

o es una caldera normal desde luego no pasiva o una cuenca sedimentaria con actividad volcánica asociada.

**Respuesta.**—En efecto, las cuencas tardihercínicas de Malpás, Cadí y Campellas presentan claras evidencias de haberse comportado como calderas volcánicas durante algunos estadios de su evolución. En este sentido, además de los argumentos expuestos en este trabajo, es importante señalar que los volúmenes de materiales volcánicos (predominantemente piroclásticos) calculados para las cuencas de Malpás y del Cadí son del orden de los 4.000 km<sup>3</sup>. Estos importantes volúmenes corresponden básicamente a los materiales volcánicos emplazados durante la fase de caldera, sin que a ésta se encuentre asociado, prácticamente, ningún depósito sedi-

mentario. La mayoría de las grandes calderas volcánicas de colapso se han originado como consecuencia directa de importantes procesos volcánicos explosivos ligados generalmente a la emisión de importantes volúmenes de ignimbritas, sin que haya sido necesaria la existencia de una estructura subsidente previamente definida. En el caso de las cuencas tardihercínicas del Pirineo Catalán su dinámica como calderas volcánicas de colapso puede, efectivamente, haber sido de este tipo. Sin embargo, hemos podido comprobar que antes de que estas cuencas se comportasen como calderas volcánicas existía ya una estructura subsidente, sin volcanismo asociado, que permitió la deposición de los primeros materiales detríticos tardihercínicos. Asimismo, las cuencas del Cadí y de Malpás funcionaron también como cuen-

cas sedimentarias una vez finalizada la fase de caldera, depositándose en la primera más de 2.000 m de sedimentos pérmicos. Por esta razón hemos aplicado el término de caldera volcánica pasiva en el sentido de que la subsidencia de la cuenca está ligada al proceso tectónico que la genera y que, por tanto, no depende exclusivamente del volcanismo, sino que éste solamente la acelera en un determinado momento.

En cuanto a la posible forma de estas cuencas, aunque es difícil valorarla correctamente debido a la disposición que presentan actualmente los afloramientos, creemos que se trataba de formas más o menos elípticas, coincidiendo los ejes mayores con los afloramientos continuos de dirección E-W que hemos estudiado.

## Presencia de una paragénesis Cu-Ni-Co-U-As-S en la zona cantábrica: la Mina Profunda (Cármenes-León)

**A. Paniagua.** Departamento Geología. Universidad. Arias de Velasco, s/n. 33080 Oviedo.  
**L. S. Rodríguez-Pevida.** B. P. Minera España, S. A. Cardenal Cisneros, 9, 1º D. 24009 León.  
**L. Garzón.** Laboratorio Energía Nuclear. Universidad. Independencia, 13. 33080 Oviedo.  
**J. M. Pérez.** Laboratorio Energía Nuclear. Universidad. Independencia, 13. 33080 Oviedo.  
**A. Quintana.** Laboratorio Energía Nuclear. Universidad. Independencia, 13. 33080 Oviedo.

### ABSTRACT

*The Profunda Mine is an epithermal, carbonate-hosted ore deposit located between late-hercynian faults, showing a remarkable supergenic alteration. This is the first significant evidence of uranium in the Cantabrian Zone.*

Paniagua, A.; Rodríguez-Pevida, L. S.; Garzón, L.; Pérez, J. M., y Quintana, A. (1987): Presencia de una paragénesis Cu-Ni-Co-U-As-S en la zona cantábrica; la Mina Profunda (Cármenes-León). *Geogaceta*, 2, 22-24.

**Key words:** *Uranium, copper, cobalt, nickel, Cantabrian Zone, epithermal ore deposit.*

### Introducción

La Mina Profunda (Cármenes, norte de León) fue descubierta en 1859 y se mantuvo como explotación de Cu, Ni y Co hasta 1930 (Hernández Sampelayo, 1932), siendo durante su apogeo la mayor productora de cobalto de España.

Geológicamente la mina está situada en la rama sur de la Zona Cantábrica, dentro de la Unidad de Pliegues y Mantos (Julivert, 1971). La mineralización forma parte de un conjunto de indicios de Cu, Ni y Co distribuidos en un frente de más de

50 km inmediatamente al sur de la Falla de León, una importante fractura de dirección predominante E-W, de edad tardihercínica. El cuerpo mineral del yacimiento está controlado litológicamente por una potente formación carbonatada de edad Namuriense, la Caliza de Montaña. El yacimiento se emplaza en la intersección de dos sistemas de fracturas, el más antiguo, de dirección E-W, y el más reciente de dirección NW-SE (fig. 1). El cuerpo mineral tiene un desarrollo marcadamente subvertical, presentando una fuerte alteración supergénica acompañada de procesos cársticos.

### Síntesis mineralógica y paragenética

Sobre un amplio muestreo del yacimiento se ha hecho un estudio por microscopía óptica y electrónica, difracción y fluorescencia de rayos X, microanálisis electrónico y espectroscopia de emisión gamma. Los resultados muestran la presencia de al menos 58 especies minerales, en una mineralización que presenta importantes cantidades de Cu, Ni, Co, Fe, U, S y As, acompañados por Zn, Pb, Sn, V, Ag, Au, Bi y Ge como elementos menores. Estos minerales se distribuyen de acuerdo con cuatro episodios fundamentales (fig. 2).

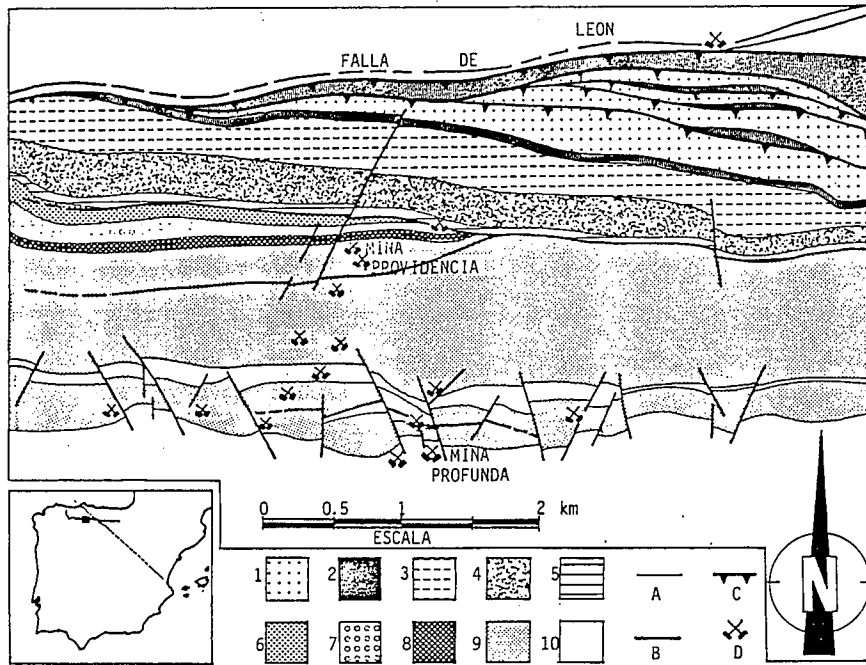


Fig. 1.—Esquema geológico del área de Cármenes (León): (1) Fm. Herrería; (2) Fm. Láncara; (3) Fm. Oville; (4) Fm. Barrios; (5) Fm. Formigoso; (6) Fm. San Pedro; (7) Fm. La Vid; (8) Fameniense-Viseense (varias formaciones); (9) Namuriense (Fm. Caliza de Montaña); (10) Westfaliense-Estefaniense (varias Fms.). (A) Contacto normal; (B) Falla; (C) Cabalgamiento; (D) Labor minera (según Paniagua, 1984).

sodio se acompaña de una intensa silicificación en algunas zonas.

El tercer episodio viene marcado por dos hechos: el predominio de sulfuros de cobre y hierro y la presencia significativa de minerales primarios de uranio. Los minerales característicos de este episodio son la calcopirita,  $CuFeS_2$ ; la talnakhita,  $Cu_9Fe_8S_{16}$ ; la bornita,  $Cu_5FeS_4$ ; la X-bornita,  $Cu_{5-x}Fe_{1-y}S_{4+x+y}$ , y la uraninita,  $UO_2$ , acompañados en menor proporción por renierita,  $Cu_3(Fe, Zn, Ge)(S, As)_4$ ; colusita,  $Cu_3(As, Sn, V)S_4$ , y tucholita (mezcla de  $UO_2$  y materia orgánica).

Estos tres episodios constituyen el estadio hipogénico de la mineralización. Sobre él se desarrolla una importante alteración supergénica, con sulfuros de cobre, cobre nativo y withneyita,  $Cu_xAs_{1-x}$ ; óxidos y arseniatos de cobalto, níquel y cobre; carbonatos y arseniatos de cobre, uranio, calcio y magnesio, y un silicato de uranio, la cuprosklodowskita,  $Cu(UO_2)_2(SiO_3OH)_2 \cdot 5H_2O$ . Cuantitativamente el estadio supergénico es el más importante en la zona accesible del yacimiento.

**Génesis del yacimiento**

Nos encontramos ante una mineralización claramente condicionada por la actividad tectónica y de carácter esencialmente epitermal en su estadio hipogénico. El conjunto del cuerpo mineral está emplazado en una zona de brechificación entre fracturas subverticales, con procesos de endocarstificación hidrotermal, dolomitización y silicificación. Se observa frecuentemente la presencia de texturas cataclásticas en los minerales hipogénicos, anisotropía inducida por tensión, maculado de origen mecánico (kink-bands) entre calcopirita, talnakhita y bornita. La presencia de bravoita, talnakhita y X-bornita, cuyos umbrales superiores de estabilidad térmica se sitúan en 137°C, 186°C y 125°C (Vaughan y Craig, 1978), indican condiciones entre diagenéticas y epitermales para toda la mineralización primaria. Los reemplazamientos alternativos entre X-bornita y la asociación calcopirita + talnakhita + X-bornita sugiere oscilaciones de temperatura en torno a los 125°C, al menos en el tercer episodio de la mineralización hipogénica. Los análisis de inclusiones fluidas realizados en otro yacimiento

MINERALES	TIEMPO	ESTADIO EPISODIO	HIPOGENICO			SUPERGENICO
			1	2	3	4
Disulfuros.....			FR	FR	FR	
Siegenita.....						
Sulfoarseniuros Ni-Co...						
Tennantita-Freibergita..						
Calcopirita-Talnakhita...						
Bornita.....						
X-Bornita.....						
Uraninita-Pechblenda....						
Renierita-Colusita.....						
Sulfuros supergénicos...						
Cobre-Withneyita.....						
Oxidos y Oxisales.....						
Dolomita.....						
Cuarzo.....						
Calcita.....						
ASOCIACIONES PRINCIPALES			Cu-Ni-Co-S Ni-Co-Fe-S	Co-Ni-(Au) Ag-As-Cu	Cu-Fe-UO <sub>2</sub> -As (V-Sn)	Cu-Ni-Co-Fe-UO <sub>2</sub> -As-S (Au-Ag)

Fig. 2.—Secuencia de cristalización en La Mina Profunda, simplificada. FR: Fracturación.

El primer episodio está constituido por la fracción de sulfuros más ricos en azufre. Este episodio se acompaña de una importante dolomitización que se inicia antes de la aparición de los primeros sulfuros. Los sulfuros presentes en este episodio son: villamaninita,  $(Cu, Ni, Co, Fe)S_2$ ; bravoita,  $(Ni, Co, Fe)S_2$ ; pirita,  $FeS_2$ , y, como minerales

más tardíos, siegenita cuprífera,  $(Ni, Co)_2(Cu, Fe)S_4$ , y marcasita,  $FeS_2$ .

El segundo episodio está caracterizado por la presencia de sulfoarseniuros acompañados de cuarzo. Los minerales más importantes en este episodio son la serie cobaltita-gersdorffita,  $(Co, Ni)AsS$ , y la tennantita,  $Cu_{12}As_4S_{13}$ , algo más tardía. Este epi-

similar de Cu, Ni y Co, la Mina del Aramo (Riosa, Asturias), muestran temperaturas de homogeneización entre 80°C y 170°C, con un máximo de temperaturas medidas entre 120°C y 125°C, lo que concuerda con estos datos.

La abundancia de disulfuros metaestables en el primer episodio está en consonancia con el carácter hipersalino y bituminoso de la roca encajante, capaz de general altas fugacidades de azufre (González-Lastra, 1978). La presencia de marcasita en la mineralización hipogénica indica una acidización del medio.

En conjunto se puede considerar la mineralización como el resultado de

la interacción entre fluidos de carácter ácido y origen profundo, con un medio alcalino y reductor, posibilitando la precipitación cíclica, esencialmente en forma de sulfuros, de un importante stock metálico. La morfología del yacimiento, tanto como el carácter carbonatado de la roca encajante favorecen la penetración posterior y en profundidad, de aguas meteóricas, desarrollando así una importante alteración supergénica.

Los análisis por microsonda electrónica han sido realizados en el C.I.D.A. de Cristalografía Española, S. A. Este trabajo se ha desarrollado en parte gracias a una Beca de Investigación de la Junta de Castilla y León.

#### Referencias

- González-Lastra, J. (1978): *Trab. Geol. Univ. Oviedo*, 10, 249-265.
- Hernández-Sampelayo, P. (1932): *Not. y Com.*, IGME., 4, 104-105.
- Julivert, M. (1971): *Am. J. Sci.*, 270, 1-29.
- Paniagua, A. (1984): *Estudio de los disulfuros complejos del grupo de la pirita en una de sus localidades tipo: la mina Providencia (Cármenes-León)*. Tesis Lic. Univ. Oviedo.
- Vaughan, D. J. y Craig, J. R. (1978): *Mineral chemistry of metal sulfides*. Cambridge University Press.

Recibido el 10 de febrero de 1987  
Aceptado el 17 de febrero de 1987

## Paleobiogeographical aspects of the Ordovician mediterranean faunas

J. C. Gutiérrez Marco. Departamento de Paleontología e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Universidad Complutense. 28040 Madrid.

I. Rábano. Departamento de Paleontología e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Universidad Complutense. 28040 Madrid.

#### ABSTRACT

*The distribution of the faunas and sediments of mediterranean character is related to paleogeographical aspects (epicratonic seas at high latitudes surrounding the Gondwanan continent) as well as to global transgressive-regressive cycles which, together with some oceanic currents, facilitated the interprovincial dispersal of certain characteristic elements throughout several epochs of the Ordovician Period.*

#### RESUMEN

*La distribución de las asociaciones fosilíferas de «tipo mediterráneo» está relacionada con factores paleogeográficos (mares epicratónicos de latitudes elevadas próximos al continente de Gondwana) y con los ciclos globales de transgresión-regresión que, combinados con las corrientes marinas, facilitaron la dispersión interprovincial de algunos elementos característicos a lo largo de diversas etapas del Período Ordovícico.*

Gutiérrez Marco, J. C. and Rábano, I. (1987): Paleobiogeographical aspects of the Ordovician mediterranean faunas. *Geogaceta*, 2, 24-26.

**Key words:** *Ordovician, paleobiogeography, faunal dynamics, Gondwanaland.*

According to modern palinspastic reconstructions based on paleomagnetic data, a large part of western and central Europe, eastern Newfoundland-Nova Scotia (Acadia, Avalonia) and the Appalachian Piedmont were assembled during the Ordovician Period as «íbero-armorican» cratonic blocks or microplates (2), closely associated at

high southern latitudes with the southernmost margin of the Gondwanan continent (fig. 1). This area was characterized by the predominance of clastic sediments, often enriched in iron compounds, and by the virtual absence of well developed limestones. The faunas of the whole area are also closely related and are considered as

of the cold-water type, belonging to the *Selenopeltis* province of trilobites, Atlantic province of epiplanktonic graptolites, Anglo-French, Celtic and Bohemian subprovinces of the European brachiopod realm, as well as to the Northatlantic conodont realm (6, 9). The inshore faunal communities of the Mediterranean Ordovician are