

## Estudio microscópico de las mineralizaciones de Pb-Zn de Liat, Bagergue y Montoliu (Vall d'Aran, Lérida)

por E. CARDELLACH

\* Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.

### RESUMEN

Se ha llevado a cabo el estudio microscópico de las mineralizaciones de Liat, Bagergue y Montoliu, situadas en el Vall d'Aran, provincia de Lérida. Este trabajo ha permitido obtener la secuencia paragenética de las especies minerales presentes, así como la descripción por primera vez en esta área de minerales tales como loellingita, freibergita, breithauptita, safflorita y gersdofita. Asimismo se dan los resultados de los análisis cuantitativos de algunas de las especies presentes.

### ABSTRACT

The microscopic study of the Liat, Bagergue and Montoliu (Vall d'Aran, Lérida) sulphide ores has been carried out. It has been possible to determine the paragenetic sequence of the mineralisations as well as the description for the first time in this area of minerals such as löellingite, freibergite, breithauptite, gersdoffite and safflorite. Results of quantitative analysis by electron microprobe of some of the mineral species are also given.

### INTRODUCCIÓN

El estudio mediante microscopía de luz reflejada de secciones pulidas procedentes de los yacimientos de Liat, Bagergue y Montoliu, ha permitido obtener una serie de datos importantes sobre las paragénesis de las mineralizaciones.

Los yacimientos de Pb-Zn citados, contienen principalmente esfalerita, pirrotina y galena como minerales esenciales, junto con calcopirita, pirita, arsenopirita, loellingita, breithauptita, freibergita, safflorita, gersdofita, magnetita y siderita como accesorios, de los cuales, loellingita, breithauptita, freibergita, safflorita y gersdofita son citados por primera vez en esta zona. La ganga está formada por cuarzo, calcita, minerales metamór-

ficos (micas, anfíboles, granate y clorita), ilmenita y rutilo.

Dado que las paragénesis en cada mineralización son prácticamente idénticas, se considerarán las distintas especies minerales sin referencia concreta de su procedencia, describiéndose las mismas en orden de mayor a menor abundancia relativa. Asimismo se dan los resultados de los análisis cuantitativos realizados por microsonda electrónica de algunas de las especies minerales presentes.

### CARACTERÍSTICAS REGIONALES

El área estudiada está situada en la vertiente N del Vall d'Aran (Lérida), a unos 10 km al N de la población de Salardú. Los yacimientos se hallan emplazados dentro de los materiales del Ordovícico, los cuales están formados de la base al techo, por:

— pizarras oscuras muy finas, con cierta cantidad de cuarzo que aumenta hacia el techo. Localmente aparecen niveles de areniscas.

— calizas marmorizadas (calcaire metallifère) con intercalaciones detríticas arenosas y arcillosas, sobre todo hacia el techo.

— esquistos cuarcíticos con abundante materia orgánica grafitizada y vetas de cuarzo de exudación.

— pizarras cuarzosas que representan el tránsito al Silúrico.

De acuerdo con ZANDVLIET (1960), los mármoles serían de edad caradociense. Las mineralizaciones se hallan emplazadas en la parte superior de la serie calcárea y dentro de los esquistos cuarcíticos, son del tipo estratiforme, presentando bandeados paralelos a la estratificación y que en algún punto llegan a los 40 cm de potencia. Su aspecto es masivo, con zonas de contacto con el encajante sin alteración y se hallan ple-

gadas y deformadas conjuntamente con la roca de caja. Representa una continuación de los yacimientos del área de Bossost (ÁLVAREZ, 1975).

La zona se halla afectada por un metamorfismo de grado bajo en facies de los esquistos verdes, puesto de manifiesto por la presencia de clorita y moscovita, acompañados de actinolita-tremolita y granate, el cual contiene frecuentes inclusiones de sulfuros.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES

**ESFALERITA:** es el sulfuro más abundante de toda la zona. Presenta un color pardo oscuro debido al alto contenido en Fe, el cual llega a ser del 17% en moles de FeS. Se trata pues de la variedad marmatita. El ataque químico mediante HBr pone de manifiesto estructuras de recristalización en puntos triples, así como maclas polisintéticas de deformación. Reemplaza a la calcopirita y a la pirrotina, siendo a su vez reemplazada por la galena, dando lugar a bordes de reacción.

En algunas muestras se han observado formas de exsolución de calcopirita en la esfalerita, frecuente en sulfuros que han sufrido algún tipo de metamorfismo. Paragenéticamente es un sulfuro tardío.

**PIRROTINA:** aparece bien en forma de bandeados monominerálicos muy finos en la roca de caja, bien asociada a los demás sulfuros. Se halla en dos formas cristalográficas distintas: la hexagonal y la monoclinica, puesto de manifiesto por difracción de rayos X (ARNOLD, 1962), siendo la variedad hexagonal la más abundante. Presenta estructuras en puntos triples, al igual que la esfalerita. Además son frecuentes las texturas de deformación, tales como kinks, maclas, extinciones ondulantes, etc. El tamaño de grano es variable, dependiendo del grado de recristalización adquirido. Reemplaza a la arsenopirita y ocasionalmente a los minerales de la ganga. Es reemplazada a su vez por la calcopirita y por la esfalerita. La formación de la pirrotina es, pues, anterior a estos últimos y posterior a la arsenopirita. Se altera a pirita-marcasita, dando estructuras en "bird-eyes" (RAMDOHR, 1966).

**GALENA:** se halla siempre íntimamente relacionada con la esfalerita. Es siempre xenomorfa. Presenta frecuentes inclusiones de pirrotina y calcopirita con las que desarrolla bordes de reacción y estructuras en mosaico. Reemplaza a la esfalerita aunque localmente lo es a su vez por ésta. Su formación cabe pues situarla como contemporánea a la de la esfalerita o ligeramente posterior a aquélla.

**PIRITA:** es un sulfuro relativamente escaso en los yacimientos estudiados. Aparece siempre en forma de cristales euhédricos de tamaño variable, siendo reemplazada por la ganga (carbonatos y cuarzo fundamentalmente) y dando lugar a estructuras cataclásticas. Paragenéticamente se puede situar su formación como

anterior a la de la pirrotina y posterior a la de la arsenopirita, aunque esta última relación no se haya podido observar claramente.

**CALCOPIRITA:** aparece siempre relacionada con los demás sulfuros principalmente con la esfalerita y la pirrotina, dando lugar siempre a bordes de reacción con ellos. Debido a su comportamiento plástico frente a la deformación, los cristales aparecen frecuentemente macclados, con kinks y ocupando zonas de sombras de presión de otros minerales. Es reemplazada por la esfalerita y reemplaza a la pirrotina. Su formación se sitúa pues, con posterioridad a la pirrotina, pero anterior a la esfalerita. Ocasionalmente se observan exsoluciones de mackinawita.

**ARSENOPIRITA:** se presenta siempre en forma de cristales euhédricos, de tamaño variable. Desarrolla con frecuencia estructuras cataclásticas como resultado de su comportamiento de mineral frágil y rígido frente a la deformación. Es claramente reemplazada por la calcopirita y la esfalerita y se halla preferentemente asociada a la pirrotina, en forma de cristales diseminados en el seno de la misma. Se trata de un mineral de deposición temprana, probablemente formado con anterioridad a la pirrotina. El contenido en Co es relativamente alto, llegando hasta un 3,5% en peso en algunas muestras de Liat. Presenta frecuentes inclusiones de loellingita.

**MAGNETITA:** sólo se halla en los niveles inferiores de las mineralizaciones, interestratificada con las calizas marmorizadas. Se presenta en forma de cristales euhédricos y representa uno de los episodios de deposición precoces dentro de la paragénesis general. Su estructura es cataclástica y evidencia una fuerte removilización. Es reemplazada por la siderita y por los sulfuros.

**SAFLORITA-GERSDOFITA:** se describen conjuntamente dado que aparecen íntimamente relacionados, siendo la saflorita reemplazada por la gersdofita. Ello significa un enriquecimiento en Co y S, con respecto al mineral reemplazado. Son claramente anteriores a la esfalerita y probablemente contemporáneos o ligeramente anteriores a la arsenopirita. El hecho de que un mineral rico en arsénico (saflorita) sea reemplazado por otro más rico en azufre (gersdofita) indicaría un aumento

TABLA I

gersdofita (muestra B-307b)		saflorita (muestra B-307b)	
Fe	8,32	Fe	14,31
S	16,72	S	0,57
Co	13,98	Co	5,60
Ni	13,86	Ni	9,47
As	47,12	As	70,72
Total	100,00	Total	100,67

local en la fugacidad de  $S_2$  y quizá sería el preludio de la deposición de los demás sulfuros. La tabla I muestra los análisis cuantitativos de estos minerales, expresados en porcentajes en peso.

**LOELLINGITA:** es muy poco abundante y siempre se halla en forma de pequeñas inclusiones dentro de la arsenopirita. Su formación es anterior a todos los sulfuros y también a la de la arsenopirita.

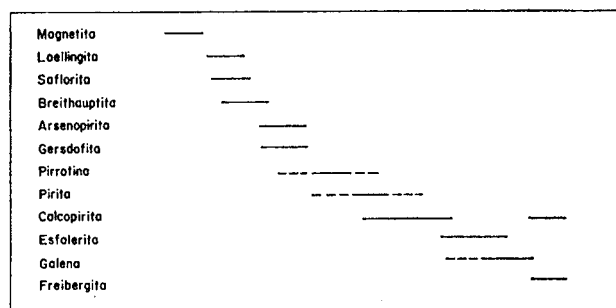
**FREIBERGITA:** es una variedad de la tetrahedrita, rica en Ag, formando una solución sólida completa con la tenantita. Aparece relacionada con la galena, en forma de pequeñas inclusiones en la misma. Se trata de un mineral tardío.

**BREITHAUPITITA:** se halla íntimamente relacionada con la pirrotina. Se presenta en forma de cristales alotriomorfos, con bordes de reacción frente a los demás minerales. Sólo se ha observado en muestras procedentes de Montoliu.

**ILMENITA y RUTILO:** forman parte de la ganga. Se hallan diseminados en los esquistos cuarcíticos encajantes. La ilmenita se presenta en forma de cristales aciculares, mientras que el rutilo aparece en cristales de formas irregulares y muy alterados. Es probable que la ilmenita proceda de la descomposición del rutilo detrítico que contiene la roca encajante.

#### CONCLUSIONES

Las paragénesis de los yacimientos estudiados son esencialmente las mismas, variando en todo caso las proporciones relativas de abundancia de las distintas especies minerales. La secuencia general de deposición, así como el momento de su aparición en orden de más temprano a más tardío, sería la siguiente:



Recibido para su publicación: marzo 1978.

En conjunto, aparecen tres grupos de minerales bien diferenciados: óxidos (magnetita), arseniuros-sulfoarseniuros (loellingita, safflorita, arsenopirita, gersdorfita) y sulfuros. Este hecho parece indicar una serie de cambios claros en las condiciones físico-químicas del medio de deposición. El final de la deposición del par magnetita-siderita coincide con el comienzo de la aparición de las demás especies minerales, dado que ello representa un cambio radical en las condiciones de formación. Así, los arseniuros y sulfoarseniuros aparecen en un momento en que la fugacidad de arsénico es elevada, en relación con la de azufre. Un aumento relativo de la  $f_{S_2}$  hace que los arseniuros, inestables, sean reemplazados por los sulfoarseniuros (caso loellingita-arsenopirita y safflorita-gersdorfita). En este momento, se forma también la pirrotina. Un posterior aumento en la cantidad de azufre aportada al medio de deposición, da lugar a la aparición de los demás sulfuros, según el orden establecido anteriormente. Esta secuencia deposicional coincide a grandes rasgos con la deducida por BESSON y otros (1971) en el yacimiento de Pierrefitte (Pirineos franceses), situado también dentro de materiales del Ordovícico superior.

#### BIBLIOGRAFIA

- ÁLVAREZ, A. (1975): "Estudio de los yacimientos de galena y esfalerita del área de Bossost (Vall d'Aran, Lérica)". Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- ARNOLD, R. G. (1962): "Equilibrium relations between pyrrhotite and pyrite from 325 to 743°C". *Econ. Geol.*, 57: 72-90.
- BESSON, M.; PERMINGEAT, F.; PICOT, P. (1971): "Etude micrographique des mineralisations de Pierrefitte (Hautes Pyrénées)". *Bull. Soc. fr. Mineral. et Cristallogr.*, 94: 55-63.
- CARDELLACH, E. (1977): "Estudio de los sulfuros metálicos procedentes del valle del río Unyola (Vall d'Aran, Lérica)". Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- RAMDOHR, P. (1966): *The ore minerals and their intergrowth*. Pergamon, Londres.
- ZANDVLIET, J. (1960): "The geology of the upper Salat and Pallaresa valleys, Central Pyrenees, France/Spain". *Leidse Geologische Mededelingen*, 25: 1-127.