

Mineralización estratiforme de Pb-Zn-Cu en el Paleozoico de Bassegoda (Pirineo Oriental)

Carlos AYORA,⁽¹⁾ Josep Maria CASAS,⁽²⁾

(1) Dpt. de Cristal·lografia i Mineralogia. Universitat de Barcelona, Gran Via 585, 08007-Barcelona

(2) Dpt. de Geomorfologia i Tectònica. Universitat de Barcelona, Gran Via 585, 08007-Barcelona

RESUMEN

Al Sur del pico de Bassegoda existe una mineralización estratiforme de galena, esfalerita y pirita con calcopirita y arsenopirita, en forma de diseminaciones y lentejones masivos, situadas dentro de un tramo de 10 metros de micaesquistos y dolomías negras. Estos niveles mineralizados se hallan en el contacto entre micaesquistos y dolomías masivas que contienen piroclastos ácidos. Tanto el tipo de depósito como la litología encajante, permiten correlacionar esta mineralización con un conjunto de concentraciones metálicas estratiformes y estratoligadas del Cambro-Ordovícico del NE de Cataluña.

Palabras clave: Pirineos. Metalogenia. Cambroordovícico. Pb-Zn.

ABSTRACT

A stratiform galena-sphalerite-pyrite, together with calcopyrite and arsenopyrite mineralization, is found as disseminations and lenses, in 10 m series of carbonaceous micaeschists and dolomites, south of the Bassegoda mountain. This lithology is situated between barren micaeschists and massive dolomites containing acidic pyroclasts. Both the type of deposits and the lithology of the enclosing rock enable one to relate the above mineralization with a set of stratiform and stratabound Cambro-Ordovician ore occurrences in the NE of Catalunya.

INTRODUCCION

Al Sur de la zona axial del Pirineo Oriental existe un conjunto de afloramiento de materiales hercínicos, orientados en dirección Oeste-Este, y aislados entre la cobertera meso y cenozoica (Fig. 1A). Estos afloramientos están formados por granitoides tardihercínicos y series paleozoicas de litología variada, afectadas

por el metamorfismo de contacto. La mineralización que describimos se encuentra en la serie paleozoica de la Ermita de Riu, al Suroeste del Pico de Bassegoda, y forma parte del afloramiento de materiales hercínicos que se extiende a ambos lados del río Llerca entre el río Beget al Oeste y Can Menera al Este (Fig. 1B).

En este sector son conocidos además filones de baritina y galena encajados en el granito de Can Menera, así como pequeñas bolsadas de baritina y calcopirita en las dolomías del Valle del Rio Llerca (Mata, 1982). Estas mineralizaciones, junto a otras muchas de los Pirineos Orientales, forman parte de un conjunto metalogenético relacionado con la peleogeografía pretriásica y/o pregarumniana (Soler, 1983) y no serán tratadas aquí.

El objeto de esta nota es dar a conocer la existencia de concentraciones estratiformes de sulfuros de Pb-Zn-Cu, contenidas en la serie paleozoica del sector. Estas concentraciones se inscriben dentro de un conjunto de mineralizaciones estratiformes y estratoligadas, localizadas en el Cambro-Ordovícico catalan. Así, hay que destacar diseminaciones, masas y filones de minerales de As-Au- (Ag-Bi-Sb-Cu-Pb-Zn) en micaesquistos y dolomías de la Vall de Ribes (Ayora 1980; Robert, 1980), filones de minerales de Zn-Pb (Cu) en la serie de Canavelles del Vallespir (Guitard, 1954) y las concentraciones estratiformes de minerales de Fe-Zn-Pb-F-Cu-W en calcosilicatos y de galena en carbonatos, descritas por Gimeno y Viladevall (1983) en Les Guilleries, en una serie situada en un contexto geológico comparable.

LOS MATERIALES PALEOZOICOS

Las condiciones de afloramiento dificultan el establecimiento de la sucesión estratigráfica de los materiales del sector considerado. A pesar de ello, hemos resumido los datos disponibles en la columna sintética de la Fig. 2.

Las *dolomías* son masivas, muy recrystalizadas y con estratificación raramente evidente. Localmente presentan fenómenos de ankeritización, ferruginización, silicificación y bolsadas centi a decimétricas de baritina y sulfuros.

En el Valle del río Llierca, cerca del contacto con el granito, que prácticamente no llega a aflorar, las dolomías aumentan en tamaño de grano, pero no reaccionan con restos de cuarzo detrítico. Esta roca contiene lentejones de calcita, cuarzo, epidota y clorita, con textura de grano grueso, que sugieren la circulación localizada de fluidos.

Los *micaesquistos* son mayoritariamente limolíticos, con tramos métricos más pelíticos y otros arenosos. Están compuestos por bandas inframilimétricas de cuarzo-albita (menor) y de moscovita-clorita en proporciones variables. Principalmente en las bandas de filosilicatos se encuentran turmalina, zircón, apatito y opacos isométricos (magnetita?) como accesorios. Posteriormente a la esquistosidad regional se desarrollan abundantes cristales de biotita y porfiroblastos retrogradados a micas blancas, y que, según Estévez (1973) corresponden a andalucitas y cordieritas.

Cerca del contacto entre las dolomías y los micaesquistos, en ambas litologías, existen intercalaciones centi a decimétricas de una roca microgranuda compuesta por ortosa con Ba y dióxido, con diseminaciones de sulfuros de Fe-Zn-Pb-Cu. La roca está atravesada

por numerosas fracturas con recrystalizaciones de ortosa. Dada la influencia del metamorfismo del contacto es muy difícil precisar la mineralogía original de estos niveles. En la misma posición estratigráfica se encuentra un tramo de micaesquistos carbonosos que contienen la mineralización que se describirá.

Intercalado en las dolomías, en el Valle del Llierca, existe un nivel de un metro de potencia de *piroclastos*. Se trata de una roca formada por cristales idiomórficos de cuarzo, con golfos de corrosión, y cristales de feldespato, totalmente transformados en filosilicatos, en una matriz criptocrystalina. Pueden encontrarse, asimismo, algunos fragmentos de lava desvitrificada y escasos aportes detríticos de cuarzo. La roca tiene una composición normativa riodacítica (análisis 1, Tabla I), pero localmente puede estar fuertemente silicificada (análisis 2, Tabla I). La relación entre Zr/TiO₂ y Nb/Y, elementos considerados inmóviles frente a procesos de alteración (Winchester y Floyd, 1977), confirma la identidad entre ambas rocas y su composición riodacítica. Por su composición mineralógica y textura esta roca podría tratarse de una cristaltoba poco retrabajada.

Los afloramientos de la zona muestran un granito intensamente meteorizado. Estévez (1973) lo describe como un granito con porfiroblastos de ortosa en una matriz de cristales de ortosa, plagioclasa, cuarzo y biotita.

Sobre los materiales descritos reposan discordantemente los materiales de la cobertera posthercínica que, en este sector, están constituidos fundamentalmente por conglomerados y areniscas rojos de facies garumniana, y por calizas con alveolinas eocenas de la formación Cadí.

TABLA I.- Análisis químicos de rocas volcánicas del valle del Llierca (P.C.: pérdida por calcinación a 1000° C)

TABLE I.- Chemical analyses of volcanic rocks from the Llierca Valley (P.C.: ignition loss at 1000° C).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (T)	MgO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P.C.	TOTAL
1.	69.3	0.17	14.19	1.71	0.01	0.79	4.96	0.37	3.91	3.81	99.22
2.	81.0	0.11	11.53	0.71	0.01	0.29	0.13	0.27	1.70	4.02	99.77
	Nb	Zr	Y	Zr/TiO ₂	Nb/Y						
1.	9	130	33	0.076	0.273						
2.	7	85	25	0.077	0.280						

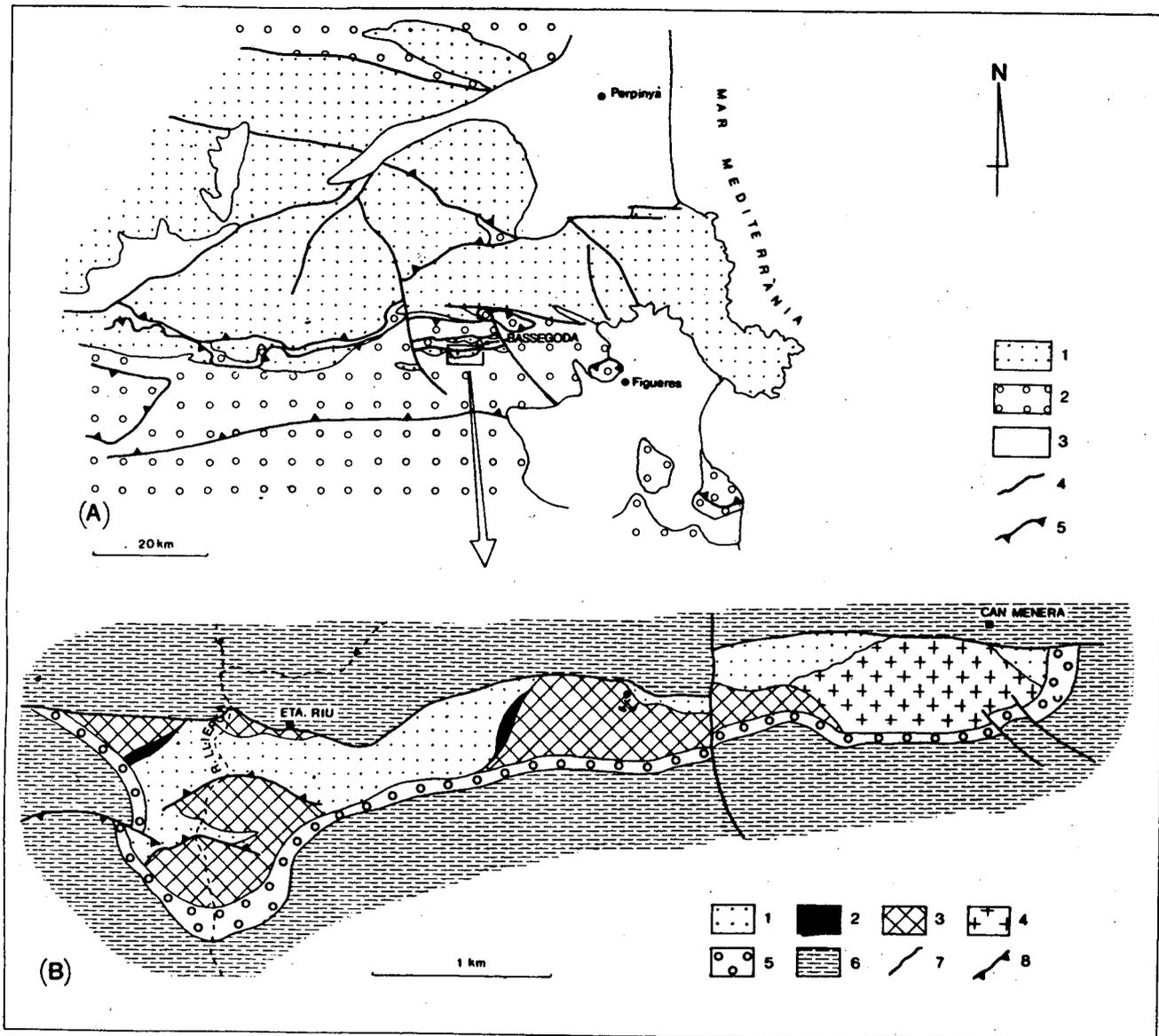


Figura 1.- A) Esquema estructural del Pirineo oriental según Fontboté et al. (en prensa), modificado. 1) Materiales hercynianos; 2) Mesozoico y Paleógeno; 3) Neógeno y Cuaternario; 4) Fallas; 5) Cabalgamientos; B) Esquema geológico de afloramiento paleozoico del Sur del pico de Bassegoda. 1) Micasquistos; 2) Niveles de silicatos de grano fino con Pb-Zn-Cu-Ba; 3) Dolomías masivas; 4) Granito; 5) Garumniense; 6) Eoceno; 7) Fallas; 8) Cabalgamientos.

Figure 1.- A) Structural scheme of the Eastern Pyrenees based on Fontboté et al. (in press). 1) Hercynian rocks; 2) Mesozoic and Palaeogene; 3) Neogene and Quaternary; 4) Faults; 5) Thrusts; B) Geological sketch of the Palaeozoic outcrop south of the Bassegoda mountain. 1) Micaschists; 2) Levels of fine-grained silicates with Pb-Zn-Cu-Ba; 3) Massive dolomites; 4) Granite; 5) Garumnian; 6) Eocene; 7) Faults; 8) Thrusts.

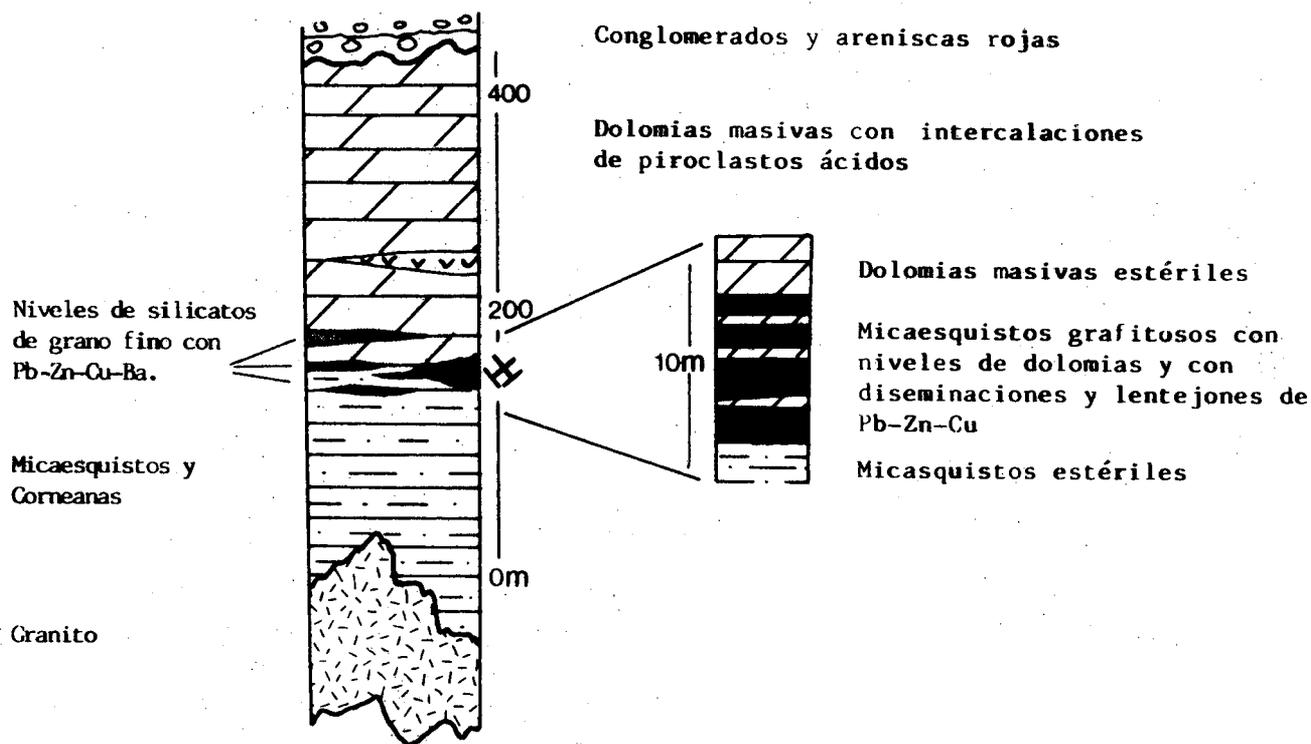


Figura 2.- Columna estratigráfica sintética de los materiales paleozoicos de la zona estudiada.

Figure 2.- Synthetic stratigraphical column of the Paleozoic materials in the studied area.

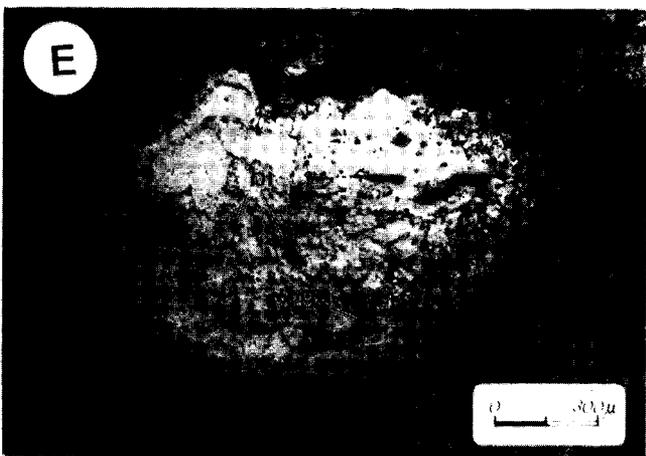
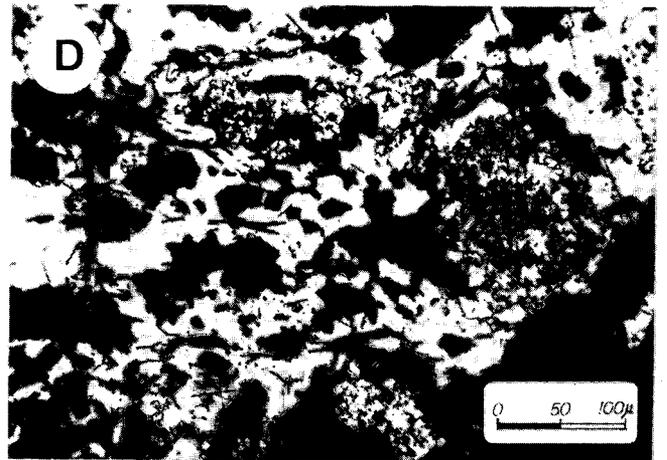
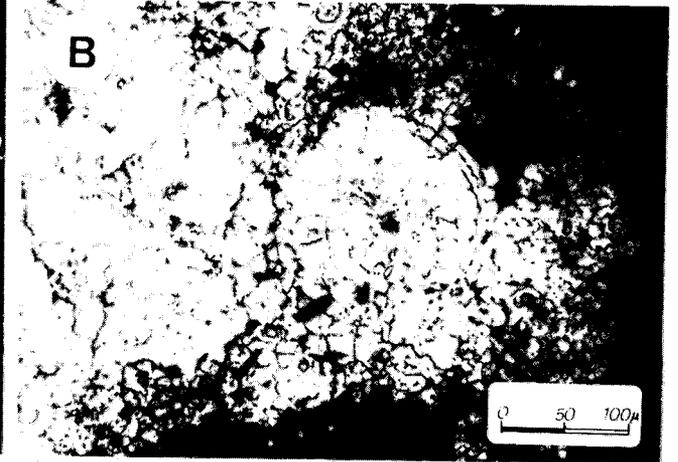
ESTRUCTURA

La presencia de cuñas de material paleozoico entre la cobertera meso y cenozoica debe atribuirse indudablemente a los efectos de la tectónica alpina, que en esta zona, como en el resto del Pirineo, origina estructuras de fractura y cabalgamientos en los que está involucrado el zócalo herciniano. Los afloramientos paleozoicos de la Garrotxa, elongados en dirección EW, pueden interpretarse como restos de unidades formadas por zócalo y cobertera, despegadas hacia el sur y posteriormente afectadas por fallas subverticales de orientación variable. Estas fallas, como la falla normal que limita por el norte la zona estudiada (Astauer, 1943; Estévez, 1973), son las responsables de la falta de continuidad de los distintos afloramientos paleozoicos.

Es difícil establecer la estructura interna de los materiales paleozoicos de los alrededores de Bassegoda, dadas las condiciones de los afloramientos y a veces

Figura 3.- A) Aspecto de una banda centimétrica de galena-esfalerita masiva paralela a la esquistosidad regional. Longitud de la escala: 9 cm. B) Restos de esferulito de pirita, parcialmente recrystalizado. C) Textura de atolón de pirita (blanco) sobre esfalerita (gris más claro). D) Recrystalización metamórfica de galena (blanco)-esfalerita (gris)-moscovita (gris oscuro, alargado). E) Recrystalización de pirita hasta adoptar formas geométricas a partir de un agregado de grano fino de pirita, bismuntinita (bi) y galena (ga). F) Detalle de una recrystalización metamórfica de pirita, a partir de un agregado microgranado de pirita y esfalerita, hasta adoptar una textura de equilibrio en puntos triples.

Figure 3.- A) Centimetric thick band of massive galena and sphalerite, parallel to the regional foliation. Scale bar: 9 cm. B) Spherulitic pyrite (white) upon sphalerite (lighter grey). D) Metamorphic recrystallization of galena (white)-sphalerite (grey)-muscovite (elongated dark grey). E) recrystallization of pyrite, with geometrical shape, from a fine grain size aggregate of pyrite, bismuthinite (bi) and galena (ga). F) Detail of a metamorphic recrystallization of pyrite from a fine grain size aggregate of pyrite and sphalerite, and the formation of triple point equilibrium texture.



también sus reducidas dimensiones. Sin embargo la cartografía muestra que las dolomías y los micaesquistos dibujan una serie de pliegues hectométricos, aproximadamente W-E, con planos axiales de fuertes buzamientos, fosilizados por el Garumniense. Por otro lado el metamorfismo de contacto que presentan los niveles pelíticos emmascara el reconocimiento de las estructuras menores de deformación. La única estructura de deformación observada en estos niveles corresponde a una esquistosidad que buza en general hacia el norte, aunque en detalle los planos de esquistosidad están plegados y muestran orientaciones variables según los sectores. El desarrollo de esta esquistosidad es anterior al metamorfismo del contacto y por sus características podría corresponder a la S1-2 descrita por Estévez (1973). Sin embargo no disponemos de datos que permitan discutir su relación con los pliegues de la estratificación descritos más arriba. En cualquier caso las dos estructuras son relacionables con una tectónica polifásica hercínica que, como es frecuente en el Paleozoico inferior del Pirineo, es responsable de la formación de diversos sistemas de estructuras de deformación, la mayor parte de las cuales empiezan a desarrollarse antes del emplazamiento de los granitoides intrusivos tardíos.

LA MINERALIZACIÓN

Al Este de Can Agustí, sobre el camino a Bassegoda, existe una pequeña explotación minera abandonada, con unas 1000 Tm de material extraído mediante una galería y un pozo. Los trabajos mineros permiten observar un afloramiento aislado en una zona cubierta de vegetación.

La mineralización está contenida en un tramo de esquistos, de 8 a 10 m de potencia, constituidos por cuarzo, clorita, moscovita, calcita y materia carbonosa. Los esquistos contienen niveles de dolomías oscuras. Este conjunto litológico se sitúa en el contacto entre los micaesquistos a muro y las dolomías masivas a techo (Fig. 2). El conjunto buza al Este y hacia el Sur está en contacto con las dolomías masivas mediante falla.

Los sulfuros se encuentran disseminados y en lentejones macizos, de potencia inferior a 10 cm, dentro de los micaesquistos carbonáticos carbonosos (Fig. 3A). Los niveles de dolomías oscuras intercalados contienen disseminaciones menos abundantes y algunas recristalizaciones geódicas de dolomita y sulfuros. Los micaesquistos de muro contienen asimismo sulfuros muy dispersos y escasos. La mineralización está constituida fundamentalmente por galena, esfalerita y pirita, con cantidades inferiores de calcopirita, arsenopirita, y bismutinita.

La pirita presenta texturas framboidales (Fig. 3B), y la esfalerita y la galena forman a menudo un bandado inframilimétrico. Existe consenso en atribuir estas evidencias a procesos sedimentarios (McClay, 1983). Un origen sedimentario, aunque también atribuido a recristalizaciones, pueden tener también las texturas en atolón (Fig. 3C), donde la pirita crece sobre un núcleo de esfalerita (Briggs et al., 1977). Sin embargo, la mayoría de estos hechos han sido borrados por procesos posteriores. Son frecuentes las microbandas cataclásticas de cuarzo y sulfuros, paralelas a la esquistosidad regional; 2) La galena y la esfalerita contienen filossilicatos aislados (Fig. 3D) y boudins microscópicos de cuarzo y sulfuros, también paralelos a la esquistosidad regional; 3) La pirita se presenta a menudo en porfiroblastos que han crecido a partir de núcleos pseudoglobulares de cuarzo, pirita y otros sulfuros (Fig. 3B y 3E); 4) Los bordes de los granos estre esfalerita-galena-calcopirita son de equilibrio y muestran puntos triples mutuos (Fig. 3D). La misma evidencia de equilibrio se observa entre los diferentes subgranos de pirita, algunos de los cuales contienen antiguas zonaciones relictas (Fig. 3F). Este conjunto de texturas son atribuidas a procesos de intensa deformación y metamorfismo (regional y/o térmico) que han afectado a la mineralización (Vokes, 1969; Stanton, 1972; McClay, 1983; Pesquera, 1985).

CONCLUSIONES

- 1) El Paleozoico de la Ermita de Riu, al Sur de Pico de Bassegoda, ocupa una posición estructural que dificulta su correlación con el resto de materiales hercínicos vecinos. Sin embargo sus características litológicas permiten compararlo con el Cambro-ordovícico de los Pirineos Orientales.
- 2) En un nivel de 10 metros de potencia de micaesquistos y dolomías carbonosos, en el contacto entre dolomías y micaesquistos estériles, se encuentran disseminaciones y lentejones centimétricos masivos de pirita, galena, esfalerita, calcopirita, arsenopirita y bismutinita. La mineralización se encuentra afectada por la esquistosidad regional hercínica y por el metamorfismo térmico desarrollado alrededor de intrusiones graníticas.
- 3) La génesis de la mineralización es difícil de reconstruir, pero la litología encajante, la abundancia de galena y esfalerita respecto a la pirita, el tránsito lateral a niveles sedimentarios con Ba, sobre todo, la falta de relación estricta con el volcanismo de la serie, apuntan a un modelo deposicional «exhalativo-sedimentario», como el propuesto por Large (1980)

y Pouit (1984), mas que a un clásico depósito vulcanogénico de sulfuros masivos, como los resumidos por Franklin et al. (1981). La génesis se explicaría, pues, por la deposición, en un medio sedimentario euxínico, de sulfuros de metales aportados a la cuenca por exhalaciones relacionadas indirectamente con el volcanismo contemporáneo. La mineralización y su contexto litológico son comparables a otras mineralizaciones estratiformes de la región, especialmente a las de pirita y sulfuros de As-Bi-Sb-Pb-Zn-Cu en dolomías de la Vall de Ribes (Ayora, 1980, Robert, 1980).

AGRADECIMIENTOS

Los análisis químicos de rocas ígneas se han realizado en el Servei d'Anàlisi Química de la Facultat de Geologia i en el Servei d'Espectroscòpia de la Universitat de Barcelona, con la ayuda del Dr. R. Vaquer.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado mediante un Ajut a la Investigació 1985 de la Universitat de Barcelona.

BIBLIOGRAFIA

- ASHAUER, H., 1943: «La terminación oriental de los Pirineos». *Publ. Sem. Geol. Esp.*, C.S.I.C. II: 201-336.
- AYORA, C., 1980: *Les concentracions metàl·liques de la Vall de Ribes*. Mem. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, 223 pp (no publicado).
- BRIGGS, R.M., DOBE, H.W. y BLACK, P.M., 1977: «High-pressure metamorphism of stratiform-sulphide deposits from the Diablot Region, New Caledonia». *Mineral Deposita*, 12: 263-279.
- ESTEVEZ, A., 1973: *La vertiente meridional del Pirineo Catalán al Norte del curso del río Fluviá*. Mem. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 44, 514 pp.
- FONTBOTE, J.M., MUÑOZ, J.A. y SANTANACH, P.: «On the consistency of proposed models for the Pyrenees with the structure of the eastern part of the belt». *Tectonophysics*.
- FRANKLIN, J.M., LYDON, J.W. y SANGSTER, D.F., 1981: «Volcanic-associated massive sulfide deposits». *Econ. Geol.* 75th anniv. vol.: 485-627.
- GIMENO, D. y VLADEVALL, M., 1983: «Las Mineralizaciones estratiformes en Fe-Zn-Pb-F-Cu (W) y en Pb del Cambro-Ordovícico del Macizo de Les Guilleries (Girona)». *Rev. Inv. Geol.* 36: 121-133.
- GUITARD, G., 1954: «Classification, position et ages des gites métallifères dans les Pyrénées orientales». *C.R. Somm. Soc. Geol. Fr.*, 172-176.
- LARGE, D.E., 1980: «Geological parameters associated with sediment-hosted submarine exhalative Pb-Zn deposits: an empirical model for mineral exploration». *Geol. Jb. D40*: 59-129.
- MATA, J.M., 1982: *Els minerals de Catalunya*. Mem. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. 5 vol., 1511 pp. (no publicado).
- McCLAY, K.R., 1983: «Deformation of stratiform lead-zinc deposits», in D.F. Sangster (Ed): *Sediment-hosted stratiform lead-zinc deposits*. V.9: 283-309. Min. Assoc. Canada, Short Course Handbook.
- PESQUERA, A., 1985: *Contribución a la mineralogía, petrología y metalogénia del Macizo de Cinco Villas (Pirineos Vascos)*. Mem. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. 579 pp. (No publicado).
- POUIT, G., 1984: «Les gisements à sulfures massifs exhalatifs-sédimentaires: une mise au point sur leur classification et la méthodologie de leur recherche». *Chron. rech. min.*, 476: 31-34.
- ROBERT, J.F., 1980: *Etude géologique et métallogénique du Vall de Ribes sur le versant espagnol des Pyrénées Catalanes*. Thèse Université Franche-Comté, Besançon. 294 pp.
- SOLER, A., 1983: *Estudi metal·logenètic del sector de Rocabrunya-La Menara, Pirineu Oriental*. Mem. Tesis Licenciatura. Universitat de Barcelona. 118 pp (No publicado).
- STANTON, R.L., 1972: *Ore Petrology*. New York. McGraw Hill Inc., 713 pp.
- VOKES, F.M., 1968: «A review of the metamorphism of sulphide deposits». *Earth-Sci. Review*, 5: 99-143.
- WINCHESTER, J.A. y FLOYD, P.S., 1977: «Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements». *Chem. Geol.*, 20: 325-343.

Recibido, febrero 1986