento de las dos ramas que contienen la mineralización. Dichas ramas aparecen estructuradas sobre un sistema de diaclasas hercinianas, rejuvenecidas durante la orogénesis alpina (ZWART, 1963), siendo sus respectivas orientaciones N20-45W y N60E (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1975). La caja del filón está constituida por micaesquistos replegados, pudiéndose observar en ciertas zonas pegmatitas muy sericitadas. El depósito, en su conjunto, se encuentra instalado en una falla que afecta a los

esquistos del Cambro-ordovícico (ZWART, 1962; ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1974).

b. Mina "Sauvadera"

En la masa mineral predomina la galena y se halla emplazada en una zona de gneis formados en núcleos de anticlinales, en donde la fuerza de plegamiento ha sido intensa. La galena aparece concentrada mecánicamente en los planos de separación de las láminas de clorita, envolviendo localmente los ocelos del gneis. La caja está formada por cuarzo, moscovita, estauroлита y se halla fuertemente replegada; los pliegues son de dirección E-W (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976).

c. Mina "Font dels Lladres"

Presenta un emplazamiento semejante al de Mina "Sauvadera". Abunda la galena removilizada mecánicamente, con estructuras de inyección entre los planos de las micas (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976).

d. Mina "Victoria"

Localizada en el contacto del Cambro-ordovícico con el Silúrico, rellenando las fisuras, de dirección E-W, que cortan las capas replegadas de la cobertura del domo granítico de Bossost. La caja se halla formada por esquistos y pizarras muy fallados y triturados, con aparición de diques tardíos de pegmatita con gahnita (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1974).

e. Mina "Margalida"

El yacimiento se desarrolla en una formación detritica en su parte inferior y calcárea en su parte superior. Las capas de mineral en la zona calcárea son concordantes y no presentan espesores superiores a los 10 cm. La mineralización se halla limitada por dos fallas que han provocado la elevación de todo el bloque y han proporcionado zonas favorables para la concentración mecánica del mineral (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1974).

PARACÉNESIS

La mena comprende la siguiente asociación de sulfuros: esfalerita, galena, pirita, pirrotina, calcopirita y, en menor cantidad, cubanita. La ganga está compuesta por: cuarzo, granate, calcita, tremolita, diópsido, feldespato, plagioclasas y cloritas. En la tabla I se resumen estas asociaciones.

TABLA I

	"Margalida"	"Solitaria"	"Sauvadera"	"Font dels Lladres"	"Victoria"
<i>Mena</i>					
galena	++++	+++	++++	++++	++
esfalerita	++++	++++	++++	++	++++
pirita	+++	+++	—	—	++
pirrotina	+++	+++	+++	—	++
calcopirita	+	++	++	++	+++
cubanita	—	++	—	—	—
<i>Ganga</i>					
cuarzo	++++	++++	++++	++++	++++
granate	++	+++	++	++	—
calcita	++++	—	—	++	—
tremolita	++	—	—	—	—
diópsido	—	++	—	++	+
feldespato	—	++	—	+	—
plagioclasa	—	++	—	—	—
estaurolita	—	++	++	++	—
clorita	+++	+++	+++	+++	+++
moscovita	++	—	++	+++	—

++++, muy abundante;
 +++, abundante;
 ++, poco abundante;

+, trazas;
 —, carencia.

TEXTURAS

a. Mina "Margalida"

Se observan dos tipos fundamentales de texturas (MONTORIOL-POUS et al., 1974): 1) Predominancia de esfalerita de grano fino y cristales de pirita idiomórfica, de estructura micro-granoblástica, correspondiente a una paragénesis de rocas calcáreas; 2) Textura granoblástica con galena, esfalerita y pirita con algunas figuras gráficas de reacción, propia de una facies de esquistos verdes.

b. Mina "Solitaria"

Los minerales se presentan en varios tipos morfológicos (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1975): 1) Esfalerita macrogranuda de tamaño 0.5-1 mm con galena de tamaño parecido; 2) Esfalerita microgranuda de forma irregular y redondeada; 3) Esfalerita, galena y calcopirita con bordes amigdaloides (LAWRENCE, 1973) y estructuras pseudográficas; 4) Texturas poligonizadas en la esfalerita, pirrotina y cuarzo, con puntos triples de recristalización y restos de estructuras en "bubbles-shaped" (LAWRENCE, 1973).

Las piritas de este yacimiento presentan diferentes estructuras según la posición de los cristales en el metatolecto (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1975); se distinguen piritas afectadas por fenómenos de cataclásis y con texturas fluidales y de plegamiento; se presentan cristales residuales y esqueléticos y también pirita recristalizada.

c. Mina "Sauvadera"

Aparecen estructuras cataclásticas (CAMPÁ-VIÑETA et al., 1976) y se observa una recristalización por efecto del metamorfismo (CAMPÁ-VIÑETA et al., 1975), con abundantes maclas de deformación.

d. Mina "Font dels Lladres"

Se pueden observar abundantes intercalaciones de galena en cloritas de tipo "shearing" y texturas granoblásticas de galena poligonizada (ÁLVAREZ-PÉREZ, 1975).

e. Mina "Victoria"

Las texturas más abundantes son las pseudo-gráficas (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976). Es común la estructura en mosaico formada por galena y esfalerita muy poligonizadas.

MINERALOGÉNESIS

De toda la serie de datos expuestos en los apartados anteriores se infiere el siguiente origen y evolución de los depósitos minerales.

a. Fase sedimentario-diagenética

El origen sedimentario ha podido ser establecido claramente en mina "Margalida" (MONTORIOL-POUS et al., 1974), gracias a los siguientes datos de observación:

- El yacimiento presenta una posición estratigráfica bien definida: talud continental.
- Se localiza en una facies sílicea-carbonatada.
- Presenta figuras dinámicas de sedimentación.
- Los fenómenos diagenéticos desarrollan estilolitos acompañados de recristalización que, en este caso, afectan a amplias zonas dada la reactividad de las calizas.

Dada la correlación estratigráfica, tal origen puede ser considerado en los demás yacimientos de la zona en estudio.

b. Fase metamórfica

En mina "Margalida" ha afectado poco a la estructura primaria; en los demás yacimientos de la zona se distinguen dos fases principales.

1. Metamorfismo progresivo.

Ha dado lugar a las siguientes texturas:

- Texturas de deformación producidas a baja temperatura ("cold working") mediante procesos mecánicos que desarrollaron una esquistosidad en la roca.
- Deformación plástica de los sulfuros, paralela a

las texturas miméticas de alta temperatura ("hot working").

— Correscristalización de sulfuros y silicatos (LAWRENCE, 1973).

— Estructuras mirmequíticas de intercrecimiento de varios sulfuros (ÁLVAREZ, 1975).

2. Metamorfismo retrógado

Ha dado lugar a las siguientes texturas:

— Formación de brechas en las fisuras por donde ha tenido lugar la migración de materiales (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976).

— Recristalizaciones de los clastos removilizados, formando granos de menor tamaño que en el metamorfismo progresivo (LAWRENCE, 1973).

— Subgranulación interna de galena con orientación preferente (ÁLVAREZ-PÉREZ et al., 1976).

— Fenómenos de cataclisis con tendencia a la milonización.

c. Fase de alteración supergénica

Se desarrollaron zonas de reacción a lo largo de las fracturas de la roca y de la masa mineralizada; como ejemplo, podemos citar que la pirita ha reaccionado con la matriz carbonatada dando lugar a venillas de siderita (ÁLVAREZ, 1975).

CONCLUSIÓN

Considerando cuanto acabamos de exponer, y teniendo en cuenta la continuidad estratigráfica entre los diferentes criaderos de la zona, podemos admitir la presencia singenética del mineral en los materiales detríticos del Cambro-ordovícico; posteriormente sufrieron un metamorfismo de tipo regional que removilizó ampliamente el mineral y desarrolló texturas metamórficas que enmasacaran la primitiva disposición de las masas minerales en el metalotecto. Así pues, los diversos yacimientos del área de Bossost son de tipo sedimentario-metamórfico.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ-PÉREZ, A. (1975): "Estudio de los yacimientos de galena y esfalerita del área de Bossost (Vall d'Aran, Lérica)". Tesis, *pub. Universidad Barcelona*.

ÁLVAREZ-PÉREZ, A., CAMPÁ-VIÑETA, J. A. y MONTORIOL-POUS, J. (1974): "Sobre la presencia de gahnita ferrífera

en Bossost (Vall d'Aran, Lérica)". *Acta Geológica Hispánica*, 9 (3): 111-113.

ÁLVAREZ-PÉREZ, A., CAMPÁ-VIÑETA, J. A. y MONTORIOL-POUS, J. (1975): "Estudio morfológico, mediante luz reflejada, de piritas procedentes de mina "Solitaria" (Arrés, Vall d'Aran), Lérica)". *Acta Geológica Hispánica*, 10 (3): 104-108.

ÁLVAREZ-PÉREZ, A., CAMPÁ-VIÑETA, J. A. y MONTORIOL-POUS, J. (1976): "Identificación de diversas fases del metamorfismo regional en las mineralizaciones de Bossost (Vall d'Aran, Lérica)". *Acta Geológica Hispánica*, 11 (3): 84-88.

BAUZÁ, F. (1876): "Breve reseña geológica de las provincias de Tarragona y Lérica". *Bol. Com. mapa geol. España*, t. 3.

BESSON, M. (1972): "Le gisement de plomb et de zinc de Pierrefite". *XXIV Int. Geol. Con.*, Montreal, Section 4: 335-337.

BOSCHMA, D. (1963): "Successive hercynian structures in some areas of the Central Pyrenees". *Leidse geol. Med.*, 28: 106-176.

CALDERÓN, S. (1905): "Datos sobre el mispíquel en España". *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.*, 5: 312-317.

CAMPÁ-VIÑETA, J. A., ÁLVAREZ-PÉREZ, A. y MONTORIOL-POUS, J. (1975): "Estudio, mediante luz reflejada, de las maclas de calcopirita metamórficas procedentes de mina «Sauvadera» (Vall d'Aran, Lérica)". *Acta Geológica Hispánica*, 10 (2): 55-58.

GABELMAN, J. W. and KUISIENINSKI, S. V. (1972): "The metalotectonics of Europa". *XXIV Int. Geol. Con.*, Montreal, Section 4, 88-97.

KLEINSMIEDE, W. F. J. (1960): "Geology of the Valle de Aran, Central Pyrenees". *Leidse geol. Med.*, 25, 131-240.

LAWRENCE, L. J. (1973): "Polymetamorphism of the sulfide ores of Broken Hill, N. S. W. Australia". *Min. Dep.*, 8, 211-236.

MONTORIOL-POUS, J., CAMPÁ-VIÑETA, J. A. y ÁLVAREZ-PÉREZ, (1974): "Sobre el origen sedimentario-diagenético de la mineralización del yacimiento "Margalida" (Bossost, Vall d'Aran, Lérica)". *Estudios Geológicos*, 30: 481-484.

RAQUIN, E. (1940): "Geologie des gîtes minéraux". *Masson et Cie.*, Paris.

SITTER, L. U. (1953): "Note préliminaire sur la géologie du Val d'Aran". *Leidse geol. Med.*, 18, 271-280.

VOKES, F. M. (1968): "Regional metamorphism of the paleozoic geosynclinal sulfide ore deposits of Norway". *Trans. Inst. Min. and Met.*, 77(B), pp. 53-59.

ZANDVLIET, J. (1960): "The geology of the upper Salat and Pallaresa valleys, Central Pyrenees, France/Spain". *Leidse geol. Med.*, 25, 1-127.

ZWART, H. J. (1962): "On the determination of polymetamorphic mineral associations and its application to the Bossost area (Central Pyrenees)". *Geol. Rud. Dtsch.*, 53, 38-65.

ZWART, H. J. (1963): "Metamorphic of the Central Pyrenees. Part II, Valle de Aran". *Leidse geol. Med.*, 28, 321-376.

Recibido 25 setiembre 1976.