

Sobre la presencia de una fusión local de sulfuros en mina "Solitaria" (Vall d'Arán, Lérida)¹

por JUAN A. CAMPÁ-VIÑETA,² AURELIO ÁLVAREZ-PÉREZ y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS^{2, 3}

RESUMEN

El estudio de la textura de los minerales, así como de las relaciones mineral-roca, ponen de manifiesto la existencia de una fusión en los sulfuros de mina "Solitaria". El proceso tuvo lugar gracias al aporte de calor durante una fase de intensa milonitización.

SUMMARY

The study of mineral textures, as soon as the relationships between ore and wall-rock show the evidence of a sulphide melting in Mina "Solitaria". Such phenomenon occurs due to the high temperatures developed during an intense phase of milonitization.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Studium des Mineralgefüges und der gegenseitige Verbindungen zwischen Mineral-Nebengesteinen zeigt ein Schmelzen von den Sulfide in Mina "Solitaria". Dieser Prozess ist sich, während einer Milonitischenphase entwickelt.

INTRODUCCIÓN

El que se produzca una fusión local de sulfuros dentro de un rango de temperaturas normales en geología, es una posibilidad demostrada por BRETT y KULLERUD (1967) y CRAIG y KULLERUD (1968) desde un plano experimental y evidenciada por MOOKHERJEE y DUTTA (1970) en depósitos naturales. En ciertos sistemas se engendran líquidos a bajas temperaturas: citemos el caso del sistema Fe-Pb-S que funde a 716 °C (BRETT y KULLERUD 1967) y el sistema Cu-Pb-S que funde a 508 °C (CRAIG y KULLERUD 1968).

1. 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 de investigación programada por el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona, acogido al Fomento de la Investigación en la Universidad.

2. Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Barcelona.

3. Sección de Mineralogía del Instituto "Jaime Almera. C.S. de I.C., Barcelona.

La posibilidad de formar fases líquidas en la naturaleza depende de la existencia de mecanismos que produzcan una elevación de la temperatura. En principio, el mecanismo más común es el metamorfismo, pero otros son potencialmente aptos para llevar a fusión una mezcla de sulfuros.

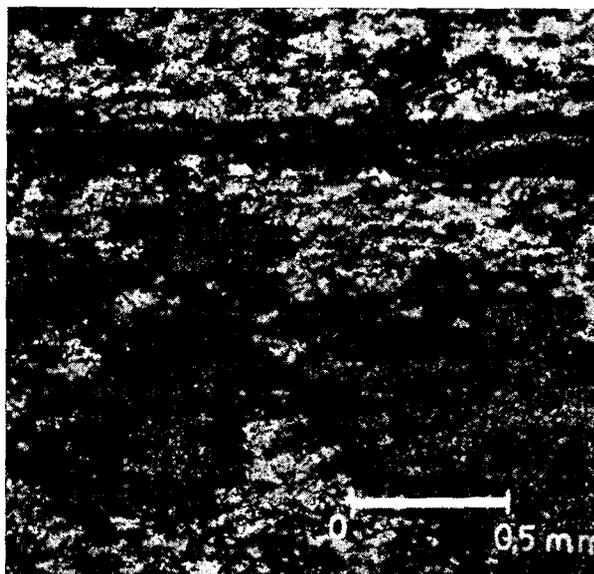


Fig. 1. — Esquisto. Blanco, cuarzo; gris oscuro, biotita; negro, sulfuro (pirita). Se observa la lineación de los granos del sulfuro que coincide con las líneas de esquistosidad sinécticas. NP, luz reflejada.

EL YACIMIENTO

El depósito, cuyas características generales describimos en una anterior comunicación (ÁLVAREZ-PÉREZ, CAMPÁ-VIÑETA y MONTORIOL-POUS 1975), se encuentra instalado en una falla que afecta a los esquistos del Cambro-ordovícico (ÁLVAREZ-PÉREZ,

1974; ZWART, 1958, 1959). La mineralización presenta una estructura de tipo milonítico con granos muy heterométricos. Pocas de las fases sulfuradas presentan formas idiomorfas, tendiendo a contornos más o menos redondeados. Las fases silicatadas presentan asimismo marcada heterometría.

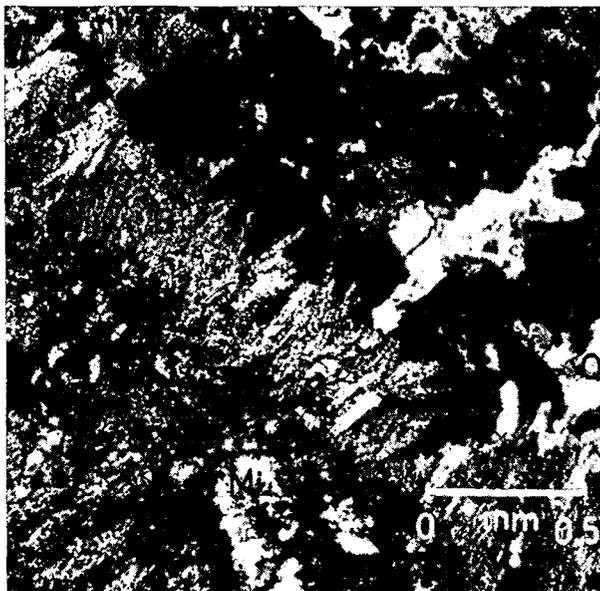


FIG. 2. — Masa milonítica (Mi) formada por cuarzo y gran abundancia de micas; entre ella y el mineral (negro) se desarrolla una banda de reactividad (B) formada por cuarzo y micas cloritizadas. Se aprecian granos de cuarzo (Q) de recrystalización. NC 30°, luz reflejada.

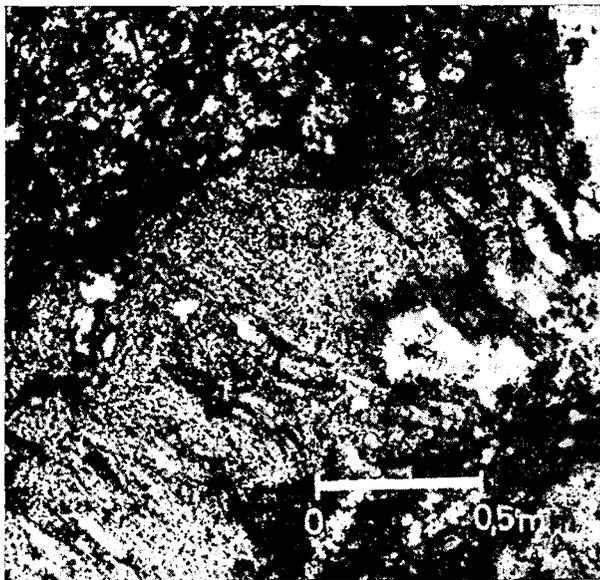


FIG. 3. — Se observa una veta de mineral (negro) entre una masa milonítica (Mi) y una masa microgranuda de cuarzo y biotita cloritizada (B+Q) que es del mismo tipo que la banda de reactividad de la fig. 2. Pueden verse láminas de mica residuales muy degradadas. NC 45°, luz reflejada.

El estudio por difracción de rayos X permite identificar las siguientes especies minerales: esfalerita, galena, pirrotina, piritita y cubanita. La mena consiste en cuarzo, cloritas, plagioclasas, ortosa y algo de diópsido. La potencia del filón es de unos pocos centímetros.

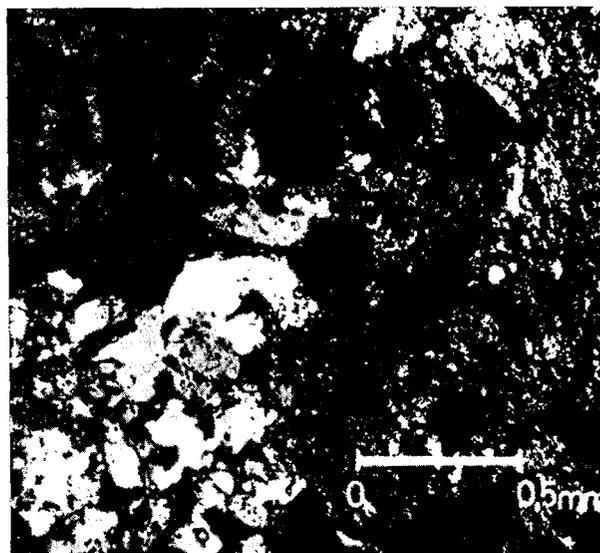


FIG. 4. — El mineral aparece en núcleos dispersos (negro), asociado a una matriz abundante en cloritas. Los restos de cuarzo y feldespato, muy degradados, presentan bordes amigdaloides. NC 30°, luz reflejada.



FIG. 5. — Restos del metamorfismo térmico con plagioclasa (Pl) poco deformadas. Se observan cuarzos de neoformación (Q) asociados con una fase de milonita con granos muy deformados. NC, luz reflejada.

EL METAMORFISMO

ZWART (1963) distingue en la zona, mediante el análisis microestructural, cuatro fases tectónicas que desencadenaron procesos metafórficos, cuya intensidad guarda relación con la de las citadas fases tectónicas. Es evidente que estos procesos afectan a los

minerales singenéticos. Como mínimo la mineralización de "Solitaria" ha pasado por dos períodos de metamorfismo: uno de formación de esquistos y otro térmico, con dos fases claramente definidas, una progresiva y otra retrógrada (VOKES 1968, LAWRENCE 1973). Una fase de metamorfismo regional, en la que la presión dominaba sobre la temperatura, formó los

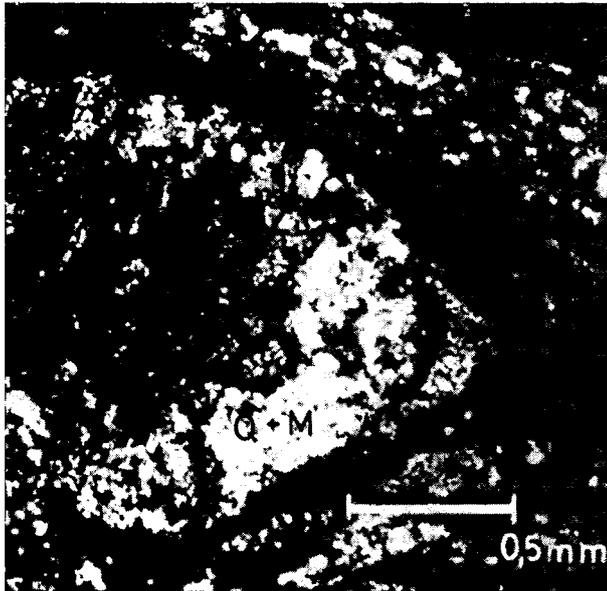


FIG. 6. — La estructura fluidal del sulfuro (negro) asociado con cloritas engloba un cristal de granate (G), que presenta un borde de reacción de cuarzo y micas (Q + M) (probablemente ya cloritas). NC 30°, luz transmitida.

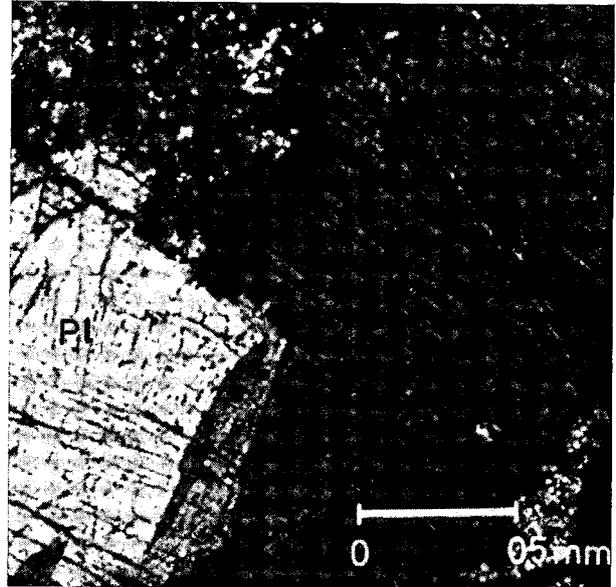


FIG. 8. — Brecha de falla con plagioclasas muy desarrolladas (P1) que engloban restos de esquistos, NC, luz transmitida.

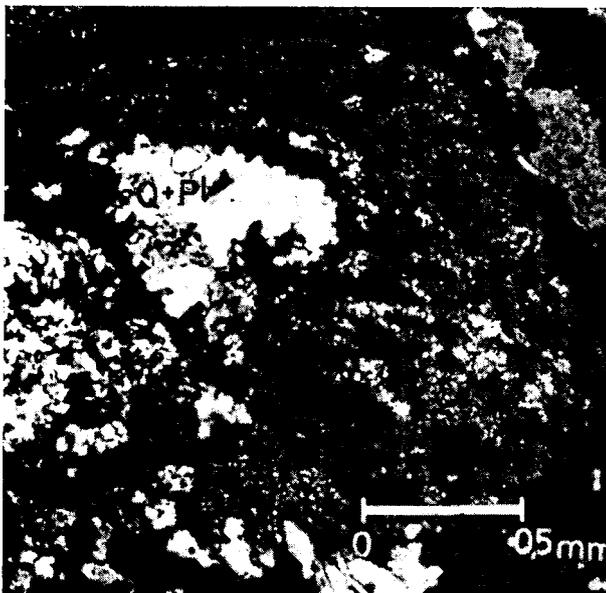


FIG. 7. — La estructura fluidal del sulfuro (negro) asociado con cloritas, engloba núcleos de cuarzo y plagioclasa (Q + Pl), NC 30°, luz transmitida.

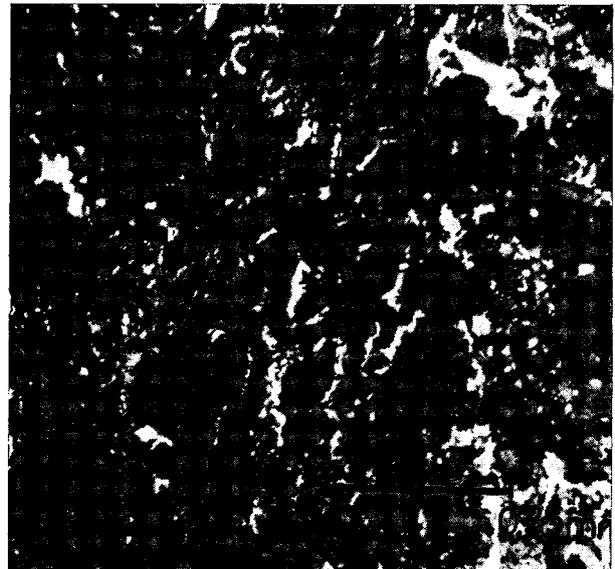


FIG. 9. — Zona de alta trituration con los sulfuros relleno de las grietas de la milonita y, en algunos casos, formando inclusiones dentro de los silicatos (NP, luz reflejada).

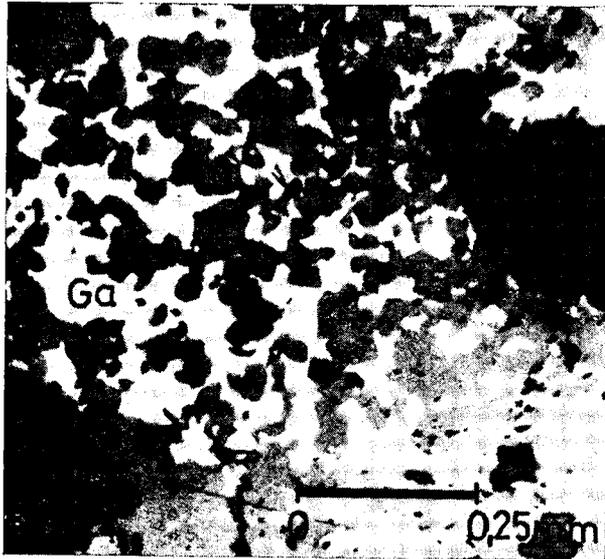
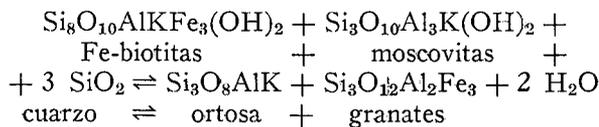


FIG. 10. — Típica morfología de la mezcla de galena (Ga) y esfalerita (E) con granos de silicatos (gris oscuro). La morfología de los bordes pone de manifiesto el paso de los sulfuros por fase líquida. NP, luz reflejada.

esquistos de caja (VOKES 1968). Las estructuras producidas en la ganga de la mineralización son de difícil observación debido a la acción del metamorfismo térmico posterior.

La observación de las muestras por lámina delgada denota la existencia del metamorfismo térmico progresivo, durante el cual se produjeron las transformaciones siguientes (DEER, HOWIE y ZUSSMAN 1962):



El retrometamorfismo, posterior a la fase esquistosa, presenta una paragénesis de moscovita, plagioclasa, cuarzo, clorita, granates y algo de diópsido, que se presenta retriturada con bordes de reacción, lo cual indica una serie de procesos posteriores. El citado retrometamorfismo dio lugar a la reacción, granate \rightleftharpoons cuarzo + biotita (o cloritas)

EVOLUCIÓN DEL DEPÓSITO MINERAL

El estudio de la mineralización se ha realizado mediante la observación de láminas delgadas y de probetas pulidas, que se obtuvieron mediante la técnica que expusimos en un anterior trabajo (ÁLVAREZ-PÉREZ, CAMPÁ-VIÑETA y MONTORIOL-POUS 1975). Del mismo puede deducirse que:

a) La caja del filón está constituida por un esquistotítico con inicios de cloritización que contiene piritas singenéticas (CAMPÁ-VIÑETA, ÁLVAREZ-PÉREZ, y MONTORIOL-POUS 1975) deformadas durante la primera fase del metamorfismo.

b) Posteriormente se desarrolló una segunda fase de metamorfismo térmico, indicado por la paragénesis moscovita-biotita-cuarzo-granate-ortosa-plagioclasas en grandes láminas, que engloban restos de esquistos de caja. Este metamorfismo tuvo lugar al formarse la falla que contiene el filón.

c) La presencia de unas zonas fuertemente recristalizadas, posibilitaron, al entrar la falla nuevamente en movimiento, la aparición de una fase milonítica con removilización del mineral, típica del metamorfismo retrógrado. Los minerales de la fase anterior fueron retriturados y aparecieron cuarzos con extinción ondulante y kinks en las plagioclasas. El mineral se inyectó durante esta fase. Los hechos que nos demuestran tal proceso son los siguientes:

— Los granates, procedentes de la fase de metamorfismo térmico, están rotos y girados entre sulfuros que presentan una estructura fluidal.

— Los minerales producto del metamorfismo térmico están rotos y entre las grietas penetran los sulfuros, presentando bordes de reacción, con lo que se demuestra que son posteriores a estos minerales.

— Las maclas de esfalerita presentan estructuras de deformación propias del metamorfismo retrógrado (LAWRENCE 1973).



FIG. 11. — Configuración poligonizada entre galena (Ga) y esfalerita (E) con puntos triples de 120°. NC, luz reflejada.

— La disposición de los sulfuros asociados a una fase de biotita-clorita de grano fino dan gran plasticidad al conjunto del aporte, facilitando el que rellene las grietas engendradas durante la milonitización.

d) La milonitización puede en principio generar suficiente calor para fundir localmente y removilizar los sulfuros contenidos en la roca. Como ya indicamos en una anterior publicación (ÁLVAREZ-PÉREZ, CAMPÁ-VIÑETA y MONTORIOL-POUS 1975), una mezcla de sulfuros de Zn, Pb, Fe y Cu puede fundir alrededor de 700 °C. Es evidente que la causa de la removilización fue el proceso de milonitización que elevó la temperatura y fundió el mineral sulfurado. Apoyamos esta afirmación en los siguientes hechos:

— Los granates en contacto con el sulfuro crean una banda de reactividad, microgranuda, formada de cuarzo y clorita.

— Los minerales propios del metamorfismo térmico de la fase pegmatítica presentan una banda de reactividad.

— El sulfuro siempre se asocia a una fase microgranuda de cloritas y cuarzo.

— La textura del sulfuro es propia de una mezcla fundida que adopta configuraciones cóncavo-conexas por dependencia de la tensión superficial.

— Tal como indica LAWRENCE (1973), durante el metamorfismo retrógrado puede haber una recristalización de los sulfuros. La galena y la esfalerita del yacimiento presentan la típica configuración poligonizada con puntos triples de 120°.

CONCLUSIONES

La génesis y evolución del yacimiento "Solitaria" comprende tres estadios perfectamente diferenciados:

1. Una primera fase en que tiene lugar un metamorfismo térmico progresivo con la aparición de los esquistos.

2. Una segunda fase de metamorfismo en la que aparecen los minerales tipo feldespatos y granates; este metamorfismo debe corresponder a un estadio térmico medio.

3. Las rocas, altamente recristalizadas, se rompieron bajo el efecto de los empujes tectónicos dando

lugar a una falla que, en su proceso de milonitización, engendró el calor necesario para fundir y removilizar los sulfuros; se trata de un metamorfismo retrógrado.

La textura de los sulfuros no presenta recristalizaciones poligonales, con lo que queda descartada la idea de posteriores acciones metamórficas.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-PÉREZ, A. (1974): "Estudio de los yacimientos de galena y esfalerita del área de Bossost (Vall d'Aran, Lérida)". Tesis, *Secretaría de Publicaciones*, Universidad de Barcelona.
- ÁLVAREZ-PÉREZ, A., CAMPÁ-VIÑETA, J. A. y MONTORIOL-POUS, J. (1975): "Estudio morfológico, mediante luz reflejada, de piritas procedentes de Mina "Solitaria" (Vall d'Aran, Lérida)". *Acta Geológica Hispánica*, 10, 3, 104-108.
- BRETT, P. R. and KULLERUD, G. (1967): "The Fe-Pb-S system". *Econ. Geol.*, 62, 354.
- CRAIG, J. R. and KULLERUD, G. (1968): "Phase relation and universal assemblages in the copper-lead-sulphur system". *Am. Min.*, 53, 145.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. and ZUSSMAN, J. (1962): "Rock-forming minerals", vol. 3. *Longmans, Green and Co. Ltd.*, London.
- LAWRENCE, L. J. (1972): "The thermal metamorphism of a physotic sulfide ore". *Econ. Geol.*, 67, 486.
- LAWRENCE, L. J. (1973): "Polymetamorphism of the sulfide ores of Broken Hill NSW, Australia", *Min. Deposita*, 8, 211.
- MOOKHERJEE, A. and DUTTA, N. K. (1970): "Evidence of incipient melting of sulphides Along a Dike contact, Greco Minem Manitouwadge, Ontario". *Econ. Geol.*, 63, 707.
- VOKES, F. M. (1971): "Some aspects of the regional metamorphic mobilization of preexisting deposit". *Min. Deposita*, 122.
- VOKES, F. M. (1968): "Regional metamorphism of the Paleozoic geosynclinal sulphide ore deposits of Norway". *Trans. Inst. Mining and Met.*, 77 B, 53.
- ZWART, H. J. (1958): "Regional metamorphism and related granitization in the Valle de Aran". *Geol. Mijnb.*, S 200, 18.
- ZWART, H. J. (1959): "Metamorphic history of the Central Pyrenées, P 1, Avize St. Barthelemy and Trois Seigneurs". *Leidse Geol. Med.*, 22, 419.
- ZWART, H. J. (1960): "Relations between folding and metamorphism in the Central Pyrenées and their chronological succession". *Geol. Mijnb.*, 39, 163.
- ZWART, H. J. (1962): "On the determination of polymetamorphic mineral assemblages and its application in the Bossost area (Central Pyrenees)". *Geol. Rundschau*, 52, 39.
- ZWART, H. J. (1963): "Metamorphic history of Central Pyrenees. Part. II, Valle de Aran, Scheet, 4". *Leidse Geol. Med.*, 28, 321.