

## Nota sobre una localidad con pirita (Santa Creu d'Olorde, Barcelona)

por RAMÓN VAQUER NAVARRO\* y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS\*\*

### RESUMEN

Se estudia la situación geológica y las características de yacimiento de una localidad con pirita (Santa Creu d'Olorde, Barcelona). Las muestras mineralógicas y petrológicas son estudiadas mediante las técnicas de luz reflejada, difracción y espectrografía por fluorescencia de rayos X.

### RÉSUMÉ

On étudie la situation géologique et les caractéristiques de gisement d'une localité avec pyrite (Santa Creu d'Olorde, Barcelona). Les échantillons ont été étudiés au moyen des techniques de lumière réfléchie, diffractométrie et spectrographie par fluorescence des rayons X.

### SITUACIÓN GEOLÓGICA

El yacimiento, situado a 330 m sobre el nivel del mar, se halla ubicado al W del Puig de la Creu (435 m) y equidistante de este vértice y de Can Farrés. Las mineralizaciones se encuentran en un frente de cantera para cemento, abandonado (fig. 1).

La pirita está en el seno de pizarras ampelíticas, más o menos grafitosas, que constituyen pequeñas cuñas incluidas en la serie de calizas que forman la parte superior del Puig de la Creu. Su posición se explica teniendo en cuenta su plasticidad y pueden interpretarse como pequeñas escamas deslizadas en los planos de calgamiento de las calizas (1) (2) (3) (5) (6) (11) (12) (17) (fig. 1).

La edad de las calizas, muy discutida, se sitúa encima del Landoverly y Tarannon, ya que éstos, inmediatamente debajo de Can Farrés, han sido perfectamente determinados gracias a su fauna graptolítica (19). Tanto si se consideran devónicas como silúricas, parcial o totalmente, es innegable que existen, por lo menos, dos discordancias angulares.

En cuanto a la edad de las pizarras ampelíticas, éstas son inferiores y se incluyen en el Silúrico.

### DISPOSICIÓN DE LAS MINERALIZACIONES

La pirita se encuentra formando pequeños horizontes en el interior de las pizarras ampelíticas. Su potencia va desde fracciones de milímetro hasta un centímetro. Para su observación microscópica se utilizó el método de luz reflejada. Para ello las muestras se incluyeron en Bakelite Powder de Buehler Ltd., y fueron sometidas a pulido sobre paños, utilizando como abrasivo alúmina de granulometría 5,0  $\mu$ , 0,4  $\mu$  y 0,05  $\mu$  (7) (10). Para la microfotografía se utilizó el Tessoovar de Zeiss, y cámara y film Polaroid.

Se observa perfectamente (fig. 2) que los planos de la mineralización forman con los planos de esquistosidad un ángulo que oscila alrededor de los 22°. En su contacto con las pizarras ampelíticas, el borde de la mineralización presenta una serie de irregularidades que siguen ligeramente la dirección de la esquistosidad.

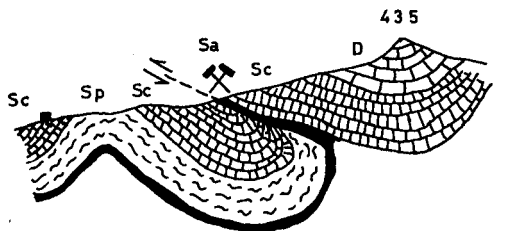
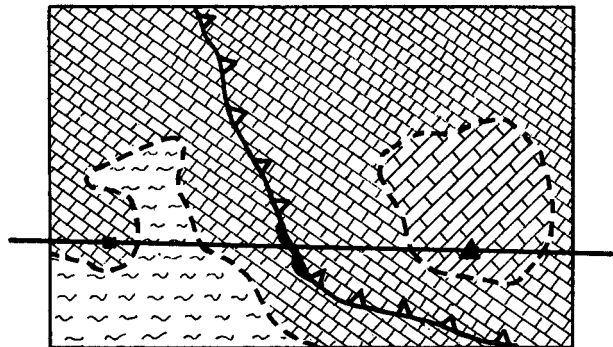
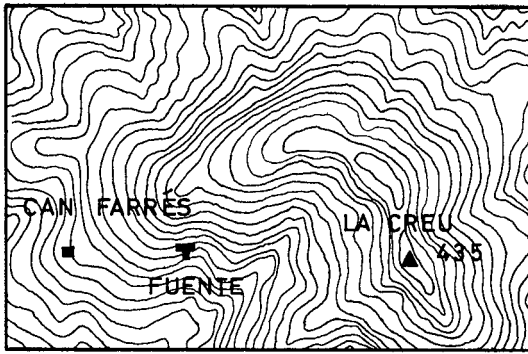
Tal como ocurre corrientemente, la mineralización se halla adaptada a la estratificación que presentaba la roca con anterioridad a los procesos metamórficos, habiéndose formado precisamente en virtud de los mismos durante la orogénesis herciniana. Lo muy poco afectada que aparece la mineralización por la dirección de la esquistosidad, indica que la primera debió engendrarse en una fase muy tardía de la orogénesis. No se formaron nuevas mineralizaciones posteriormente, ya que no aparecen ni horizontes ni nódulos adaptados a los planos de esquistosidad.

### ESPECIES MINERALES

Hemos utilizado el método del polvo cristalino para la determinación de las diferentes especies minerales existentes, tanto en las mineralizaciones como en las pizarras que constituyen el techo y el yacente.

\* Departamento de Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Barcelona.

\*\* Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, Universidad de Barcelona. Sección de Mineralogía, Instituto "Jaime Almera", C.S. de I.C., Barcelona.



- D DEVÓNICO: CALIZAS
- Sc SILÚRICO: CALIZAS
- Sp SILÚRICO: PÍZARRAS ARCÍLOSAS
- Sa SILÚRICO: AMPELITAS

(modificado de ASHAUER y TEICHMÜLLER)



FIG. 1

La investigación se realizó con un difractor Philips (14) PW 1010, equipado con un tubo PW 1016 con ánodo de Cu, goniómetro vertical PW 1050 y panel electrónico registrador PW 1057.

En las diversas determinaciones se utilizaron las siguientes condiciones de trabajo: contador proporcional PW 1065/10; filtro, Ni; KV, 40; mA, 20;

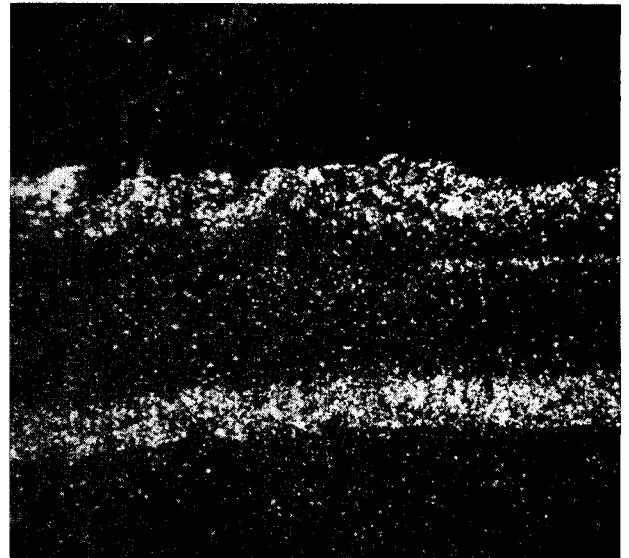


FIG. 2.— Sección pulida del contacto de la mineralización con las pizarras ampelíticas (12,8 X) (Zeiss-Tessovar, cámara y film Polaroid).

TC, 4; RM, techo e yacente, 8·1; RM, mineralización, 16·1; ventanas, de 4° a 18°, 1/2°—0.1 mm —1/2°; ventanas, de 18° en adelante, 1°—0.1 mm —1°.

Todas las muestras analizadas pertenecientes a cada uno de los tres grupos (techo, mineralización, yacente) dieron idéntico resultado. Para las determinaciones se han utilizado las tablas publicadas por Philips (15) y las fichas ASTM (18) (ver tablas, I, II y III). De todo ello vemos la existencia de las siguientes especies minerales:

- Techo: Moscovita  $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH, F)_2$
- Cuarzo  $SiO_2$
- Mineralización: Pirita  $FeS_2$
- Cuarzo
- Yacente: Moscovita
- Cuarzo
- Pirita.

La reducida cantidad de pirita que se halla en el yacente se encuentra diseminada, sin formar capas ni nódulos de mineralización.

#### ELEMENTOS MENORES

Para la determinación cualitativa de los elementos menores se ha empleado un espectrógrafo de rayos X Philips Universal de vacío, tipo PW 1540, de goniómetro vertical y registro automático.

TABLA I  
 D-659/5 Santa Creu d'Olorde: TECHO

Diag. Obtenido	Diag. ASTM	Diag.	ASTM	$\Delta$ d
d $\text{\AA}$	d $\text{\AA}$	d $\text{\AA}$	I/I <sub>0</sub>	
9.94		9.95	95	.01
4.984		4.97	31	-.014
4.462		4.47	21	.008
4.25	19	4.30	4	.01; .05
		4.11	4	
3.952	2	3.95	6	-.002
3.867	3	3.882	14	.015
		3.731	17	
3.507	1	3.489	22	-.018
3.404	2			
3.339	100	3.343	100	{ 3.342 23 .004; } .003
		3.320	100	{ 3.320 100 -.019
3.243	2			
3.198	1	3.199	28	.001
3.121	2	3.122	2	.001
2.988	2	2.987	34	-.001
2.8580	2	2.859	24	.0010
2.7970	1	2.789	21	-.0080
2.7060	6			
		2.596	16	
2.5705	7	2.566	54	-.0045
2.5015	1	2.505	7	.0035
		2.491	14	
		2.465	8	
2.4550	7	2.405	7	.0030; -.0050
2.4175	1	2.398	10	-.0185
		2.384	27	
2.2815	5	2.282	12	.0005
		2.254	9	
2.2380	2	2.236	4	-.0010; -.0020
2.2115	3	2.208	7	-.0035
		2.189	4	
		2.149	15	
2.1270	5	2.132	21	.0010; .0050
		2.070	4	
		2.053	6	
1.9976	7	1.993	46	-.0046
1.9770	4	1.972	9	.0030; -.0050
		1.951	6	
		1.941	3	
1.9142	2	1.894	2	
		1.871	3	
1.8174	10	1.822	3	-.0004; .0046
		1.746	3	
		1.731	8	
		1.710	5	
		1.704	5	
		1.699	4	
1.6724	3	1.672	7	-.0004
1.6668	3	1.659	3	-.0068; -.0048
1.6530	1	1.646	23	-.0070
1.6340	4	1.631	6	-.0030
		1.620	6	
		1.608	<1	
1.6028	1	1.603	6	.0002
		1.573	3	
		1.559	7	
1.5418	6	1.541	3	-.0008; -.0008
		1.524	11	
1.5034	3	1.504	30	.0006
		ASTM 5-0490	ASTM 6-0263	
		Cuarzo	Moscovita	

TABLA II  
 D-13/5 Santa Creu d'Olorde: MINERALIZACIÓN

Diag. Obtenido	Diag. ASTM	Diag.	ASTM	Diag.	ASTM	$\Delta$ d
d $\text{\AA}$	d $\text{\AA}$	d $\text{\AA}$	I/I <sub>0</sub>	d $\text{\AA}$	I/I <sub>0</sub>	
				4.26	35	
3.347	10			3.343	100	-.004
3.131	27	3.128	36			-.003
2.7060	100	2.709	84			.0030
2.4265	46	2.423	66	2.458	12	-.0035; -.0315
2.2870	3			2.282	12	-.0050
				2.237	6	
2.2117	37	2.2118	52			.0001
2.1365	3			2.128	9	-.0085
				1.980	6	
1.9176	29	1.9155	40			-.0021
1.7744	3			1.817	17	.0426
				1.801	1	
				1.672	7	
				1.659	3	
1.6340	60	1.6332	100	1.608	1	-.0008
				1.5656	9	-.0016
		1.5640	100	1.541	15	.0010; -.0220
1.5630	7					-.0029
1.5054	10	1.5025	20	1.453	3	-.0060; -.0022
1.4508	14	1.4448	24	1.418	1	
				1.382	7	
				1.375	11	
1.3560	3			1.372	9	0.16
				1.288	3	
1.2664	1			1.256	4	-.0104
1.2438	4	1.2427	12			-.0011
1.2262	3			1.228	2	.0018
1.2119	6	1.2113	14			-.0006
				1.1997	5	
				1.1973	2	
1.1821	6	1.1823	7	1.1838	4	.0002; .0017
		ASTM 6-0710	ASTM 5-0490			
		Pirita	Cuarzo			

Se han utilizado las siguientes condiciones de trabajo: ánodo, Cr; contador, de flujo; KV, 40; mA, 24; TC, 2; RM, 32.1; cristal analizador, EDDT (16); tipo análisis, VAC.

Todos los espectrogramas correspondientes a muestras de cada uno de los tres grupos (techo, mineralización, yacente) dieron idéntico resultado. Los tres tipos se hallan reproducidos en la fig. 3. Se identifican las siguientes rayas:

$1 K_{\alpha}Al$  [7],  $1 K_{\alpha}Si$  [6],  $1 K_{\alpha}S$  [4],  $1 K_{\alpha}Cl$  [3],  $1 K_{\alpha}K$  [2],  $1 K_{\alpha}Ca$  [1],  $1 K_{\beta}Ca$  [pp],  $1 K_{\alpha}Ti$  [nn],  $1 K_{\alpha}V$  [mm],  $1 K_{\beta}V$  [kk],  $1 K_{\alpha}Mn$  [hh],  $1 K_{\alpha}Fe$  [gg],  $1 K_{\beta}Fe$  [ee],  $1 K_{\alpha}Ni$  [dd],  $1 K_{\alpha}Cu$  [bb],  $2 K_{\alpha}Cu$  [qq],  $1 K_{\beta}Cu$  [y],  $1 K_{\alpha}Zn$  [aa],  $1 K_{\alpha}As$  [x],  $1 K_{\beta}As$  [t],  $1 K_{\alpha}Rb$  [p],  $2 K_{\alpha}Rb$  [ff],  $1 K_{\beta}Rb$  [m],  $1 K_{\alpha}Sr$  [o],  $1 K_{\alpha}Zr$  [l],  $2 K_{\alpha}Zr$  [cc],  $1 K_{\alpha}Nb$  [j],  $1 K_{\beta}Nb$  [g],  $1 K_{\alpha}Mo$  [i],  $2 K_{\alpha}Mo$  [z],  $3 K_{\alpha}Mo$  [ii],  $1 K_{\beta}Mo$  [f],  $1 K_{\alpha}Sb$  [d],  $2 K_{\alpha}Sb$  [q],  $1 K_{\beta}Sb$  [c],  $2 K_{\beta}Sb$  [n],  $1 K_{\alpha}Ba$  [b],  $2 K_{\alpha}Ba$  [k],  $3 K_{\alpha}Ba$  [u],  $1 K_{\beta}Ba$  [a],  $2 K_{\beta}Ba$  [h],  $3 K_{\beta}Ba$  [s],  $1 L_{\alpha}Ba$  [oo],  $1 L_{\beta}Ba$  [ll],  $1 L_{\gamma}Ba$  [jj],  $1 L_{\alpha}Pb$  [v],  $1 L_{\beta}Pb$  [r]. Se ha comprobado la inexistencia de la  $1 K_{\alpha}P$  [5].

TABLE III  
D-502/5 Santa Creu d'Olorde: YACENTE

Diag. dÅ	Obten. I/I <sub>0</sub>	Diag. dÅ	ASTM I/I <sub>0</sub>	Diag. dÅ	ASTM I/I <sub>0</sub>	Diag. dÅ	ASTM I/I <sub>0</sub>	Δ d	
9.94	47					9.95	95	.01	
4.983	16					4.97	31	-.013	
4.484	4					4.47	21	-.014	
						4.30	4		
4.25	18	4.26	35					.01	
4.152	1					4.11	4	-.042	
4.005	1					3.95	6	-.055	
3.875	2					3.882	14	.007	
3.738	2					3.731	17	-.007	
3.500	2					3.489	22	-.011	
3.339	100	3.343	100			3.342	23	.004; } .003	
3.209	1					3.320	100	-.019	
3.126	2			3.128	36	3.199	28	-.010	
2.988	2					3.122	2	.002; -.004	
2.8670	1					2.987	34	-.001	
2.7970	1					2.859	24	-.0080	
2.7060	5			2.709	84	2.789	21	-.0080	
2.5920	3							.0030	
2.5635	3					2.596	16	.0040	
2.5015	1					2.566	54	.0025	
						2.505	7	.0035	
2.4550	6	2.458	12			2.491	14	-.0105	
						2.465	8	.0003; } .0100	
						2.450	7	-.0050	
2.4235	2			2.423	66	2.398	10	-.0005	
2.3860	1					2.384	27	-.0020	
2.2815	7	2.282	12					.0005	
						2.254	9		
2.2330	2	2.237	6			2.236	4	.0040; .0030	
2.2120	2			2.2118	52	2.208	7	-.0002; -.0040	
						2.189	4		
						2.149	15		
2.127	5	2.128	9			2.132	21	.001; .005	
						2.070	4		
						2.053	6		
2.0018	4					1.993	46	-.0088	
1.9810	3	1.980	6			1.972	9	-.0010; -.0090	
						1.951	6		
						1.941	3		
1.9178	2			1.9155	40	1.894	2	-.0023; -.0238	
						1.871	3		
1.8173	10	1.817	17			1.822	3	-.0003; .0047	
						1.746	3		
						1.731	8		
						1.704	5		
						1.701	5		
						1.699	4		
1.6723	3	1.672	7					-.0003	
1.6694	2							.0026	
1.6612	1			1.659	3			-.0022; .0008	
1.6474	1						1.662	11	
1.6340	4			1.6332	100	1.646	23	-.0014	
1.6313	4								-.0008
								1.631	6
		1.608	1			1.620	6		
						1.603	6		
1.5512	1					1.573	3		
1.5417	7	1.541	15	1.5640	14	1.559	7	.0128; .0078	
1.5033	3					1.541	3	-.0007; -.0007	
1.4507	2	1.453	3	1.5025	20	1.504	30	-.0008; .0007	
				1.4448	24	1.453	4	.0023; -.0059; .0023	
		1.418	<1			1.424	1		
						1.414	1		
1.3822	3	1.382	7			1.388	1	-.0002; .0058	
1.3750	5	1.375	11			1.375	2	.0000; .0000	
1.3732	6	1.372	9					-.0012	
		ASTM 5-0490		ASTM 6-0710		ASTM 6-0263 6-0264			
		Cuarzo		Pirita		Moscovita			

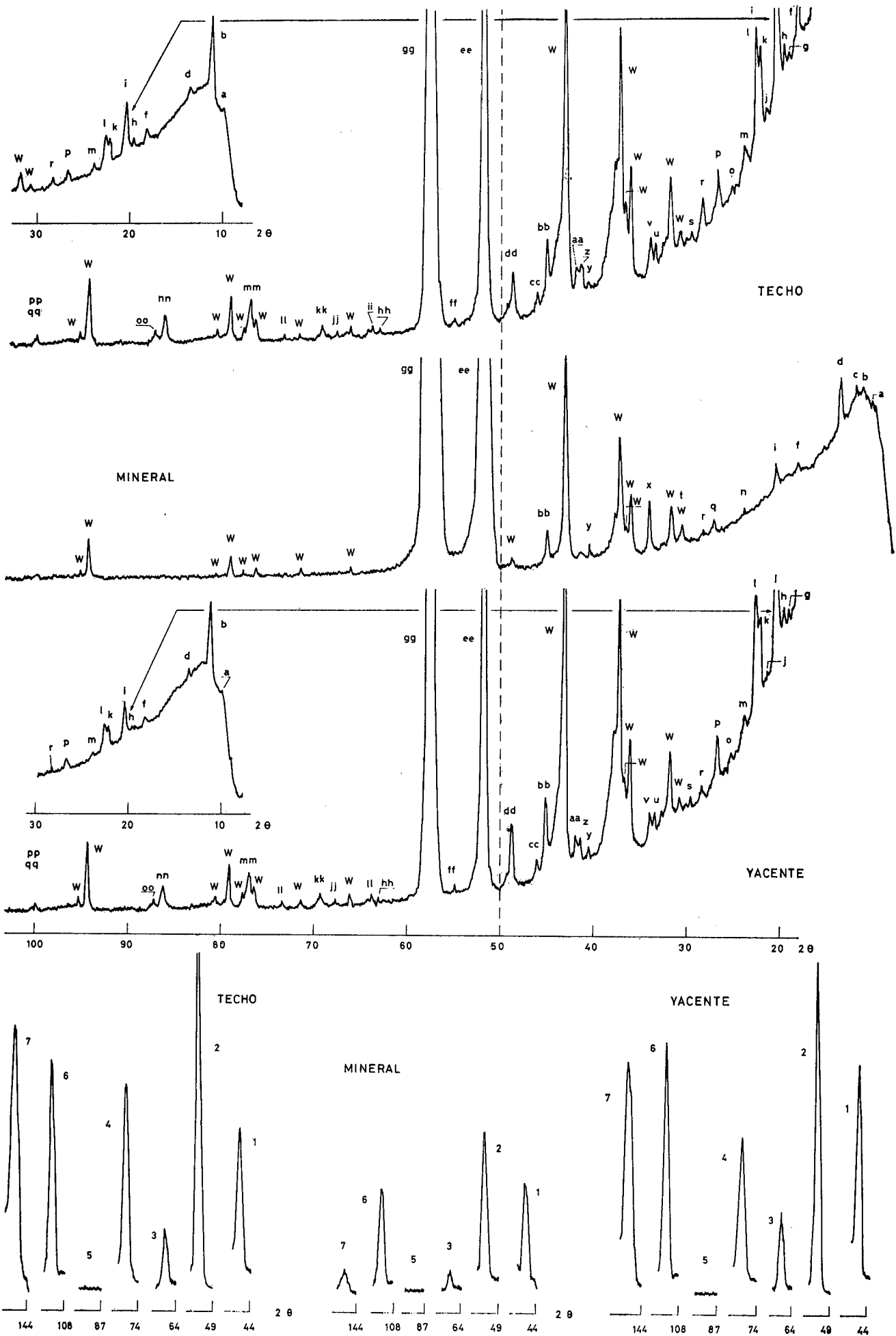


FIG. 3

El S puesto de manifiesto en el techo y en el yacente es debido a la presencia de pirita diseminada (detectable en el yacente y por debajo de la sensibilidad difractiva en el techo). El As, asociado al S, sólo se encuentra en la mineralización y no en el techo ni en el yacente, lo cual es índice del muy bajo contenido de pirita existente fuera de las zonas de mineralización. Algo parecido puede decirse del Sb, del que se detectaron las rayas 1  $K_{\alpha}$ , 2  $K_{\alpha}$ , 1  $K_{\beta}$  y 2  $K_{\beta}$  en la mineralización y únicamente la 1  $K_{\alpha}$  en el techo y el yacente.

El Mo es un elemento claramente siderófilo y algo menos calcófilo, no siendo evidentemente litófilo. Su contenido medio en las pizarras es de 1 ppm, pero en las pizarras carbonosas y piritosas se han encontrado cantidades de hasta 100 ppm (4) (8) (9).

Elementos como Al, Si, K y Ca detectados en la mineralización, son debidos a los silicatos que la acompañan como impureza, en cantidad que se halla por debajo de la sensibilidad difractiva.

La presencia de Ni, Zn y Pb en las pizarras de techo e yacente, es resultado de su localización preferencial en rocas carbonatadas y facies reductoras, a veces con betunes y restos carbonosos (13).

Posteriormente a las citadas determinaciones, se procedió a una separación con bromoformo, obteniéndose una fracción pesada y una fracción ligera, tanto de la mineralización como de los materiales del techo e yacente. Las fracciones obtenidas fueron nuevamente analizadas por espectrografía de fluorescencia de rayos X.

El Sb se concentró en la fracción pesada de la mineralización, lo cual pone de manifiesto que se halla totalmente contenido en la pirita. Sr, Zr y Ba aparecieron concentrados en la fracción ligera de techo y yacente, debido a que se hallan ligados a los silicatos.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. ALMERA, J.: Región primera. *Mapa Geológico y topográfico de la provincia de Barcelona*, 1:40.000. 1900.
2. ALMERA, J. y BERGERON, J.: Aplicación de la teoría de los mantos recubrientes para el estudio del macizo del Tibidabo de Barcelona. *Mem. R. Ac. Cienc. Art. de Barcelona*, 3.<sup>a</sup> e., 14, 11. 1909.
3. ASHAUER, H. y TEICHMULLER, R.: Origen y desarrollo de las cordilleras alpidicas y variscas de Cataluña. *Pub. ext. sobre Geol. de España*, 3. 1946.
4. HUNDT, R. und KREBS, W.: Molybdän im Obersilurischen Alaunschiefer Osttbüdingens. *Z. prakt. Geol.*, 46, 3. 1938.
5. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: Memoria explicativa de la hoja núm. 421 (Barcelona). *Mapa geológico de España a 1:50.000*. 1928.
6. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: Memoria explicativa de la hoja núm. 420 (San Baudilio de Llobregat). *Mapa Geológico de España a 1:50.000*. 1930.
7. KEHL, G. L.: *Fundamentos de la práctica metalográfica*, pp. 13 a 25. Aguilar. Madrid, 1963.
8. KURODA, P. K.: Vanadium, chromium and molybdenum contents of deep sea deposits. *J. Chem. Soc. Japan*, 63, 496. 1942.
9. KURODA, P. K. and SANDELL, E. B.: Geochemistry of molybdenum. *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 6, 35. 1954.
10. LÓPEZ-SOLER, A. y BOSCH-FIGUEROA, J. M.: Obtención de secciones pulidas utilizadas en los métodos cuantitativos. *Acta Geol. Hispánica*, 6, 3, 74. 1971.
11. LLOPIS LLADÓ, N.: Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los catalánides. *Pub. C. S. de I. C. Barcelona*, 1957.
12. MARCET, J.: Les formacions paleozoiques dels encontorns de Barcelona. *Mem. R. Soc. Cienc. Art. de Barcelona*, 3.<sup>a</sup> e., 23, 8. 1933.
13. NICOLINI, P.: Le Symposium sur le plomb-zinc en Afrique. *Ann. Min. Géol.*, 23. 1968.
14. PARRISH, W., HAMACHER, E. A. and LOWITSH, H.: *Rev. Tech. Philips*, 16, 269. 1954.
15. PARRISH, W. and MACK, M.: Data for X-ray analysis, I: Charts for solution of Bragg's equation. *Philips Tech. Pub.* 1963.
16. POWERS, M. C.: X-Ray fluorescent spectrometer conversion tables for topaz, LiF, NaCl, EDDT and ADP crystals. *Pub. Philips Elec. Inst.* 1960.
17. SCHRIEL, W.: Constitución geológica de la Cadena Costera catalana entre la desembocadura del Ebro y el Ampurdán. *Pub. alemanas sobre Geol. España*, 1, 4. 1942.
18. SMITH, J. V. (Ed.): Index to the powder diffraction file. *ASTM Special Tech. Pub.*, 48-N2.
19. SUÑER COMA, E.: Los Graptolítidos del Silúrico superior de la cordillera Costero Catalana. *Est. Geol.*, 33. 1957.