



Aspectos metalogenéticos ligados al volcanismo explosivo calco-alcálido del ordovícico en los macizos de Les Guilleries y Les Gavarres (Cordilleras Costeras Catalanas)

Mineralizations related to explosive calcoalcaline volcanism from Les Guilleries and Les Gavarres (Catalonian coastal ranges)

FERRER MODOLELL, A. E.

En el sector nor-oriental de las Cordilleras Costeras Catalanas se desarrolla, durante el Ordovícico superior, un volcanismo de naturaleza calco-alcálina y que está representando mayoritariamente por materiales piroclásticos de composición intermedio a ácida.

Estas manifestaciones volcánicas se desarrollaron bajo condiciones subacuáticas someras, a través de fracturas normales activas que controlaban la dinámica de la cuenca sedimentaria de horst y grabens, en régimen esencialmente distensivo.

El contexto geodinámico existente se puede asociar a un contexto de tipo «Back arc basin».

Bajo este ambiente metalogenético se verificó el depósito de mineralizaciones típicamente mesotermales y que están ligadas a procesos exhalativos que acompañan a las manifestaciones volcánicas (yacimientos de sulfuros masivos estratiformes de Sant Martí Sacalm).

Al mismo tiempo y como consecuencia de los procesos epitermales generados a partir del campo geotérmico que se produce durante la actividad volcánica, se depositó una serie de mineralizaciones epigenéticas de Fe-Mn que se emplazan en el zócalo cambro-ordovícico.

Palabras clave: Volcánico, epitermal, mineralización de Fe y Mn.

During Upper Ordovician times calco-alkaline volcanism took place at the North-Eastern corner of Catalonian Coastal Ranges. These volcanics have Dacite to Rhyodacite composition.

The volcanism went out under subaqueous conditions, through large normal fractures in a distensive horst-graben basin.

We have two kinds of mineralization associated with the volcanism:

1. Volcanogenic Massive Sulfide deposits related to exhalites close to the volcanism (San Martí Sacalm area).
2. Epigenetic Fe-Mn mineralization associated with epithermal events in the Cambro-Ordovician series (Celrà mining district).

Key words: Volcanic, epithermal, Fe and Mn mineralization.

FERRER MODOLELL, A. E. (ITGE-División de investigación minera. Aracena (Huelva)).

INTRODUCCION

Frecuentemente la presencia del volcanismo asociado a secuencias sedimentarias constituye un criterio muy positivo para valorar el potencial minero de un sector. En efecto, la metalogenia moderna nos demuestra que en este tipo de ambientes geológicos se encuentran los mayores yacimientos de metales base.

Por otro lado, el desarrollo de los procesos volcánicos desencadena unas condiciones físico-químicas muy particulares. Es bajo estas condiciones cuando se desarrollan mecanismos hidrotermales capaces de producir el depósito de diversos tipos de yacimientos metálicos.

Durante el Ordovícico superior se desarrolló en las Cadenas Costeras Catalanas un volcanismo esencialmente explosivo y de naturaleza calco-alcalina. Como consecuencia de ello, se han depositado una serie de pequeñas mineralizaciones metálicas, cuya relación con los materiales volcánicos permite integrarlas dentro de un contexto metalogénico propio.

Los macizos de Les Guilleries y Les Garres constituyen el cierre nor-oriental de esta unidad catalana. El conjunto está formado por materiales sedimentarios y volcánicos de edad paleozoica, que a veces pueden llegar a estar intensamente metamorfizados. Este conjunto está intruído, a su vez, por granitoides de edad post-hercínica.

La serie litoestratigráfica del Paleozoico inferior de este sector, corresponde a una secuencia esencialmente pelítico-carbonatada atribuida tradicionalmente al Cambro-Ordovícico (JULIVERT, M. *et al.*, 1980; DURAN, H. 1985). Sobre esta secuencia se emplaza la serie vulcano-sedimentaria de edad Caradociense (BARNOLAS, A. *et al.*, 1980; DURAN, H., 1985).

En general esta serie paleozoica presenta, hasta el Silúrico, importantes similitudes con la que aparece en los Pirineos Centrales y Orientales.

CARACTERISTICAS DEL VOLCANISMO ORDOVICICO

Los materiales volcánicos del Ordovícico superior en este sector están representados, en su mayor parte, por depósitos piroclásticos que presentan importantes variaciones de facies.

Se han reconocido cuatro tipos diferentes de materiales volcánicos: Flujos Piroclásticos de carácter Ignimbrítico, Depósitos de Oleadas Piroclásticas, Depósitos Masivos (Lavas Dácíticas) y materiales Volcánico-Epiclásticos que proceden del desmantelamiento de los materiales netamente volcánicos.

En general se han visto afectados por una serie de alteraciones (hidrotermalismo, metamorfismo y meteorización) que han

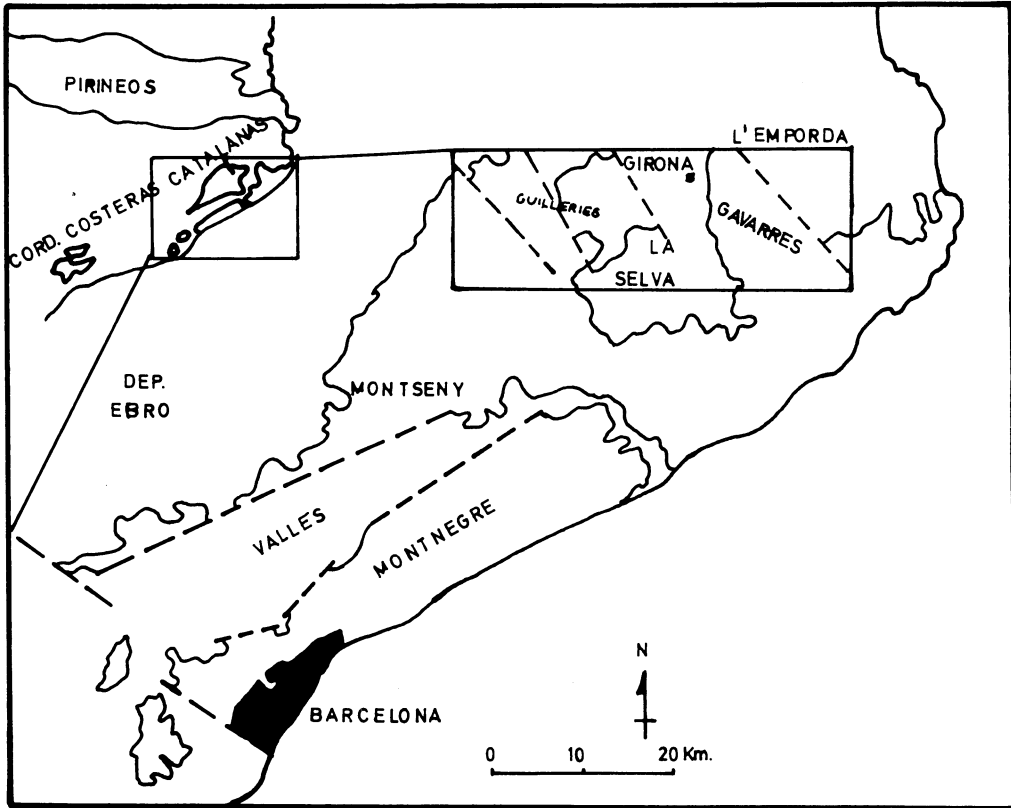


Fig. 1. Mapa de situación.

producido diferentes cambios físico-químicos en su composición original. A pesar de ello, ha sido posible identificar en la mayoría de los depósitos su composición intermedio-ácida (con términos esencialmente riodácitos), en una secuencia típicamente calco-alcalina (NAVIDAD, M *et alters*, 1988; FERRER, A. E. 1989; FERRER, A. E. *et alters*, 1989).

La abundancia de depósitos piroclásticos (Ignimbritas y Depósitos de Oleadas Piroclásticas) en la secuencia volcánica, pone en evidencia el carácter eminentemente explosivo de este volcanismo.

Las erupciones están controladas al principio por procesos freatomagmáticos de interacción agua-magma. Se generan enton-

ces Flujos Piroclásticos ricos en fragmentos líticos, procedentes de la roca de caja (pizarras y esquistos), que se han incorporado a la columna eruptiva como consecuencia de la interacción entre el magma y las paredes del conducto de salida.

A medida que progresa la erupción, se produce el ensanchamiento del conducto de salida, disminuye esta interacción y, por lo tanto, cesa la incorporación de fragmentos líticos a la columna eruptiva. Se produce el depósito de Ignimbritas ricas en cristales.

El emplazamiento de estos materiales piroclásticos se realizó a temperaturas lo suficientemente elevadas como para permitir el soldado de los componentes vítreos (fragmentos de vidrio y pumitas). Al mismo

tiempo que se verifica una intensa desgasificación (estructuras de escape de fluidos).

Estas manifestaciones volcánicas se verifican a favor de grandes fracturas distensivas, que controlan la dinámica de pequeñas cuencas sedimentarias en un sistema de horst y grabens.

CONTEXTO GEODINAMICO

Este sector de las Catalánides forma parte del ramal subhercínico de la Orogenia Varisca europea (AUTRAN, A. *et alters*, 1980).

Durante el Paleozoico inferior europeo (Cámbrico a Ordovícico superior) se produce la apertura, bajo régimen distensivo, de una cuenca vulcano-sedimentaria de afinidad oceánica a nivel regional (COGNE, J. *et alters*, 1980). Se origina de esta forma una mecanismo proto-oceánico similar al ocurrido durante el Meso-Cenozoico del sud-oeste del Pacífico (BRUHN, R. *et alters*, 1978).

Como consecuencia de estos procesos de apertura se generó, durante los primeros estadios Eohercínicos, un intenso metamorfismo regional de alta presión al principio y de alta temperatura y baja presión durante la mayor parte del tiempo que duran estos procesos. En este sector nor-oriental de las Cadenas Costeras Catalanas, existe un metamorfismo regional progradante de alta temperatura y baja presión que afecta en particular a los materiales más antiguos de la serie paleozoica.

Por otra parte, durante el Ordovícico superior, el ambiente geológico en este sector estaría representado por una serie de pequeñas cuencas sedimentarias, altamente inestables, cuya dinámica estaría controlada por una fracturación normal que compartimentaría la cuenca en un sistema de horst-grabens bajo régimen distensivo.

Bajo estas condiciones geodinámicas y a favor de las fracturas distensivas se desarro-

lla este volcanismo calco-alcalino, ácido-intermedio y de naturaleza explosiva.

La integración de este conjunto de observaciones en la evolución del Hercínico europeo propuesta por AUTRAN, A. *et alters* (1980), induce a proponer para el Ordovícico superior de este sector, un ambiente geodinámico tipo Back-arc, tal y como lo describen de WIT, M. J. *et alters* (1981).

• Por otro lado, la inexistencia de un vulcanismo claramente básico (ofiolitas) sugiere que los procesos de apertura oceánica debieron abortarse muy rápidamente, dando tiempo únicamente a que se generaran los materiales ácidos producidos durante las primeras etapas de un fenómeno de este tipo.

MINERALIZACIONES POLIMETALICAS EN SANT MARTI SACALM

El indicio polimetálico de Sant Martí Sacalm se encuentra a unos 9 Km al oeste del municipio de Amer, en la vertiente norte del macizo de Les Guilleries (Prov. de Girona).

Se trata de dos antiguos indicios mineros de reducidas dimensiones y que están separados aproximadamente 600 metros. Su explotación se llevó a cabo, de forma intermitente, durante los años de la Guerra Civil Española.

La mineralización afecta al tramo basal de la serie vulcano-sedimentaria del Ordovícico superior y está controlada por una fracturación regional de dirección ENE-WSW, que pone en contacto a estos materiales con el zócalo Cambro-Ordovícico.

El carácter bandeado de la masa mineralizada, le confiere un aspecto estratiforme y concordante con el bandeo regional. Está afectada, del mismo modo que lo están los materiales encajantes, por la deformación hercínica regional.

La precipitación sulfurosa se verificó durante los estadios iniciales de la evolución de la cuenca ordovícica. Se relaciona localmen-

te con las primeras manifestaciones volcánicas del sector (Coladas Piroclásticas) y rápidamente cesó su depósito, para ser retrabajada y parcialmente desmantelada. Se pueden indentificar algunos cantos aislados de sulfuros en los primeros niveles conglomeráticos de esta secuencia.

El espesor visible de la masa mineralizada es bastante reducido y no excede de dos metros en las zonas masivas. Se puede identificar a lo largo de un kilómetro y medio.

La paragénesis principal está compuesta por: Esfalerita-Pirrotina-Galena-Calcopirita-Pirita. Presenta una ley media de 8 % Zn, 0.4 % Cu, 30 % Fe y 10 % Pb. Los contenidos en Oro no superan las 0.2 ppm.

Por encima de la masa metálica se ha desarrollado un gossan de unos 10 a 20 metros de espesor y que no presenta concentraciones metálicas importantes.

MINERALIZACIONES DE Fe-Mn DE CELRA

El sector minero de Celrà se emplaza en el borde norte del macizo de Les Gavarres, a unos diez kilómetros al NE de Gerona. Abarca una extensión de 12 Km² y se extiende por los municipios de Celrà, Sant Julià de Ramis y Campdorà.

Se trata principalmente de concentraciones de óxidos de Hierro (Goetita, Limonita y Hematites) y, en menor proporción, de Manganeso (Pirrolusita). Tienen un carácter tanto estratiforme-estratoligado, como marcadamente discordante y puede alcanzar potencias de varias decenas de metros.

Esta mineralización principal está acompañada por pequeños filoncillos de Baritina y Galena. Localmente se desarrolla una cierta piritización, en la que se ha identificado la presencia de: Calcopirita, Galena y Cerusita, diseminadas en las pizarras y areniscas de los sectores metalizados.

Aparecen también, en estas zonas, vetas y niveles pseudoconcordantes de Cuarzo con diseminación de Sulfuros, masas de Cuarzo más o menos amorfo y brechificado, zonas de alteración (Silicificación, Limonitización, Argilitización) y brechificación de los materiales pelíticos encajantes.

Estas mineralizaciones se emplazan en la serie pelítico-carbonatada de dirección WSW-ENE. La banda mineralizada que ha sido objeto de explotación, posee una potencia máxima de 100 m y está constituida, en su conjunto, por una serie de cuerpos lenticulares de óxidos e hidróxidos emplazados en los bancos de calizas y en la secuencia filítica.

TABLA I. Contenidos metálicos en Sant Martí Sacalm. Sulfuros Masivos (I), Gossan (G). Au y Ag (ppm).

	I-18	I-18B	I-18C	I-19	I-19/3	G-2	G-B
Cu %	0.62	0.42	0.23	0.25	0.24	0.23	0.11
Pb %	nd.	nd.	nd.	11.9	10.9	0.02	0.07
Zn %	9.95	2.5	8.09	7.60	7.50	0.07	0.48
Fe %	42.25	35.75	23.15	26.10	24.00	36.65	47.40
Mn %	0.09	0.25	0.08	0.06	0.06	0.07	nd.
Au	0.12	0.05	0.19	0.01	0.04	0.19	0.17
Ag	5.00	1.20	4.50	8.00	11.40	1.75	3.00

TABLA II. Contenidos geoquímicos en minas de Celrà. (ppm)

	CL-2	CL-3	CL-4	CL-5	PC-9	PC-8	PC-7
Cu	6.00	3.00	9.00	4.00	5.00	14.00	10.00
Pb	2.00	2.00	152	72	2.00	20.00	2.00
Zn	1760	155	701	2840	690	1810	1000
Fe %	43.4	52.9	32.5	44.5	56.8	45.1	36.3
Mn %	1.1	0.8	1.7	1.5	0.1	1.3	0.4
Co	224	191	167	247	51	236	157
Ba	299	376	7720	2430	257	1940	352

PROPOSICION DEL AMBIENTE METALOGENETICO

Mineralizaciones de Sant Martí Sacalm

La naturaleza de los materiales volcánicos (Coladas Piroclásticas), la presencia de niveles exhalativos y el emplazamiento de los cuerpos mineralizados dentro de una secuencia pelítica detrítica con aportes volcánicos. Induce a proponer, para la mineralización polimetálica de Sant Martí Sacalm, un modelo vulcano-sedimentario exhalativo submarino.

La presencia de los materiales volcánicos interestratificados en esta secuencia detrítica, sugiere la existencia de un domo térmico local. Este domo térmico pudo generarse a partir del emplazamiento de intrusiones subvolcánicas características de la zona (Gneises de Les Guilleries). Su emplazamiento se debió producir entre el Cámbrico y el inicio de la orogénesis Hercínica (DURAN, H., 1985).

La existencia de un campo térmico activo, unida a las condiciones de inestabilidad y fracturación que presenta la cuenca sedimentaria, son premisas suficientes para favorecer el desarrollo del conjunto de procesos propios de un fenómeno metalogénico de tipo hidrotermal-exhalativo (HUTCHINSON, R. W., 1973; FINLOW-BA-

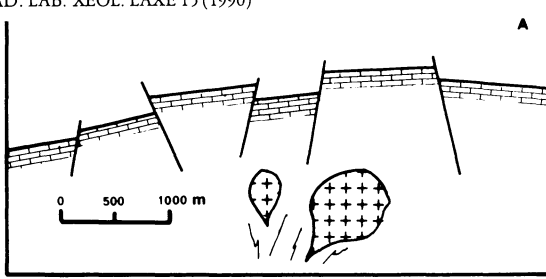
TES, T., 1980; POTTORF, R. J. *et alters*, 1983; POUIT, G. *et alters*, 1983).

El agua marina, al penetrar a través de las fracturas del fondo, se transforma en una solución caliente, clorurada y ácida capaz de reaccionar con el sustrato greso-pelítico, para cargarse en hierro y metales base. Esta reacción genera una circulación convectiva de los fluidos mineralizantes (agua marina transportada y fluidos magmáticos).

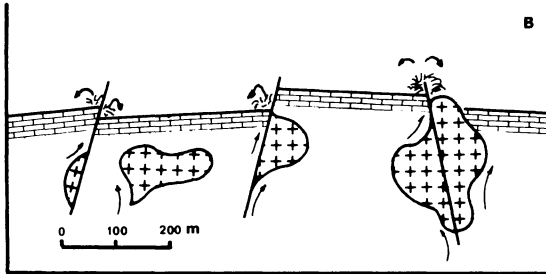
Cuando estos fluidos mineralizantes vuelven a alcanzar el fondo marino, la interacción con el agua de mar (fría, oxigenada y alcalina) produce una serie de cambios físicos que conducen a la precipitación del material exhalítico (Sulfuros y Exhalitas). Estos cambios se reducen básicamente a tres factores:

1. *Cambios de pH y Temperatura:* La mezcla de aguas calientes y ácidas con el agua fría y alcalina del fondo marino, constituye una barrera geoquímica que favorece la precipitación masiva de sulfuros bajo la interfase agua-roca y depósitos exhalíticos sobre el fondo marino.

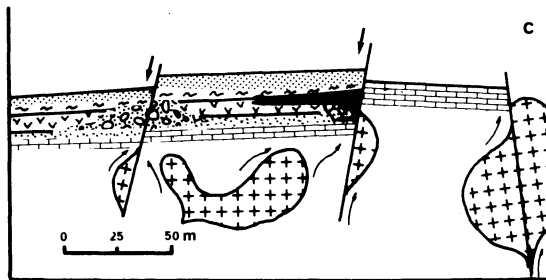
En Sant Martí Sacalm, aparecen depósitos sulfurosos constituidos principalmente por Esfalerita-Pirrotina. Depósitos masivos con esta paragénesis se han reconocido en los ambientes exhalativos actuales de las dorsales oceánicas y se suelen encontrar aso-



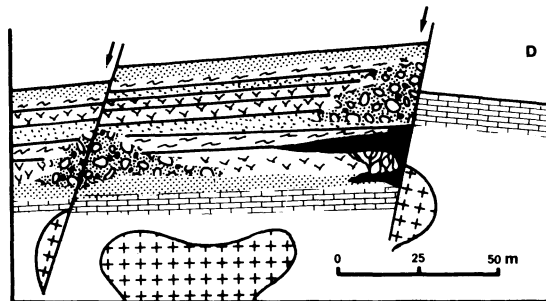
A: Fracturación del zócalo Cambro-Ordovícico bajo régimen distensivo.



B: Emplazamiento de las masas ígneas e inicio de los procesos volcánicos.



C: Deposición de flujos piroclásticos y niveles exhalíticos (cloritas y sulfuros).



D: Colmatación de la cuenca depósito de las secuencias vulcano-sedimentarias finales.







- | | | | |
|---|--------------------------|---|---|
|  | Zócalo Cambro-Ordv. |  | Exhalitas (Cloritas). |
|  | Conglomerados y Piz. |  | Mineralización polimetálica (Sulf.). |
|  | Flujos piroclásticos ác. |  | Rocas ígneas ácidas. (Gneisses Guillerries) |

Fig. 2. Cortes esquemáticos que muestran la sucesión de los principales eventos que conducirán al depósito de las estructuras mineralizadas de Sant Martí Sacalm.

ciadas a las denominadas «Fumarolas Negras» (HAYMON, R. M. *et alters*, 1981).

Por otro lado, también es posible identificar niveles filítico-cloríticos similares a los que existen en otros distritos con sulfuros masivos volcanogénéticos, como ocurre en el sector del Cinturón Pirítico Sud-Ibérico.

2. *Presión y Temperatura*: En un régimen tectónico distensivo, el ascenso de las aguas recalentadas en profundidad se efectúa, generalmente, a través de fracturas. Este ascenso suele ser muy rápido y de tipo adiabático. Bajo estas condiciones, la solubilidad de los sulfuros disminuye bruscamente, siempre y cuando se mantenga una temperatura superior a 350°C (BISCHOFF, J. L., 1980).

3. *Fugacidad de Azufre y Oxígeno*: La repartición de las diferentes fases minerales existentes en Sant Martí Sacalm, indica un aumento progresivo de la fugacidad de Azufre. Este proceso se traduce en la precipitación de Pirita que se superpone a la paragénesis original (FERRER, A. E., 1989).

Este hecho se observa también en el distrito minero Francés de Pierrefitte-Nestales, en el Ordovícico superior de los Pirineos Centrales (DAGALLIER, G., (1981).

Distrito Minero de Celrà

En el sector minero de Celrà se desarrolla una fracturación intensa con dirección WSW-ENE que controla las mineralizaciones.

Estas mineralizaciones presentan una íntima asociación espacial con facies metalogénicas características: Silicificación, Argilitización, Ankeritización-Limonitización y Brechificación.

Por otro lado, la presencia de cuerpos extrusivos de naturaleza calco-alcalina, permite relacionar estos procesos de desestabilización y alteración con los procesos volcánicos ocurridos durante el Ordovícico superior.

Por todo ello, el conjunto de facies metalogénicas observadas, sugiere la existencia de un sistema hidrotermal bastante desarrollado.

El vulcanismo calco-alcalino que se asocia a este sector (generalmente diques y sills), es capaz de generar el suficiente gradiente geotérmico como para desencadenar los mecanismos convectivos propios de un ambiente hidrotermal de este tipo.

Según HENLEY, R. W. (1985), la mayoría de los campos geotérmicos se asocian a estructuras o zonas intensamente fracturadas (sistemas de bloques, formaciones de grabens, rifts o calderas volcánicas). En general, las intersecciones entre fracturas mayores representan los focos hidrotermales mejor desarrollados.

En el sector de Celrà aparece una intensa fracturación en dirección WSW-ENE, en régimen distensivo, que controla la mineralización. Esta fracturación está compuesta por una serie de fallas normales que limitan pequeños bloques estructurales dando una configuración en sistema de grabens.

A medida que las soluciones hidrotermales calientes y ligeramente alcalinas se aproximan a la superficie, se verifica una serie de cambios físico-químicos que controlan directamente los procesos de alteración de la roca de caja:

1. *Separación gas-líquido: Nivel de fragmentación*: A determinados niveles de profundidad, que depende básicamente de la composición del fluido, se verifica la separación entre la fase gaseosa y la fase líquida. Si la concentración de gas en disolución es muy elevada, esta separación puede producirse a niveles bastante profundos y con una violencia apreciable.

Este proceso se inicia con la progresiva nucleación de burbujas de gas (Sulfídrico, Hidrógeno y Metano principalmente) contenido en el fluido. El posterior desarrollo de estas burbujas durante el ascenso se va intensificando hasta alcanzar el denominado nivel de fragmentación. A partir de este

punto, el material que asciende se puede considerar como un gas que se expande de forma adiabática y aumenta progresivamente su velocidad, hasta alcanzar niveles sónicos. La energía de este fluido es, por lo tanto, muy elevada. Se producen entonces las brechificaciones en los materiales que atraviesa este fluido.

2. *Cambios de pH y Temperatura:* Simultáneamente al proceso anteriormente descrito, la mezcla con las aguas superficiales más oxigenadas y frías, produce la oxidación y enfriamiento de los fluidos ascendentes.

Bajos estas circunstancias se produce la precipitación de Cuarzo en los canales de circulación (vetas y niveles pseudo-concordantes) y en la roca de caja (Silicificación).

Igualmente se puede verificar la precipi-

tación de pirita y Sulfuros de Arsénico (Arsenopirita).

CONCLUSIONES

Las mineralizaciones de Sant Martí Sacalm y Celrà presentan una estrecha relación con las manifestaciones volcánicas ácido-intermedias del Ordovícico superior.

En Sant Martí Sacalm (Les Guilleries), la mineralización sulfurosa masiva se asocia a un fenómeno volcánico-exhalativo. Su disposición presenta caracteres singenéticos dentro de una secuencia vulcano-sedimentaria depositada en ambiente submarino somero y bajo condiciones de inestabilidad tectónica.

Por otro lado, las mineralizaciones de Celrà (Les Gavarres) responden a un modelo epitermal ligado a la actividad volcánica del Ordovícico superior.

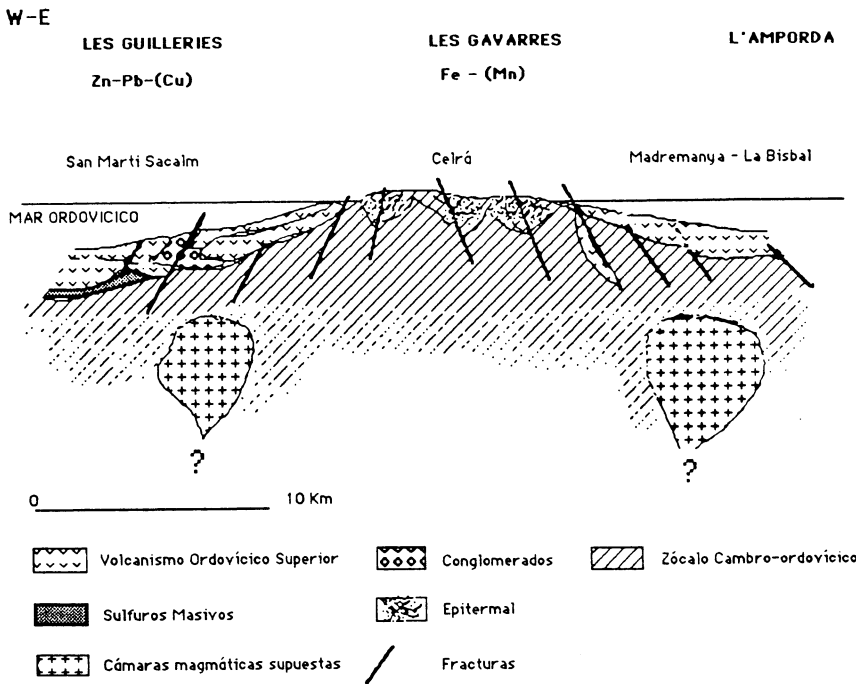


Fig. 3. Corte sintético que representa a la interpretación del contexto metalogénico de las mineralizaciones de San Martí Sacalm y Celrà durante el Ordovícico Superior.

BIBLIOGRAFIA

- AUTRAN, A.; COGNE, J. (1980). La zone interne de l'orogène Varisque dans l'ouest de la France et sa place dans le développement de la chaîne hercynienne. In Géologie de l'Europe du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens. *Mem. BRGM N.º 108*, pp. 90-111.
- BARNOLAS, A.; GARCÍA VELEZ, A.; SOUBRIER, J. (1980). Sobre la presencia del Caradoc en Les Gavarres. *Acta Geol. Hisp. N.º 15 (1)*, pp. 1-13.
- BISCHOFF, J. L. (1980). Geothermal system at 21°N east Pacific rise: Physical limits on geothermal fluid and role of adiabatic expansion. *Science*, vol. 207, pp. 1.465-1.469.
- BRUHN, R.; STERN, CH.; deWIT, M. J. (1978). Field and Geochemical data bearing on the development of a mesozoic volcano-tectonic rift zone and back-arc basin in southern-most South America. *Earth & Planet. Sci. Lett.* 41, pp. 32-46.
- COGNE, J.; WRIGHT, A. E. (1980). L'orogène Cadomien: Vers un essai d'interprétation paléogéodynamique unitaires des phénomènes orogéniques fini-précambriens d'Europe moyenne et Occidentale et leur signification à l'origine de la croûte et du mobilisme varisque puis alpin. In Géologie de l'Europe du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens. *Mem. BRGM. N.º 108*, pp. 29-55.
- DAGALLIER, G. (1981). Environnement volcanosédimentaire et minéralisations de Pierrefitte-Nestlas. *Sci. de la Terre, T. XXIV, N.º 3/4*, pp. 261-366.
- deWITT, J. M.; STERN, C. R. (1981). Variations in the degree of crustal extension during formation of a back-arc basin. *Tectonophysics*, 72, pp. 229-260.
- DURAN, H. (1985). El Paleozoico de Les Guilleries. *Tesis Doc. Univ. Autònoma Barcelona*.
- FERRER MODOLELL, A. E. (1989). El vulcanismo calco-alcalino del Ordovícico superior de los macizos de Les Guilleries y Les Gavarres (Cordilleras Costeras Catalanas, prov. Girona) y sus mineralizaciones asociadas: Mecanismos Eruptivos, Metalogenia y Prospección Geoquímica. *Tesis Doct. Univ. Barcelona*.
- FERRER, A. E.; MARTIN, J. (1989). Caracterización Geoquímica de los depósitos volcánicos del Ordovícico superior de los macizos de Les Guilleries y Les Gavarres (Cordilleras Costeras Catalanas). III. *Congr. Geol. de España. Tomo I*, pp. I/85-I/96.
- FINLOW-BATES, T. (1980). The Chemical and Physical controls on the genesis of submarine exhalative orebodies and their implications for formulating exploration concepts. A review. *Geol. Jb. D.* 40, pp. 131-168.
- HAYMON, R. M.; KASTNER, M. (1981). «Hot spring deposits on the east Pacific rise at 21°N: Preliminary description of mineralogy and genesis». *Earth Planet. Sci. Lett.* 53 pp. 363-381.
- HENLEY, R. W. (1985). «The geothermal framework for epithermal deposits». In Berger & Bethke (Edts.) «Geology and Geochemistry of epithermal systems». *Rev. in Econ. Geol.* vol. 2.
- HUTCHINSON, R. W. (1973). «Volcanogenic Sulphide deposits and their metallogenic significance». *Econ. Geol.* vol. 68, pp. 1.223-1.246.
- JULIVERT, M.; MARTINEZ, F. J. (1980). «The Paleozoic of the Catalonian Coastal Ranges (North Western Mediterranean)». *Newsletter*, 2, pp. 124-128.
- NAVIDAD, M.; BARNOLAS, A. (1988). «El vulcanismo ordovícico del área de los Catalánides». In «Paleovolcanismo no macizo hespérico peninsular». *X Reunión de Xeol. Min. do NO. Pen. 24-26 Nov. 1988. Lab. Xeol. Laxe, Resumes*, pp. 27-29.
- POTTORF, R. J.; BARNES, H. L. (1983). «Mineralogy, Geochemistry and ore genesis of hidrothermal sediments from the Atlantis II deep Red Sea». In Ohmoto & Skinner (Edts.) «The Kuroko and related volcanogenic massive sulfide deposits». *Econ. Geol. Mon.* 5, pp. 198-223.
- POUIT, G.; BIGOT, M.; DELFOUR, J.; MILESI, J. P.; PICOT, P. (1983). «Les minéralisations actuelles et anciennes: l'exemple de la mer Rouge». *Doc. BRGM, N.º 52*, pp. 1-62.

Recibido, 14-II-90

Aceptado, 20-IV-90