

Estudio preliminar sobre las posibilidades metalogenéticas del ámbito catalán.

por Manuel VILADEVALL SOLÉ

Departamento de Prospección Geológica y Geofísica, Universidad de Barcelona.

ABSTRACT

Catalunya is a traditional mining country, though at present the works are of declining importance. The reasons for this situation is partially due to the lack of a complete mineral resource evaluation and the current price of commodities which have a negative effect on the exploitation of well-known reserves.

The geologic features of Catalunya suggest that the research should mainly be made on the following fundamental genetic types: the surface-generated ores, especially the «per-descensum» veins, the stratiform and the volcanic-sedimentary ores.

RESUMEN

Catalunya es un país con amplia tradición minera aunque en la actualidad, las explotaciones de menas metálicas y gangas se encuentran en regresión. Sus causas, se deberían, en parte, a la falta de evaluación de sus recursos, lo que indica una falta de investigación, y en parte al precio actual de los metales que incide sobre la posible explotación de los reconocidos.

Dentro de los temas fundamentales de la investigación minera, los más aplicables al ámbito catalán debido a sus características geológicas serían: los yacimientos ligados a la acción superficial, especialmente los filones *per-descensum*, los yacimientos volcánico-sedimentarios s.l. y los yacimientos estratiformes s.a.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los yacimientos e indicios minerales (menas y gangas) conocidos en la actualidad en el Principado, han sido descubiertos por causas fortuitas o bien heredados de la antigüedad y recopilados a principios de siglo por estudiosos naturalistas y coleccionistas de minerales, siendo muy pocos los reconocidos bajo un planteamiento geológico-metalogenético. (Viladevall, 1976).

Por esta razón, el potencial en recursos, aún considerando los indicios descubiertos, es prácticamente desconocido. Para paliar este defecto, se impone una amplia investigación sobre las características geológicas del Principado y sus posibilidades metalogenéticas para determinar y evaluar sus recursos. Por otra parte, si esta investigación no tiene lugar a corto-medio plazo, la política del sector minero se verá seriamente mermada.

SITUACIÓN GEOLÓGICA DE LAS MINERALIZACIONES

Paleozoico

La mayor parte de los yacimientos e indicios de sulfuros, óxidos y gangas conocidos, se sitúan morfológicamente y, en algunos casos, genéticamente dentro de estos terrenos.

Cambro-Ordovícico: es en los materiales de este periodo en donde se observa una mayor diversidad morfológico-paragenética y posiblemente en recursos. Así tenemos mineralizaciones en W, As, Fe, Cu, Mo, Pb-Zn en los *skarns* de Costabona (Ripollès), filones de As(Au), Sb, Cu, Pb-Zn(Ag) a lo largo del Pirineo Central y Oriental, talco en el Alt Empordà, filones de Zn(Pb), Cu, W, As(?) y Cu así como de F(Ba), Pb-Zn en el Montseny (Vallès). La Selva y Baix Empordà y yacimientos estratiformes ligados a niveles carbonatados de Zn(Pb), Cu, W, As(?) en el Pirineo Central, la Selva y Baix Empordà.

Silúrico-Devónico: estos periodos, aún siendo menos ricos que los anteriores, presentan unas peculiaridades muy determinadas. Los niveles ferríferos (magnetita, pirrotina y piritas) que se sitúan en las pizarras negras y calizas del Silúrico superior-Devónico inferior del Baix Llobregat, Barcelonès, Maresme, Baix Empordà, Urgell, Pallars y Conca de Barberà son uno de los elementos más representativos, por su extensión, en el ámbito catalán. Al igual que los del Cámbrico-Ordovícico, los materiales de este periodo encierran filones de Pb (Zn, Co, Ba, F) en el Priorat, Baix Camp, Baix Llobregat, Barcelonès y Vallès Oriental; Bario en Poblet (Conca de Barberà) y bolsadas de Mn (Fe) y Ba en la Cordanya y el Bergadà.

Carbonífero: sin contar los yacimientos hulleros del Ripollès y Alt Urgell, que no nos ocuparán en este trabajo, este periodo presenta en los niveles de liditas (Namuriense-Westfaliense) nódulos de fosfatos en el Maresme, Vallès Oriental, Priorat y lentejones de Mn también en el Priorat.

Los filones de Pb (Zn, Ba, Co) también atraviesan estos niveles en el Priorat y en la Conca de Barberà.

Dentro de este periodo hay que incluir también a los granitoides y sus *stocks* filonianos asociados ya que, presentan un elevado potencial en F, Ba (Pb, Zn) en el Vallès Oriental, La Selva, Baix Empordà, Garrotxa, Rosselló y Baix Camp.

Mesozoico

Triásico: dentro del Permo-Trias, se han ubicado una serie de indicios de Cu, Ba (U), unas veces filonianos otros estratiformes, de características similares a los existentes en Menorca. Estos indicios se hallan repartidos en el Vallès Oriental, Priorat, Conca de Barberà y Alt Urgell (indicios de uranio). El Triásico calcáreo, encierra numerosos indicios en bolsadas, estratiformes s.l., o en filones, de Pb, Zn (Ba, F) en el Alt Penedès, Alt Camp y Baix Llobregat.

Cretácico: Aunque la mayoría de las bauxitas (Al) se formaron durante el Cretácico inferior y superior, éstas se ubican en el Jurásico Dogger (Solsonès), en el Cenozoico inferior (Alt Penedès) y en el Cretácico superior (Noguera).

Cenozoico: los indicios más importantes hallados dentro de este periodo, sin contar las sales potásicas, lignitos (U) e indicios de Uranio estratiforme de los que, tal como ya hemos anunciado, no nos ocuparemos en este trabajo, son los fosfatos de la Cerdanya y los indicios de celestina (Sr) de la Cuenca de Vic (Osona).

La situación geológica de las mineralizaciones no implica forzosamente una relación genética del encajante con ella misma, ya que ésta puede haberse desarrollado en el espacio y en el tiempo dentro de épocas sucesivas.

TEMAS FUNDAMENTALES DE INVESTIGACIÓN APLICABLES AL ÁMBITO CATALÁN

Yacimientos ligados a rocas graníticas ácidas y calcálicas tardí-oro-genéticas

Este grupo de yacimientos, puede subdividirse en diversas categorías de las cuales, sólo expondremos las que puedan tener incidencia dentro del Principado.

Las pegmatitas graníticas: este tipo de rocas pueden ser mena de Sn, W, U, Th, Li, etc. y de diversas tierras raras: Varlamoff (1973) da una tipología de pegmatitas con rendimiento económico, según facies características de los granitos, generalmente de dos micas, y su profundidad de emplazamiento. Este no parece el caso de las pegmatitas del Pirineo Central y Oriental que según Carreras et al. (1975) son de origen perianatóctico. Hay que reseñar, no obstante, que se conocen indicios de Espodumena y micas líticas (Alt Empordà), lo que hace su investigación interesante.

Los yacimientos pirometasomáticos y de contacto: dentro de los primeros, situaremos los *skarns* en el sentido de Petersen (1974), que estarían representados por los de Costabona. Éstos son ricos en W (Mo, Cu, Fe) y se originaron por metasomatismo en las calizas de la serie Canavelles durante la ascensión del granito de Costabona (Guitard et Lafitte, 1958).

Los yacimientos de contacto, se formarían por la intrusión de un plutón, en nuestro caso granítico s.l., en serie

sedimentaria más o menos metamórfica. Si el encajante presenta preconcentraciones de elementos (estratiformes, vulcano-sedimentarias o de otro tipo) la intrusión actuará como elemento concentrador (bajo poder de asimilación) y su fase fluida como vector de la mineralización. Estas preconcentraciones las hallaríamos en las series de pizarras negras y calizas y dolomías de la serie de Canavelles (Pb-Zn), del Caradoc (Pb, Zn, Cu, W, Fe, As-Sb-Mo (?)) y del Silúrico-Devónico (Cu, W, Pb-Zn).

Todas estas mineralizaciones se hallan representadas en el Montnegre (Maresme), Montseny (Vallès), Guillerics (La Selva), Begur (Baix Empordà), en amplios sectores del Pirineo Oriental y Central, concretamente en la Vall d'Aran (Alvarez, 1976; Cardellach, 1977 y Bois et al. 1976), y procederían de yacimientos principalmente de origen Vulcano-sedimentario de los periodos antes citados.

La investigación de este tipo de yacimientos, principalmente como guía de prospección de posibles yacimientos primarios de baja ley, gran tonelaje se está llevando a cabo actualmente por la Universidad de Barcelona.

Yacimientos hidrotermales s.l.: dentro de esta categoría podrían incluirse todos los filones de Pb (Zn, Ba, F), F (Ba, Pb, Zn), Ba (Ca, Pb), Cu (Si) y toda la serie B.P.G.C. Dentro de todos éstos, habría que diferenciar los *hipo-meso-epitermales* con alteraciones típicas en hastiales y encajantes, relacionados con un plutón cercano o distante y tectónica de fractura, de los que aparentemente no tienen relación con plutones pero sí con una tectónica de fractura, características paleogeográficas de una cobertera y el fondo geoquímico regional.

Dentro de los primeros y posiblemente relacionados con preconcentraciones definidas en el apartado anterior, situaríamos los de Sb, As (Au, Cu, Pb-Zn) del Pirineo Central (Ayora, 1976) y Oriental. Éstos se asimilarían al tipo n.º 12 de Pelissonier (1972) (yacimientos con Pirrotina o Arsenopirita y Oro) y los de Calcopirita sola (pirita) del Montseny y Alt Empordà, al tipo n.º 10 del mismo autor (yacimientos de cuarzo con calcopirita); los de Hierro —siderita dominante— y los de Talco del Pirineo Oriental y Central (los primeros) se incluirían también en esta categoría.

Los del segundo tipo, aunque presentan una morfología y, a veces, paragénesis similares a los anteriores —Pb (Zn, Ba [Ni, Co, F]), F (Ba, Pb, Zn) y Ba (Ca, Pb [Ni, Co, F])—, aspecto filoniano y naturaleza del encajante comunes, sus características genéticas pueden ser distintas. Este grupo lo trataremos dentro del apartado siguiente.

Depósitos supergénicos derivados de la acción superficial sobre rocas banales

Estos yacimientos, presentan una gran controversia entre geólogos metalogenistas y prospectores, debido en primer lugar al desconocimiento paleogeográfico-climático de las coberteras y zócalos y en segundo lugar a la complejidad de los fenómenos físico-químicos que comportan.

Dentro de este grupo se incluyen las bolsadas cársticas y los filones *perdescensum*. La cementación de depósitos de sulfuros —principalmente cobre—, presenta unos procesos físico-químicos de enriquecimiento similar al de los anteriores. Estos procesos, no obstante, no se realizan sobre rocas banales sino sobre yacimientos primarios, razón por la cual no serán tratados en este trabajo.

Dentro de los depósitos cársticos, los más representativos

serían los de Al (Bauxitas) que se ubicarían principalmente en el Cretácico superior, aunque su edad sea distinta. Sobre estas acumulaciones, existen numerosos trabajos ya que hace relativamente pocos años, el Principado era una de las principales reservas del Estado español. En la actualidad, estas reservas se hallan prácticamente agotadas y las prospecciones encaminadas al respecto no parecen haber conseguido los resultados apetecibles.

Otras bolsas de tipo cárstico serían: las de Pb, Zn (Ba) situadas dentro del Muschelkalk inferior de Vallirana y Begues (Baix Llobregat)-Pontons (Alt Penedès). Estas bolsas estarían relacionadas con los depósitos estratiformes que trataremos en el próximo apartado. Los depósitos de Mn, Fe de la Tossa d'Alp (Cerdanya y Bergadà) situados dentro de las rocas calcáreas del Devónico, presentan características de origen supergénico, que probablemente tuvo lugar durante la discordancia del Carbonífero. Todos los indicios superficiales de estos depósitos de manganeso, se hallan ya explotados y a mi entender presentan una serie de características que los hacen interesantes a una investigación metalogénica. Dentro de estos mismos niveles del Silúrico-Devónico, aparecen también una serie de bolsas típicamente cársticas con remobilizaciones cársticas actuales, de Ba (Cerdaña) y Ba (Cu) (Alt Urgell) cuyo origen y edad podrían coincidir con las de Mn, aunque también podrían situarse dentro de la discordancia pretriásica. Otras bolsas de baritina, aparecen dentro de los mármoles atribuidos al Cámbrico en el Canigó (Prats de Molló) y Montseny (Vallés Oriental). La edad de estas últimas es incierta ya que no se hallan afectadas ni por el metamorfismo ni por la esquistosidad hercínica. Todas estas bolsas de baritina dominante, han sido explotadas de forma artesanal debido a que su ley es muy elevada pero sus reservas escasas, no presentando gran interés económico pero sí científico.

La controversia, tal como indicábamos al principio de este apartado, viene originada principalmente por los filones *perdescensum*. Este tipo, que en un principio se restringió a filones de zócalo, son mineralizaciones que se hallan en intrínseca relación con una serie de controles, tales como tectónicos —distensivos— y principalmente climáticos y paleogeográficos (Barbier, 1974 y Bossi, 1972). Las preconcentraciones, origen del metal al desestabilizarse la roca banal, se situarían relativamente cerca de la zona de acumulación (fracturas abiertas). Por estas fracturas, circularían aguas superficiales cargadas de elementos metálicos solubles, que precipitarían en su interior al modificarse una serie de condiciones físico-químicas —por ejemplo el pH y Eh— y así darán lugar a las mineralizaciones que generalmente son de U, Pb-Zn, Ba, F, Cu, etc.

En el ámbito catalán, los filones que más se acomodarían a este tipo y a falta de las conclusiones generales sobre los trabajos de investigación que en la actualidad estamos llevando a cabo, serían los de Pb (Zn, Ba, Cu) del Priorat y Baix Camp y los de F (Pb, Zn) y Ba (F, Pb, Zn) ubicados en el carbonífero. La edad de estos filones es aún incierta debido a las causas anteriormente mencionadas. No obstante existen indicios en el Vallés Oriental, Priorat, Baix Camp y Conca de Barberà de que son post-Triásicos, indicios en el Baix Empordà de que pudieran ser post-Secundarios e indicios en La Selva de que son tardihercínicos.

El interés que presentan estas mineralizaciones en la vertiente metalogénica, es muy importante ya que pueden repetirse dentro de una misma provincia metalogénica, en épocas distintas. En su vertiente económica, también presen-

tan interés, ya que si bien son yacimientos de alta ley pero de reservas moderadas, éstos pueden dar lugar a campos filonianos como los del Priorat, La Selva y Baix Empordà que representan un volumen de reservas totales nada despreciable, aunque su explotación está condicionada por los precios del mercado.

Depósitos estratiformes de cobertera, sin relación aparente con los plutones

Quizás entre los depósitos más importantes del ámbito catalán deban destacarse los de Pb, Zn (Ba), situados en el Muschelkalk inferior de Vallirana-Begues (Baix Llobregat) y Pontons (Alt Penedès-Alt Camp). Éstos forman un listado de galena-blenda con baritina dispersa (Vallirana), englobado dentro de una matriz arcillosa, aparentemente de remobilización. El origen de esta mineralización es incierta; no obstante se observan costras en el muro —quizás un *hard ground*— y la blenda predomina en el muro y la galena en el techo, lo que nos indica un orden de precipitación normal. La estructura de los yacimientos es lenticular, apreciándose superposiciones de bolsas cársticas que también contienen Pb, Zn.

Estos yacimientos, fueron explotados hace algunos años y son objeto, en la actualidad, de una serie de estudios por la Universidad y una sociedad minera. Hay que hacer constar, por otra parte que el primer distrito mundial en Zn —Silesia-Cracovia (Polonia-Checoslovaquia)— presenta características similares a las del Principado.

Otros yacimientos de este grupo, son los de Mn del Priorat, asociados a un nivel de lidades del Carbonífero. Este nivel es discontinuo y la mineralización, debido a su alto contenido en sílice y poca continuidad, es de escaso interés económico. Los que presentan un interés aparente, pero que han sido explotados como mena de hierro en el pasado, son los asociados a un nivel de pizarras negras grafitosas y calizas «griotte» del Silúrico —Devónico de Gavà (Baix Llobregat) y Malgrat (Maresme). Este nivel que es objeto de un estudio por el propio autor, tiene continuidad en casi todo el ámbito Paleozoico del Principado; está compuesto predominantemente por sulfuros primarios —piritas y quizás pirrotinas— que por acción del metamorfismo han dado lugar a pirrotina, magnetita y calcopirita con algo de Pb y Zn (Maresme). Posteriormente, mediante la acción supergénica, han dado lugar a una serie de bolsas, aparentemente cársticas, con hematites y goetitas, cuya explotación fue de mediano rendimiento. En cuanto al tipo, si bien lo incluimos dentro de los estratiformes —pizarras negras o *Kupferschiefer* por sus indicios en Cu, Pb, Zn—, podrían también asociarse a un vulcanismo distal (Bouladon et al. 1976) o tele-volcánico (Arnold et al., 1977).

Depósitos estratiformes en las series vulcano-sedimentarias

Dentro de este término, se clasifican unos yacimientos concordantes en asociación con unas series alternantes de sedimentos y efusiones volcánicas submarinas, sobre un tipo que por convenio se ha denominado de Geosinclinal, siempre que se le suponga una estrecha relación con éste.

Los más representativos dentro del ámbito catalán, son los de Zn (Pb, Cu) de la Vall d'Aran y Pallars Sobirà en el Pirineo Central. Esta serie, definida por primera vez en

Pierrefitte (Francia) por Bernard y Folglierini (1964), se sitúa dentro del Caradoc calcáreo y dentro de los esquistos negros-calizas con ortóceras del Silúrico-Devónico. Además de los de estos autores, existen otros estudios recientes que delimitan esta serie con precisión.

Estos yacimientos posteriormente sufren, por el metamorfismo regional y de contacto, una removilización y enriquecimiento, que llegan a emascarar, en algunos lugares completamente, el origen primario de estas mineralizaciones. El potencial económico de estas mineralizaciones es muy importante y se consideran como las reservas principales en Zn del Principado.

CONSIDERACIONES GENERALES

La disponibilidad actual en menas metálicas y gangas del Principado es muy precaria. Así tenemos que para el F, sector tradicional en la minería catalana, sus reservas se hallan al límite y las explotaciones (Osor, La Selva) cerrarán a corto plazo. Por otra parte el espato fluor ya no presenta características de mercado de estos últimos años.

El Ba puede presentar a corto plazo, si las investigaciones en Tarragona se llevan a buen término, un gran interés para el sector minero catalán. Los mayores recursos totales que en la actualidad se conocen, tal como indicábamos en el apartado anterior, son las de Zn del Pirineo Central, aunque por su difícil infraestructura-acceso no presentan, a corto plazo y salvo variaciones importantes en el precio del metal, grandes perspectivas. Las reservas de Pb, ubicadas principalmente en el Priorat —faltan por evaluar los yacimientos ligados a las rocas carbonatadas del Muschelkalk inferior—, son bastante importantes aunque su explotación, debido a su costosa extracción y salvo variaciones imprevistas en su precio, improbable.

Uno de los elementos fundamentales para la industria, el cobre, es prácticamente inexistente —filones marginales de calcopirita—, y sus posibilidades en cuanto a reservas, nulas en la actualidad. De todas formas, un profundo estudio de los depósitos ligados a las pizarras negras, nos permitirá a medio y largo plazo vislumbrar algunas posibilidades. El hierro, ligado generalmente a estas pizarras negras y a filones de origen, presumiblemente, hidrotermal (sideritas), no presenta en la actualidad ningún tipo de interés, debido a sus escasas reservas y a su precio en el mercado.

Otros elementos tales como: el Sn —inexistente y sin posibilidades—, el W —con exiguas reservas— aunque la investigación que se está llevando a cabo en la actualidad

indica unos recursos hipotéticos muy elevados, principalmente en el Pirineo Central (no hay que olvidar que en Salau (Ariège, Francia) existe un yacimiento de W de escala europea) y el As, Sb, no presentan mayor interés económico, salvo por el oro que pueda asociarseles (principalmente al As) y explotarse, bien en placeres, bien en filones si las investigaciones dan algún resultado y el mercado así lo permite.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, A. (1976): Estudio de los sulfuros metálicos del área de Bossot (Valle de Arán, Lleida). *Serv. Publ. Universidad de Barcelona*.
- ARNOLD, M. et al (1977): Premier apport de la géochimie des isotopes du soufre à la compréhension de la genèse des minéralisations pyriteuses de la Province de Huelva (Espagne). *Mineral. Deposita* 12: 197-218.
- AYORA, C. (1978): Las mineralizaciones filonianas del valle del río Rigart (Girona). *Inst. Invest. Geol. Univ. de Barcelona*, XXXV: 45-54.
- BARBIER, J. (1974): Continental wathering as a possible origin of vein-type uranium deposits. *Mineral. Deposita*, 9: 271-288.
- BERNARD, A. et FOGLEIRINI, F. (1964): A propos des filons hydrothermaux de Pierrefitte-Nestales. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, 258: 274-277.
- BOIS, J. P. et al (1976): Les minéralisations de Zn (Pb) de l'Anticlinorium de Pierrafitte: un exemple de gisement hydrothermaux et sédimentaires associés au volcanisme dans le Paléozoïque de Pyrénées Centrales. *Bull. du B.R.G.M. Sect. II*, n.º 5: 543-567.
- BOSSI, J. (1972): La minéralisation plombo-zincifère d'Asperières— Buouillac (Aveyron, Lot, France): essai génétique. *Thèse 3.º Cycle*, Nancy, 177 p.
- BOULADON, J. et al. (1975): Les gisements sulfurés stratiformes liés au volcanisme. Quelques réflexions sur l'environnement et la minéralogie des minerais. *Soc. Geol. France. Mémoire hors-série* n.º 7: 149-151.
- CARDELLACH, E. (1977): Estudio de los sulfuros metálicos procedentes del valle del río Unyola (Valle de Arán, Lleida). *Tesis inédita. Universidad de Barcelona*.
- CARRERAS, J.; ORTA, J. M. y SAN MIGUEL, A. (1975): El área pegmática del litoral N de la península del Cap de Creus y su contexto metamórfico y estructural. *Inst. Invest. Geol. Universidad de Barcelona*, XXX: 11-34.
- GUIARD, G. et LAFFITTE, P. (1958): Les calcaires métamorphiques et les skarns du Pic de Costabonne (Pyrénées Orientales). *Scien. de la Terre*. VI, n.º 1-2: 57-137.
- PELLISSONNIER, H. (1972): Les dimensions des gisements de cuivre du monde. Essai de Métallogénie quantitative. *Mémoires du B.R.G.M.* n.º 57. 405 p.
- PETERSEN, U. y BURT, D. (1974): Características generales de los yacimientos en Skarn. *Bol. Soc. Geol. del Perú*, XLIV: 42-79.
- VARLAMOFF, N. (1973): Considerations sur les types de pegmatites et sur leurs répartitions spatiales dans ou autour des granites du Centre et de l'Ouest africains. *Colloque Cient. Inter. E. Raguin*. Masson et Cie. Paris: 145-165.
- VILADEVALL, M. (1976): Algunas consideraciones sobre la investigación minera en la Provincia de Barcelona. *Inst. Invest. Geol. Universidad de Barcelona*, XXXV: 125-131.

Recibido, noviembre 1978