



LA MINA DE LLORTS: ANTECEDENTS HISTÒRICS I CARACTERÍSTIQUES GEOLÒGIQUES

Valentí Turu
*Institut d'Estudis Andorrans
Centre de Barcelona*

Situació geogràfica i geològica

La mina es localitza a la zona més occidental del Principat d'Andorra, aproximadament a un quilòmetre del poble de Llorts (Ordino), en direcció al Serrat, tal com es pot veure a la fig. 1.

Geològicament, el Principat es troba al mig de la serralada alpina dels Pirineus. El territori andorrà és format quasi exclusivament per materials pre-hercinians del Paleozoic (entre 320 i 600 m.a.), representats a la fig. 2.

Antecedents

A continuació s'exposen de forma resumida les diferents citacions de la diferent bibliografia consultada sobre mineralitzacions, mines i fargues al principat i voltants immediats.

1788	Diario de los viajes hechos en Cataluña	Fco. de Zamora	Ferreria a la Farga de Moles Ferreria a Ordino Esment d'or i sofre a Pal (Massana)
pàg.157:	Esment d'una farga prop de la Bastida de Ponts (Farga de Moles)		
pàg.160:	Esment d'una ferreria prop del poble d'Ordino amb treballadors francesos El ferro s'enviava a la «tierra baja»		
pàg.163:	L'altar de l'església de Pal daurat amb or «sacado de la parroquia de Pal». Sofre en aquest mateix lloc.		
Biblioteca de l'Inst. d'Est. And. de Barcelona			908.ZAM

1838	Relació sobre la vall d'Andorra	Fra Tomàs Junoy	Farga d'Andorra, les Escaldes destruïda 1837	
Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra			Jun 946.72	
1849	Diccionario Geográfico Estadístico de España. Tomo II	Pascual Madoz	En general, tot el territori	Fe Pb
Esments en general constatant la presència de mines de ferro de la millor qualitat i d'una mina de plom. Biblioteca de l'Inst. d'Est. And. de Barcelona.				
1851	Histoire d'Ax et de la vallée d'Andorre	Castillon	Mina de Ransol, Canillo Farga d'Encamp, funcionava Farga d'Ordino, funcionava Mines als voltants d'Andorra Mina de Pimorent	Fe Fe Fe
Rancié, Larat, Lorcoul, Saurat, Tarrascon. Mina lliure en la seva explotació. Els andorrans forgen ferro de mala qualitat.				
Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra			946.72 Cas	
1875	Etudes géographiques sur la Vallée d'Andorre	J.F. Bladé	Mines de Llorts, Ordino el Fené, la Massana Fon Roja del Puy, la Massana Orri vell, Encamp	Fe Fe Fe Pb
pàgs. 65-67: Interessants comentaris geològics (pàgs. 65-67) amb bibliografia de l'any 1869. pàg. 83 : Comentaris sobre la Farga catalana pàg. 84 : La mina de l'Orri vell (Encamp) de plom argentífer encara no estava en explotació. Bibliografia: Carte géologique et minéralogique du Département de l'Ariège, Paris 1872. MM. FRANÇOIS ET MUSSY, 4 feülles a la dimensió de la carte du dépôt de guerre. Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra				
			914.672 Bla	

1884	Valles de Andorra	Thos i Codina	Mener nou, Canillo Corts d'en Rossell, St. Julià Plana del Grau, Ordino Orri vell, Encamp Meners d'Aós	Fe Fe Fe Fe
pàgs.16-18: Com a mina treballada més important d'Andorra i treballada per les fargues Riba i Areny (dóna referències de l'explotació i tipus de jaciment), minerals de Cu. pàg.17 : Hematites vermella parda, «... esta situado en la ladera del rio d'Os, a poco más de 1 km. del puente de Aixovall.» Òxids de manganès. Característiques tècniques del filó: «Capa filón de 3 m. de espesor, dirigida NE a SO con buzamiento muy marcado al NO.» pàg.17 : Plana del Grau, «... se observan venas de oxidos de hierro dirigida de Este a Oeste en diferentes pliegues.» L'Orri vell, ha estat poc explotat, es tracta d'una capa de galena amb calcopirita accidental. Explotat per la banda de França. Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra.				
			581.1/.4 Tho	
1889	Mapa Topogràfic d'Andorra 1:80.000	F.H. Derevell	Mener nou, Canillo Mener vell, Canillo Cort d'en Rossell Orri vell, Encamp Pimorent Farga de Picart, Encamp Farga d'Andorra, Escaldes Farga d'en Rossell, Ordino Farga de l'Areny, Ordino Farga de Moles Farga d'en Rossell, el Serrat	Cu,Fe Cu,Fe Fe
Arxius Nacionals d'Andorra (microfilm).				
1896	La república de Andorra	A. Osona	Meners del coll de Pimorent, l'Hospitalet Meners de Ransol, Canillo Encamp	Fe Fe Pb
pàg.40: La mina de Pimorent encara en explotació pàg.117: «... vall de Ransol existeixen jaciments de Fe dels que continuament s'extrau mineral y qual explotació deu ésser molt antiga à jutjar per les grans y fondes excavacions que allí's veuhen» A Encamp, sobre el jaciment de Pb hi ha pàgines interessants en 34, 37, 46, 64 i 107. Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra.				
			796.51 Oso	

1925	Andorra	Chevalier	Mener nou i vell, Canillo Port Negre du sud, Sant Julià de Lòria	Fe Fe
pàg.33: Mener nou i vell, «... <i>Masses de fer les plus conues</i> ». Sobre el Port Negre, «... <i>Il y en a aussi pres du pic de la Maiana et qui alimentaient la farga d'Andorra, d'autres aussi dans la vallée d'Ordino alimentant la farga de Rossell.</i> » Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra. 914.672 Che				
1925	Mapa Topogràfic 1:40.000	Chevalier	Meners de Ransol Corts d'en Rossell	
Arxius Nacionals d'Andorra.				
1930	La Farga Catalana	Gallardo Rubio	Mines d'Os, Os de Civís Mener vell, Canillo Farga Rossell, Ordino Farga Riba i Areny Farga Picart Farga d'Os i de Moles Farga d'Andorra (explotava les mines de Porté)	
pàg.71: « <i>En la collada dels meners de sobre Ransol (mener vell) hi ha algun treball subterrani ...</i> » « <i>Les fargues d'Andorra son allunyades de dits jaciments; la de Rossell, sota el poble del Serrat, a 9 km, i les d'Os i Moles, a més de 30.</i> » Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra.				
1932	Dades per a la mineralogia d'Andorra	J. Closas	Entre les Escaldes i Encamp de pirrotina i galena Coure gris a Sant Julià orri vell, Encamp Oligist a: Corts d'en Rossell Plana del Grau Pic de Casamanya Pic d'Estanyó	Fe Pb Cu Cu Fe Fe Fe Fe
pàg.242: «... <i>entre les Escaldes i Encamp, formant petites vetes en un dic de quars de gran potència, en la massa granítica d'Engolasters.</i> » «... <i>Entre Escaldes i Encamp, tocant a la carretera i prop del Madriu, existeix un</i>				

<i>filó de baritina que conté, entre d'altres minerals, galena... Aquest filó, que sortí en obrir la carretera, avui es troba cobert per les runes del mateix i la vegetació que s'hi ha format, pero treballant-hi un xic, es pot descobrir ... Al Orri vell d'Encamp també.»</i>			
pàg.243: « <i>A la Serra de Francolí de la frontera Catalano-Andorrana, s'explotava, a principis de l'any 1910 un filó de coure gris argentífer... Arma de les pissarres del Silurià. L'explotació fou abandonada per les dificultats de transport i manca de continuïtat del jaciment.</i> » Bibliografia: Ressenya mineral en el llibre: Geografia General de Catalunya, 1910, Vidal D.L.M. Résumé des gisements de fer de l'Espagne. Con. Geo. Int. Estocolm, 1910. Vidal D.L.M. Los minerales de España, 1910. Calderon, D.S. Els minerals de Catalunya. Treballs de l'Institució Catalana d'Història Natural. But. Inst. Cat. Hist. Nat., 1934, pàgs. 240-248 Biblioteca de la Facultat de Geologia de la UB.			
1937	Medi i vida a Andorra	S. Llobet	Ferro als voltants de: Port Negre Coma de Claror, Sant Julià Pic de la Maiana, les Escaldes Mener nou i vell, Canillo Corts d'en Rossell
pàg.172: Bibliografia: El valle de Andorra, Sánchez de la Campa Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra. 914.672 Llo			
1947	Mapa Geològic d'Andorra 1:50.000. Inst. Est. Il·lerdens	J. Solé Sabarís N. Llopis Lladó	Mines d'en Rossell, Sant Julià Mener nou, Canillo Mina de Llumaneres Mina de Llorts Explotació de roca calcària a l'obaga de Santa Coloma.
Arxius Nacionals d'Andorra.			

1957	Le paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre	P. Cavet	Cartografia de la mina de Pimorent (pàg. 76). Es tracta d'una antiga explotació a cel obert. Caracteritza l'encaixant de la mineralització.
<p>Bibliografia citada:</p> <p>1834 Dufrenoy A.-Mémoire sur la position géologique des principales mines de fer de la partie orientale des Pyrénées (...).</p> <p>1841 Paillette A.-Note pour servir à l'histoire de l'Art des mines dans le département des Pyrénées-orientales</p> <p>1870 François et Mussy -Carte géologique et minéralurgique du departement de l'Ariege.</p> <p>1870 Mussy M.-Texte explicatif de la carte géologique et minéralurgique de l'Ariege.</p> <p>1954 Guitard G.-Classification, position et âge des gîtes métallifères dans les Pyrénées-orientales.</p> <p>Biblioteca de la Facultat de Geologia de la UB.</p>			
1965	Geological map of the paleozoic of Central Pyrenées	H.J. Zwart	Meners de Pimorent, França Meners de Ransol, Canillo Mapa 6, 1:50.000
<p>Les mines de Pimorent van ser les últimes en tancar, les mines de Ransol són una petita mineralització d'hematites. Bibliografia citada de:</p> <p>1868 Mussy M.-Description de la constitution géologique et des ressources minérales du canton de Vicdessos et spécialement de la mine de Rancié. Biblioteca del Patrimoni Artístic Nacional d'Andorra.</p>			
1967	Mapa Geològic d'Andorra 1:25.000	N. Llopis Lladó	Vuit mapes en total. Consultats el IV i el VI. en els Arxius Nacionals d'Andorra, i el mapa V a la Bibl. Fac. Geol. UB.
<p>Arxius Nacionals d'Andorra i Biblioteca de la Facultat de Geologia de la UB.</p>			

1970	Geological map of the paleozoic of Central Pyrenées	Hartevelt	Mener d'Os de Civís, Espanya Meners de Conflent, Espanya Mapa 10, 1:50.000
<p>Biblioteca del Laboratori del Patrimoni Artístic Nacional d'Andorra.</p>			
1977	Valls d'Andorra. Geografia i diccionari geogràfic	B. Adellach R. Ganyet	Diccionari toponímic
<p>Biblioteca Nacional, Sala d'Andorra.</p>			914.672 Ade
1980	Mapa topogràfic Alpina 1:50.000	N. Llopis Lladó S. Llobet	Meners de la Serrera, Canillo Cort d'en Rossell
<p>Arxius Nacionals d'Andorra.</p>			
1984	Minerals de les valls d'Andorra	Mata i Perelló	Cort d'en Rossell Bosc del Teix, Sant Julià Orri vell, Encamp Coma de Ransol, Canillo Els meners, Canillo La Serrera, Canillo El Saquet, Ordino Font roja, Ordino Fe Fe Pb Fe Cu Fe Fe Fe
<p>Principals mineralitzacions, un total de 22 esments. Biblioteca del Laboratori del PAN d'Andorra.</p>			
1984	El Patrimoni Natural d'Andorra	R. Folch i altres	Collada de Meners, Canillo Cort d'en Rossell, Sant Julià Plana del Grau, Ordino Llorts, Ordino Orri vell, Encamp
<p>pàg.326: Bibliografia: Constable 1962 Biblioteca del Laboratori del PAN d'Andorra.</p>			

1989	Atles Històric d'Andorra (759-1278)	J. Bolós V. Hurtado	Ransol, Canillo Llorts, Ordino Claror, Sant Julià de Lòria Pic Negre, Sant Julià de Lòria Pic de la Maiana, les Escaldes Forn de Canillo Farga a Santa Coloma
Biblioteca del PAN d'Andorra.			
1990	Dades sobre l'estudi de la metal·lúrgia i la mineria medieval al Pirineu	C. Rovira A. Net	Bona memòria introductòria en el tema de la mineria a Andorra
Biblioteca del PAN d'Andorra.			
1990	Minerals de Catalunya	Mata i Perelló	Esmements de mineralitzacions als voltants d'Andorra
1990	Reconcentració metamòrfica d'or en zones de cisalla a la vall de Conflent	D. Arcos	Mineralitzacions auríferes de les bordes de Conflent, i en certs indrets puntuals d'Andorra, posant de manifest les condicions físico-químiques de formació
Biblioteca de la Facultat de Geologia de la UB.			
1990	Geologia i Metal·logènia del contacte sud del granit d'Andorra	A. Soler	Mineralitzacions de W, Cu, Fe i Au en diferents <i>skarns</i> del sud d'Andorra. Prospecció estratègica a la batea, s'anomenen algunes mineralitzacions situades als Cortals d'Encamp, així com la presència d'or, scheelita (mineral de wolfram) i altres minerals en els rius andorrans.
Biblioteca de la Facultat de Geologia de la UB.			

L'explotació i els materials explotats

El primer esment bibliogràfic conegut que parli dels recursos naturals als voltants de Llorts, el descriu el geògraf francès J.F. Bladé, a finals del segle XIX, en el seu llibre *Études géographiques sur la Vallée d'Andorre*, i en la pàgina 67 diu: «... Parmi les sources ferrugineuses, il faut citer au premier rang celle qui coule au hameau de Llors ...» L'autor destaca en aquest indret una font ferruginosa important, però no menciona cap explotació minera.

De fet, aquesta font existeix encara en l'actualitat i es troba situada a poques desenes de metres de la boca de la mina.

El fet que Bladé no parli en cap moment de la mina fa pensar que l'any 1875 no n'hi havia cap en explotació. Aquesta devia ser posterior a l'any 1875. L'any 1954, Solé Sabarís i Llopis Lladó, editen el primer mapa geològic d'Andorra, a escala 1:50.000, on hi ha cartografiada per primera vegada la mina.

Entre l'any 1875, data de la publicació del llibre de Bladé, i l'any 1954, data de la publicació del mapa abans referenciat, existeix un buit important pel que fa a referències, ja sigui perquè l'explotació de la mina de Llorts no era prou important, ja sigui perquè l'extracció del mineral de ferro va ser ràpida i no va quedar constància de la durada del temps d'explotació.

La primera caracterització dels materials dels voltants de Llorts, la trobem en el mapa anteriorment esmentat, on es descriuen ectinites cornubianites, micacites i pissarres noduloses maclíferes d'edat siluriana (400 m.a.). Aquests materials s'han modificat en l'aurèola de contacte del massís de l'Hospitalet sobre uns materials argilosos. Aquest dom tèrmic estudiat en detall per Van den Eeckhout (1986) i Gemma Alías (1990) forma part dels massissos pre-Hercinians de la zona nord pirinenca cartografiats en la figura 2. Els materials de l'aurèola, és a dir, les ectinites cornubianites, micacites i pissarres noduloses maclíferes, són producte d'aquest metamorfisme de contacte que ha format andalusita i sil.limanita, minerals metamòrfics que donen un aspecte nodulós a la roca, i que en certs indrets al voltant de la mina de Llorts es troben maclats. L'aspecte micaci ve donat per la presència de biotita, mineral igualment metamòrfic.

El Departament de Geologia de la Universitat de Leiden (Holanda) va editar deu mapes a escala 1:50.000 que cartografiaven el Pirineu Cen-

tral. El full 6, editat l'any 1965 i cartografiat per H.J. Zwart, descriu la part nord del Principat, on es troben els materials propers a la mina de Llorts, datats també d'edat Siluriana, i en la memòria del mateix mapa, en les pàgines 201 i 202, l'autor descriu : «*The Silurian occurs in its usual Pyrenean facies as black carbonaceous slates and schists, which distinguish them from the Ordovician underneath and the Devonian above ...*» «*... The Silurian of Andorra is everywhere very typical with black and often strongly contorted slates. It is relative thick, especially in the valley of the Valira del Norte near Llorts, but undoubtedly this mass represents some sort of a tectonic accumulation and must be strongly thickened by folding. The Silurian in this region is metamorphosed and contains a large amount of chiastolite and andalusite porphyroblasts up to a size of 1 cm ...*» «*... One chemical analysis has been collected near Llorts and contains a number of andalusite crystals. ...*»

SiO ₂	52.50
TiO ₂	1.37
P ₂ O ₄	0.09
Al ₂ O ₃	30.65
F ₂ O ₃	2.00
FeO	1.62
MnO	0.05
MgO	0.80
CaO	1.31
Na ₂ O	0.65
K ₂ O	3.08
H ₂ O	4.15
C	2.00
	100.27

Així, doncs, els materials es descriuen com a carbonosos de color negre. Prop de Llorts la potència és major que a la resta de la regió, per causes tectòniques, que produïren nombrosos plecs i falles; la sèrie es repetí en diferents ocasions i augmentà d'aquesta manera la potència original dels materials.

Petrogràficament, aquests materials tenen porfiroblasts de quiastolita i andalusita, a conseqüència del metamorfisme soferit. L'anàlisi feta d'aquest Silurià, ens dona un percentatge d'òxids de ferro molt baix, fet indicador que els esquists en si no son rendibles per a l'explotació del ferro.

B. Van den Eeckhout també de l'escola holandesa, el 1986 estudià la cobertora metasedimentària de la part oest del massís de l'Hospitalet. Aquest autor defineix tres fases deformatives, totes elles hercinianes (entre 315 i 290 m.a).

L'estudi aporta dos mapes 1:25.000 de la zona compresa entre la Valira del Nord i el riu de la vall d'Incles. En un d'aquests mapes l'autor modifica considerablement la cartografia feta a les valls de Sorteny, la coma de Ransol i part de la vall d'Incles per H.J. Zwart al 1965. Llorts queda al límit del mapa, però l'encaixant de la mina continua essent cartografiat com a Silurià.

També aporta un mapa de les fàcies metamòrfiques presents, on Llorts queda dins de la zona de l'andalusita amb biotita. Aquest fet implica un metamorfisme d'alta temperatura i baixa pressió, per tant, un metamorfisme produït prop de la superfície.

La roca sedimentària original era una pelita que donà cristalls d'andalusita en metamorfitzar-se, i també amb força contingut en matèria orgànica, perquè al camp, l'andalusita es presenta com a quiastolita, varietat de la primera amb inclusions de grafit i en forma de creu.

G. Alías i M. Liesa, el 1992, en el seu estudi dels massissos de l'As-ton i de l'Hospitalet, calculen una pressió màxima de 4 kbars i una temperatura entre 580 i 600° C per la zona andalusita-estauroilita-cordierita. Aquestes dades, com G. Alías i M. Liesa apunten, contrasten amb les dades obtingudes per Zwart (1979) i Eeckhout (1988), que és de 2 kbars i 540° C. La diferència radica en el fet que els autors holandesos no han considerat totes les possibilitats en les relacions de les fases minerals esmentats anteriorment.

L'any 1984 Mata i Perelló, en l'inventari mineralògic de les valls d'Andorra, descriu els materials com: «*... esquists i pissarres noduloses, cal assenyalar la presència d'importants nivells de pissarres ferruginoses molt riques en pirites, que en travessar-les les aigües s'oxiden, donant, oxidacions molt vistoses (de sulfats i òxids) que es troben per arreu...*»

La descripció que fa de la mineralització en la mina és: «... està localitzada sobre els materials del Silurià, i la mineralització s'ha produït per l'alteració de pirites incloses entre els nivells piritosos ...»

Els minerals trobats per Mata i Perelló són: marcasita, pirita, goethita, hematites, lepidocrocita, calcita, copiapita, ferrohexahidrita, fibroferrita, halotroiquita, guix, melanterita, siderofil, quars i clinoclor. L'autor els identifica de forma visual i per difracció de raig X.

En aquest inventari les mineralitzacions del Silurià es tracten com a estratiformes, cosa que vol dir que inicialment hi havia pirita interestratificada i que en alterar-se el sulfur de ferro, donà lloc a mineralitzacions d'òxids associats als plans d'estratificació. Hartevelt, en la memòria del full 10 dels mapes geològics holandesos del Pirineu, escriu, sobre l'ambient sedimentari del Silurià, que va ser una sedimentació tranquil·la i sumària, d'ambient euxenític. Aquest tipus de sedimentació donà ambients reductors, i es precipità ferro en forma de sulfurs, per la qual cosa les concentracions de pirita es distribuïren de manera estratiforme.

D. Arcos, el 1990, en la seva tesina de llicenciatura estudià les mineralitzacions presents en materials ordovicians (505-438 m.a.) i silurians en el flanc invers de l'anticlinal de la Massana. Aquest autor distingí principalment dos tipus de mineralitzacions, unes associades a zones de cisalla en materials pre-Caradoc (menys 458 m.a.), i altres associades a plans d'encavalcaments subhoritzontals.

Les primeres presenten una successió cronològica de tres fases:

Fase anteminerització principal, amb la formació bàsicament de quars (SiO_2) i petites quantitats de pirita (FeS).

Fase mineralització principal, amb la formació bàsicament de sulfurs, com la pirita, calcopirita (CuFeS_2), tetraedrita ($\text{Cu}_3\text{SbS}_{3,25}$), i skutterudita (Co,NiAs_3).

Fase tardana, en aquest cas la mineralització té lloc en petites geodes i consisteix en quars, siderita (FeCO_3), ankerita (CaFeCO_3), clorita, moscovita, calcopirita i tetraedrita.

El segon tipus de mineralitzacions són reconcentracions de les mineralitzacions associades a les zones de cisalla en ser tallades per encavalcaments subhoritzontals. La mineralogia d'aquests tipus de mineralització no s'ha pogut determinar perquè els afloraments observats es presenten en forma de montera d'òxids.

Cartografia: mina i materials

La figura 3 reproduïx una part del mapa geològic 1:50.000 de Zwart, editat l'any 1979. Des de llavors no s'han fet més cartografies o treballs estructurals de la zona. Gran part de la cartografia feta pels holandesos en els anys 1960-70 està en revisió, i concretament en aquesta zona es dubta si hi ha o no Silurià, tal com proposa Carreras (segons comentari personal), ja que dins dels materials cambro-ordovicians (entre 470 i 600 m.a.), hi ha uns materials de fàcies molt semblants als silurians.

En tot cas, en aquest article i a manca d'estudis més recents, el material de caixa de la mineralització es tractarà, amb reserves, com d'edat siluriana, tal com ha estat cartografiat per H.J. Zwart, el 1965, i B. Van den Eeckhout el 1986.

Segons aquests autors, el Silurià està per sobre del Cambro-Ordovicià per un encavalcament, i la gran potència és ocasionada per nombroses repeticions de la sèrie. Part d'aquests materials han estat afectats per un metamorfisme de contacte, que en el camp es manifesta per la presència d'andalusita, un típic mineral de metamorfisme tèrmic, en els esquists silurians.

Pel que fa a la cartografia de la mina, s'ha aixecat un esquema topogràfic de la zona i s'ha situat la mina (vegeu fig. 4).

Estructuralment, la mina té una entrada (vegeu foto 1) i una galeria principal a l'oest de l'entrada, que es divideix en dues de petites, una de les quals s'ha enfonsat (part nord de la galeria E). Pel que fa referència a la part est de l'entrada (vegeu foto 2), la galeria B es va enfonsar juntament amb part del vessant proper, i la galeria G en deuria formar part també. Aquesta galeria no és subterrània, és una trinxera allargada i es pensa que originalment estava connectada a la galeria B.

En la figura 5 s'ha representat gràficament la columna d'aigua present en diferents indrets de la mina. Hom pot observar que a mesura que avancem en la galeria D, en direcció a la galeria E, l'aigua va guanyant en profunditat. En aquestes condicions, el treball d'extracció de la mena devia ser molt dur, la qual cosa ens permet pensar que la part nord de la galeria E comunicava originalment amb l'exterior de la mina (galeria H), podent, d'aquesta manera, drenar l'aigua per tal de facilitar l'explotació.

L'anàlisi estructural de l'interior de la mina s'ha representat en la figura 6, on s'han situat les mesures de les foliacions. S'observa que hi ha dues direccions diferents a banda i banda de les galeries. Les galeries principals segueixen la direcció d'un pla de fractura. Aquest fet ens fa pensar que el que explotaven estava concentrat en aquesta superfície de discontinuïtat litològica. La fotografia 6 i la fig. 7 il·lustren les dues direccions preferents de la foliació i el contacte entre aquestes.

Els perfils geològics fets en diferents indrets de la mina, que es poden veure en la figura 8, mostren la relació que existeix entre aquesta superfície i les galeries. Tal com es pot veure, les galeries van seguint en tot moment la discontinuïtat, per tant, sembla que s'explotava la mineralització present en aquesta fractura.

La mineralització en la mina

Les fotografies 4 i 5 fetes en el laboratori del Patrimoni Artístic Nacional (PAN), amb llum reflectida, mostren l'alteració de l'encaixant, en forma d'òxids de ferro i amb colors ocres. En les fotografies de les mostres fetes a 50 i 100 augments s'observen igualment alteracions amb aspecte textural polvorenc i esponjós i cavitats buides; per tant, amb pèrdua de massa.

En aquests esquistos, tal com s'ha comentat, hi és present la pirita, un sulfur de ferro que en condicions naturals àcides i oxidants es desestabilitza per a formar òxids de ferro, ja que l'estat d'oxidació del ferro passa de Fe^{+2} a Fe^{+3} .

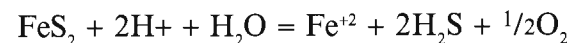
La figura 9 mostra els camps d'estabilitat per a diferents minerals de ferro en solució aquosa. Els colors blaus clars indiquen que el ferro té un estat d'oxidació +3, mentre que en els colors blaus foscos el ferro té un estat d'oxidació +2. En el camp de la magnetita, hi apareix tant el ferro +3 com + ferro +2.

El paral·lelogram en línia discontinua representa el camp de les condicions normals pH(acidesa) i Eh(oxidació) que normalment són presents en les aigües naturals.

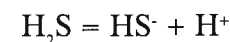
S'han pres mostres de l'aigua de la mina, i han estat analitzades en el laboratori del PAN. L'anàlisi dona una mitjana per l'acidesa de $pH=3'66$, amb una desviació típica de $S=\pm 0'1$, i per les condicions d'oxidació-reducció un $Eh=0'21$, amb una desviació típica de $S=\pm 7'4 \cdot 10^{-3}$,

per un total de cinc mostres, que foren agafades de diferents indrets de la mina (vegeu fig. 5). Representant aquests valors en el gràfic (vegeu fig. 9), es veu que l'aigua està fora del camp de condicions normals, i dintre del camp d'estabilitat del Fe^{+2} .

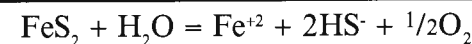
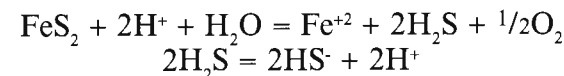
Si ara fem el mateix amb el diagrama d'estabilitats per a espècies sulfuroses (vegeu fig.10), diagrama fet per a condicions normals de pressió i temperatura, ens trobem que l'aigua de la mina està dins del camp d'estabilitat del sulfat. Amb aquestes dades deduïm que la pirita que estigui en contacte amb aquesta aigua es desestabilitzarà segons la reacció:



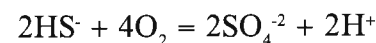
Havent-hi ara sulfídric en el sistema, que no és estable en les condicions presents en l'aigua de la mina (vegeu fig.10), aquest passa a hidrogen-sulfur segons:



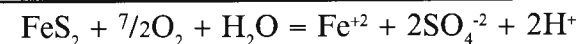
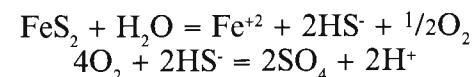
Sumant les dues reaccions:



Aquest hidrogen-sulfur tampoc no és estable (vegeu fig.10) i reacciona de la següent manera:



Sumant les dues reaccions obtenim:



L'última reacció sí que compleix les condicions d'estabilitat d'espècies sulfuroses i de minerals de ferro que hi ha en les aigües de la mina de Llorçs.

Aquestes reaccions ens porten a pensar que l'aigua que flueix per la roca, en les discontinuïtats abans esmentades, desestabilitza el mineral de ferro (la pirita) i el catió Fe^{+2} és transportat en dissolució aquosa. Aquestes discontinuïtats són observables a petita escala. En la fotografia 4, els òxids de ferro van seguint una petita cisalla (deformació dúctil de material), i es converteixen en un pla permeable a la circulació d'aigua gravífica dins d'aquests esquists amb pirita. Per aquesta raó, apareixen òxids de ferro associats a la cisalla, perquè l'aigua oxida la pirita present en l'encaixant.

A gran escala, els òxids estan associats al pla de discontinuïtat abans esmentat (vegeu foto 6 i fig.7).

En el moment en què les condicions de pH i Eh varien, per influència de noves aigües meteòriques, canvis dels materials de l'encaixant, o d'altres causes, això provoca que el ferro en dissolució precipiti i faci segons el diagrama de la figura 9. Segurament ho fa en forma d'òxid de ferro, ja que és el camp d'estabilitat més proper a les condicions presents en les aigües de la mina, i, amb petites variacions de pH i Eh, s'arriba al camp del Fe^{+3} ; de fet, a la fotografia 3 es poden veure en la paret de la galeria fotografiada unes columnes vermelles i de color marró fosc, que són de goethita i hematites, ambdós, minerals de Fe^{+3} . El primer és un hidròxid de ferro, $FeO(OH)$, i l'hematites un òxid (Fe_2O_3).

Això queda evidenciat en els assajos amb raig X fetes per dues mostres de mena de la mina de Llorçs. Aquests assajos consisteixen en la combinació de les tècniques de fluorescència de raig X (FRx) i de la difracció de raig X (DRx), fets a l'Institut Jaume Almera del CSIC.

La FRx ens permet d'identificar els elements químics que componen la mostra mineral. Aquesta tècnica no identifica àtoms amb número atòmic inferior al Mg.

La identificació dels elements es fa per la identificació dels pics difractats que són propis a cada mineral.

Per als elements pesats (número atòmic alt) es fa servir un cristall de fluorur de liti (LiF), mentre que per als elements lleugers es fa servir un cristall orgànic de pentaeritriol (PET).

S'han realitzat dues mostres, i els resultats de les dues difraccions és pràcticament el mateix, per aquesta raó únicament en aquest article es

comentarà el resultat de la primera mostra analitzada, representat en el diagrama adjunt.

Els elements identificats són els següents:

<i>Cristall de LiF</i>				
<i>Pic</i>	<i>Angle</i>	<i>Salt</i>	<i>Element</i>	<i>Símbol</i>
10	51.80	Kb	Ferro	Fe
11	57.00	Kb	Manganès	Mn
12	57.55	Ka	Ferro	Fe
13	63.00	Ka	Manganès	Mn

Els pics 6, 8 i 7, 9 corresponen respectivament al coure i al zenc, però són poc intensos; és de suposar, doncs, que hi ha indicis de Cu i Zn.

<i>Cristall de PET</i>				
<i>Pic</i>	<i>Angle</i>	<i>Salt</i>	<i>Element</i>	<i>Símbol</i>
2	41.40	Kb	Calci	Ca
3	70.10	Ka	Calci	Ca
13b	70.10	Kb	Sofre	S
15	83.40	Ka	Sofre	S
17	107.70	Kb	Sílíce	Si
19	109.00	Ka	Sílíce	Si

Els pics 12, 16b i 21b corresponen a la Ka del clor, fòsfor i alumini, respectivament, però les Kb no apareixen o semblen estar encobertes pels elements més intensos. Per aquest fet no podem afirmar que el Cl, P i Al siguin presents en les mostres, tampoc no es pot negar, però sembla poc probable que hi siguin, en tot cas, si hi són, és en molt poca quantitat.

Els altres pics no identificats tenen relació amb l'aparell d'anàlisi emprat, i no són propis de la mostra.

D'acord amb aquests elements, és de suposar que trobarem algun sulfur o sulfat, però en poca quantitat, algun silicat, segurament el quars i possiblement calcita, però també en molt poca quantitat, perquè les mostres no desprenen gaire CO_2 amb clorhídric. Encara que l'o-

xigen no es pugui identificar per FRx, és de suposar que hi ha òxids i/o hidròxids de Fe i Mn.

Les espècies minerals que combinen aquests elements s'identifiquen per DRx. La irradiació de la mostra s'ha fet amb una làmpada amb ànode de coure, que genera raigs X de longitud d'ona d'1.54060 amstrongs, i les reflexions s'han enregistrat des de $2\theta=4$ fins a $2\theta=70$.

Els diferents minerals identificats en la mostra són:

Difracció de raig X					
Pic	Espaiat	Intensitat	%	Mineral	Fórmula
1	8.8291	156	12.9		
2	7.6535	209	17.2		
3	4.9715	100	8.2	Goethita	FeO(OH)
4	4.2437	108	8.9	Quars	SiO ₂
5	4.1666	328	27.0	Goethita	FeO(OH)
6	3.6745	109	9.0	Hematites	Fe ₂ O ₃
7	3.5838	69	5.7	Groutita	MnO(OH)
8	3.3180	139	11.4	Quars	SiO ₂
9	3.0159	28	2.3	Calcita	CaCO ₃
10	2.7837	1214	100.0	Groutita	MnO(OH)
11	2.6956	400	8.6	Goethita	FeO(OH)
				Hematites	Fe ₂ O ₃
				Marcasita	FeS ₂
12	2.5791	104	32.9	Goethita	FeO(OH)
13	2.5151	262	21.6	Hematites	Fe ₂ O ₃
13b	2.4950	110	8.4		
14	2.4481	266	21.9	Goethita	FeO(OH)
15	2.3962	36	3.0		
16	2.4995	70	5.8	Quars	SiO ₂
17	2.1996	122	10.0	Quars	SiO ₂
				Goethita	FeO(OH)
				Goethita	FeO(OH)
18	2.1893	97	8.0		
19	1.9937	55	4.2		
20	1.8795	25	2.1		
21	1.8392	109	9.0		
22	1.8133	35	2.9	Hematites	Fe ₂ O ₃
23	1.7648	26	2.1	Quars	SiO ₂
24	1.7305	87	7.2	Marcasita	FeS ₂
				Groutita	MnO(OH)
				Goethita	FeO(OH)
25	1.7158	137	11.3		
26	1.6954	200	16.5		

Difracció de raig X					
Pic	Espaiat	Intensitat	%	Mineral	Fórmula
27	1.5088	67	5.5	Hematites	Fe ₂ O ₃
27b	1.5693	90	7.9		
28	1.4858	97	8.0	Hematites	Fe ₂ O ₃
29	1.4739	51	4.2		
30	1.4680	56	4.6		
31	1.4531	122	10.0		
32	1.4162	26	2.1	Hematites	Fe ₂ O ₃
33	1.4049	23	1.9		
34	1.3935	74	6.1		

En general, la mostra és poc cristal·lina, ja que els pics que presenta el diagrama són en general de poca intensitat.

Els minerals són bàsicament òxids i hidròxids, com calia esperar de les dades de camp. La possible presència de marcasita suposa que encara hi ha petites quantitats de mineral primari sense alterar, ja que la marcasita és un polimorf de la pirita que es troba en l'encaixant. El quars també és un remanent en la mostra de l'encaixant. La possible presència de calcita podria venir de les formacions carbonàtiques devonians dels voltants.

Sota les actuals condicions oxidants, l'hematites i la goethita són el producte de l'alteració dels sulfurs presents en l'encaixant. De la groutita encara no se n'ha determinat l'origen, però podria constituir una reconcentració del Mn que es troba en l'encaixant en alterar-se tal com proposa Supriya Roy (1968) en el seu estudi dels diferents tipus de dipòsits de Mn.

Si tornem als dos models proposats per D. Arcos en mineralitzacions de materials Pre-Caradoc (menys de 408 m.a.), la mineralització de què aquí es tracta seria del segon tipus de mineralització, és a dir, dipòsits minerals associats a plans d'encavalcaments subhorizontals, que tallen les mineralitzacions associades a zones de cisalla.

La mina de Llorcs no correspondria al primer tipus perquè la paragenesi mineral que D. Arcos descriu en aquestes últimes no és present

en la mina, en canvi, s'assembla molt més segons tipus, on D. Arcos tracta aquestes mineralitzacions com a reconcentració d'òxids.

Galeries, dimensions, volum i tonatge extret

Les galeries així com les seves dimensions són representades en la figura 11, i s'ha calculat un volum total de 124.22 m³ de galeria, la qual cosa significa el mateix volum de mena i ganga explotats. Afegint-hi la galeria H obtenim un volum de 142.7 m³, però aquesta galeria no tenia un ús pròpiament d'extracció de mineral, perquè pensem que únicament es va utilitzar per a drenar l'aigua a l'exterior de la mina; per tant, calculem un volum de 18.43 m³ de ganga que no tindrem en compte quan calculem el rendiment de la mina. Considerem que del total de volum extret, 2/3 són de mena i 1/3 és de ganga (vegeu fig. 8).

La densitat de la ganga i la de la mena és 2.7 i 2.2 g/cm³ respectivament.

Amb aquestes dades deduïm que el volum extret ha estat de 47.56 m³ de ganga i 82.8 m³ de mena. En massa, representa 120.06 Tn de ganga i 182.18 Tn de mena, és a dir, 333.20 Tn extretes.

La ganga o encaixant va ser analitzada per H.J. Zwart, i els resultats es van publicar l'any 1979.

Fe ₂ O ₃	.....	2.00%
Al ₂ O ₃	.....	30.65%
SiO ₂	.....	52.50%
TiO ₂	.....	1.37%
MnO	}	..... 5.33%
CaO		
MgO		
P ₂ O ₅		
K ₂ O		

La mena va ser analitzada pels serveis científic-tècnics de la UB, i els resultats, exposats pel Dr. J. Solans l'any 1990 en el III Curs d'Arqueologia d'Andorra. Hom en preveu la publicació a les Actes del III Curs d'Arqueologia d'Andorra (en premsa).

Fe ₂ O ₃	.....	84.00%
Al ₂ O ₃	.....	1.49%
SiO ₂	.....	0.94%
TiO ₂	.....	0.17%
MnO	}	..... 0.18%
CaO		
MgO		
P ₂ O ₅		
K ₂ O		

Comparant les dues anàlisis, observem que l'alteració soferta per l'encaixant per a donar mena provoca un empobriment en òxids d'alumini, de sílice, d'òxids de titani i d'elements minoritaris, i un enriquiment en hematites. Si tenim 182.18 Tn de mena, i aquesta té una riquesa del 84% en òxids de ferro, obtenim que s'han explotat unes 153 Tn d'hematites (òxid de ferro).

Això ens permet conèixer el rendiment de ferro a la mina de Llorts. Suposant un rendiment del 100% en el procés d'obtenció de ferro, obtenim uns 9.6x10⁵ mols d'hematites, que representen 107.21 Tn de ferro.

Aquesta xifra es multiplica pel coeficient de rendiment de la farga, que l'hem suposat del 100%, es divideix pel tonatge total extret, i obtenim un rendiment del 36%.

Aquesta dada indica que la mina estava just en el límit de la rendibilitat per a explotar-la, considerant que actualment no és rendible una mena amb menys del 30% en ferro, segons el Dr. J. Solans (en les actes del I i II Curs d'Arqueologia d'Andorra, 1991, pàgs. 121-123).

Conclusions

Llegint els anteriors apartats, hom arriba a la conclusió que es tracta de l'explotació d'una concentració d'òxids en una fractura que afecta l'encaixant. Aquest, possiblement d'edat siluriana, és ric en sulfurs de ferro que, en contacte amb fluids oxidants i àcids, altera la pirita provocant l'aparició d'òxids, hidròxids i sulfats de ferro.

El coll d'Arenes deu ser, en gran part, el punt d'origen d'aquest ferro, amb alteració de la roca encaixant en cotes topogràfiques supe-

riors per aigües meteòriques. Aquesta aigua flueix per les discontinuïtats litològiques presents en els materials silurians, fins a arribar a la discontinuïtat cartografiada a l'interior de la mina. En el coll d'Arenes localitzem materials del silurià alterats. Aquest coll és una zona de «montera», en la qual els materials menys solubles esdevenen òxids, que és la forma estable en aquests ambients subaeris. Les aigües meteòriques acostumen a ser àcides i oxidants (Eh superiors a zero), cosa que fa que els sulfurs es desestabilitzin i donin àcid sulfúric, que altera la piritita, tornant l'aigua subaèria cada vegada més àcida, i desestabilitzant més sulfurs, fins que ja no hagin pirites per alterar. Una altra mineralització d'aquest tipus a Andorra s'observa en el Camp de Claror (en estudi), zona configurada per una àmplia plana de «montera», on la precipitació del ferro es fa en els aqüífers presents en els sediments dels vessants dels voltans, i la mineralització es manifesta en forma de crostes de conglomerats cimentats amb òxids de ferro.

Aquestes parts alterades conegudes com a *zonas de montera*, en castellà, i *gossan*, en anglès, tenen una gran concentració d'òxids de ferro, que és l'encaixant rentat per lixiviació dels minerals solubles; aquests es dissolen en forma d'ions i són transportats per aigües subterrànies entre les fractures de la roca caixa. El flux és descendent a conseqüència de la gravetat i els ions passen a nivells topogràfics inferiors.

Quan les condicions redox varien, els ions precipiten donant minerals estables en les condicions de formació. A Llorts s'explotava el producte de l'empobriment supergènic de sulfurs de la *zona de montera*, i també de l'alteració dels sulfurs en contacte amb aquestes aigües oxidants en les superfícies de fractura.

Aquests materials silurians tenen minerals metamòrfics com l'andalusita i la biotita, característics d'un metamorfisme d'alta pressió i baixa temperatura, amb una composició original pelítica. Aquests minerals, visualment apareixen com a grans porfiroblastos, que donen un aspecte nodulós, i en certs indrets estan maclats. La fractura és subhoritzontal en les parts més fondes de la mina, però prop de l'entrada es fa més vertical, i va seguint una direcció de capa NE-SW, que regionalment acostuma a disposar-se en una sèrie de famílies de discontinuïtat.

L'estudi d'aquestes famílies ens permetria conèixer el sistema hídric de la muntanya i poder arribar a situar l'àrea font d'aquest ferro, però aquest tema ha de ser l'objecte d'un altre treball de recerca.

Bibliografia

- ALÍAS, G. (1990). *El metamorfisme regional hercinià del sector SW dels massissos de l'Aston i de l'Ospitalet (Pirineu Central)*. Tesi de llicenciatura, Facultat de Geologia UB, 118 pàgs.
- ALÍAS, G. LIESA, M. (1992). *Secuencia de relaciones metamórficas de las rocas pelíticas de grado medio (zona And-St-Cd) del extremo SO de los macizos del Astón y del Hospitalet (Pirineo central)*. Simposio «Geología de los pirineos», Congr. Geol. de Esp. Salamanca, Junio 1992.
- ARCOS, D. AYORA, C. SOLER, A. (1991). «Condiciones de formación de las mineralizaciones auríferas del valle de Conflent (Pirineo Central)». *Boletín Sociedad Española de Mineralogía* 14-1. pàgs. 70-71.
- CASAS, J.M. DOMINGO, F. POBLET, J. SOLER, A. (1989). «On the role of the Hercynian and Alpine thrusts in the upper Paleozoic rocks of the central and Eastern Pyrenees». *Acta Geodinamica* (Paris) 3,2, pàgs. 135-147.
- CIRÉS, J. *Estudi dels terrenys metamòrfics i de l'acabament occidental dels massissos de l'Aston i de l'Ospitalet, i de la seva relació amb la faixa milonítica de Mérens (El Serrat, Andorra)*. Tesi de llicenciatura, Facultat de Geologia UB, 91 pàgs.
- CIRÉS, J. ALÍAS, G. POBLET, J. i CASAS, J.M. (1990). «La estructura del anticlinal de la Massana (Pirineu Central)», *Geogaceta* 8, pàgs. 40-42.
- EECKHOUT, B. VAN DEN, (1986). «A case study of a mantled gneiss antiform, the Hospitalet massif, Pyrenees (Andorra, France)». *Geol. Ultraiee.* 45, pàgs. 10-50.
- HARTEVELT, J.J.A. (1970). «Geology of the upper Segre and Valira valleys, central Pyrenees, Andorra/Spain». *Leidse Geol. Meded.* 33, pàgs. 191-254.

- KRAUSKOFF, K.B. (1979). *Introduction to geochemistry*. Ed. McGraw-Hill. 615 pàgs.
- MOTTANA, A. (1977). *Minerali e rocce*. Ed. Arnoldo Mondadori. 605 pàgs.
- SOLANS, J. (1991). «La vida medieval a les dues vessants del Pirineu». *Actes del I i II Curs d'Arqueologia d'Andorra*, 1988 i 1989. pàgs. 131-140.
- SUPRIYA, R. (1968). «Mineralogy of the different genetic types of manganese deposits». *Economic Geology*, vol. 63, pàgs. 760-786.
- VERSPYCK, G.W. (1965a). «The geology and petrology of the Artiès- Si-guet-Valira Valleys, Aston-Hospitalet massif (France, Andorre)». *Leidse. Geol. Meded.* 41, pàgs. 153-220.
- YARDLEY, DB.W.D. MACKENZIE, W.S. & GUILFORD, C. (1990). *Atlas of metamorphic rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical (UK). 120 pàgs.
- ZWART, H.J. (1965). *Geological map of the Paleozoic of the central Pyrenees, sheet 6, Aston, France, Andorra, Spain*. Esc.1/50.000. *Leidse Geol. Meded.*, 33, pàgs. 191-254.
- ZWART, H.J. (1979). «The geology of the central Pyrenees», *Leidse Geol. Meded.* 50, pàgs. 1-74.
- PDF (1991). Powder Diffraction File (PDF-2) CD-ROM. International Center for Diffraction Data (ICDD), 1601 Park Lane Swarthmore, PA 19081 USA.

Agraïments:

En primer lloc he de donar les gràcies al Dr E. Cardellach* per promoure l'inici d'aquest estudi. També al Dr. J. Carreras** pels seus comentaris sobre materials i l'estructura que presenten en els voltants del poble de Llorts. Gràcies al Dr. J. F. Piniella* pel seu ajut a l'hora de realitzar la difracció i fluorescència de raig X.

Gràcies al Dr. J. Solans*** pel seu ajut a l'hora d'identificar els minerals de la difracció de raig X.

En especial, gràcies al Dr. A. Soler*** per l'ajut ofert en tot moment a l'hora de confeccionar aquest article.

- * Dpt. de Cristal·lografia, Mineralogia i Mineral·lotècnia de la secció de Geologia de la Fac. de Ciències de la UAB.
- ** Dpt. de Geotectònica de la secció de Geologia de la Fac. de Ciències de la UAB.
- *** Dpt. de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals de la Fac. de Geologia de la UB.

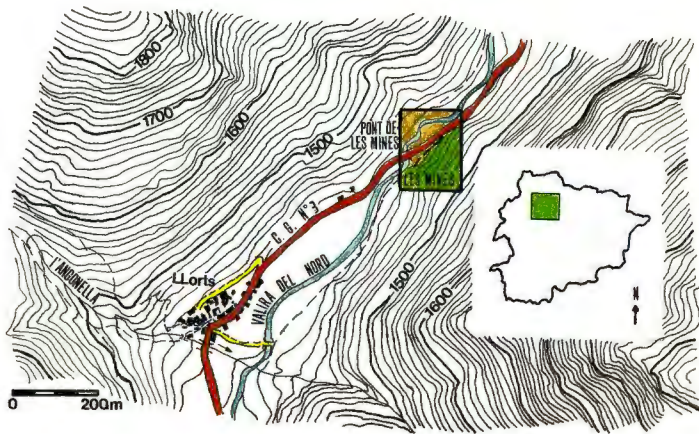


Figura 1: Situació geogràfica.

Àrea d'estudi

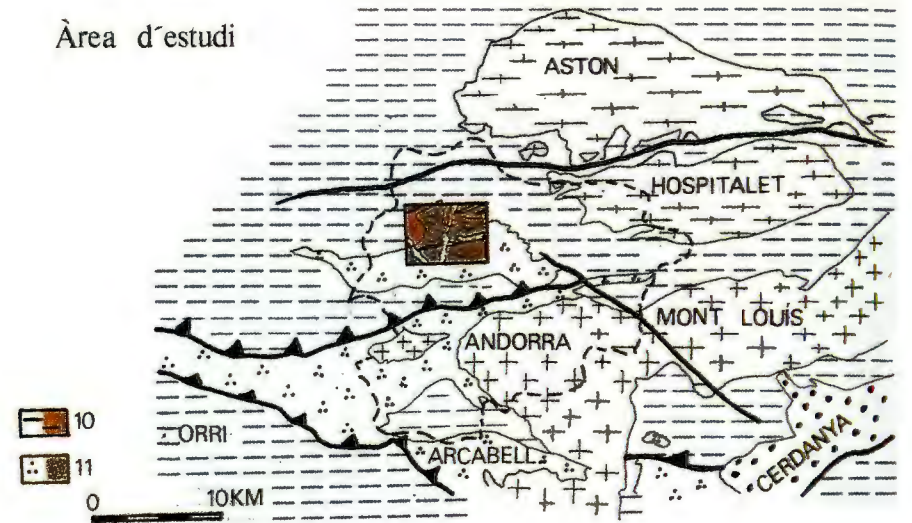


Figura 2b

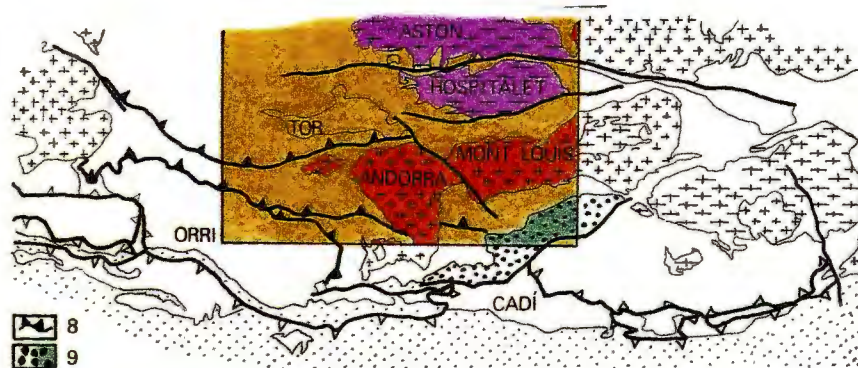
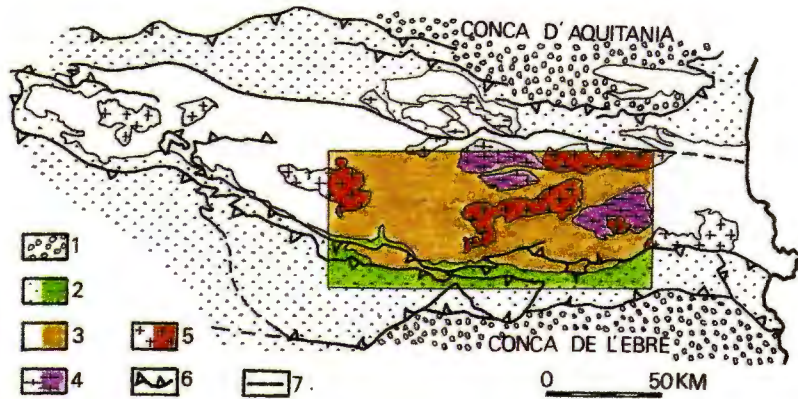


Figura 2a: Situació geològica: representació del basament Hercinià del Pirineu Central. Extracte de J. M. Casas et al., 1989.

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1- Conques d'avant país. | 2- Posthercinià sedimentari. |
| 3- Pre-hercinià metasedimentari. | 4- Gneis. |
| 5- Intrusions tardihercinians. | 6- Encavalcaments alpins. |
| 7- Fractures. | 8- Encavalcaments hercinians. |
| 9- Terciari. | 9- Terciari. |
| 10- Cambroordovicià. | 11- Silurià, Devonian i Carbonífer pre-hercinià |

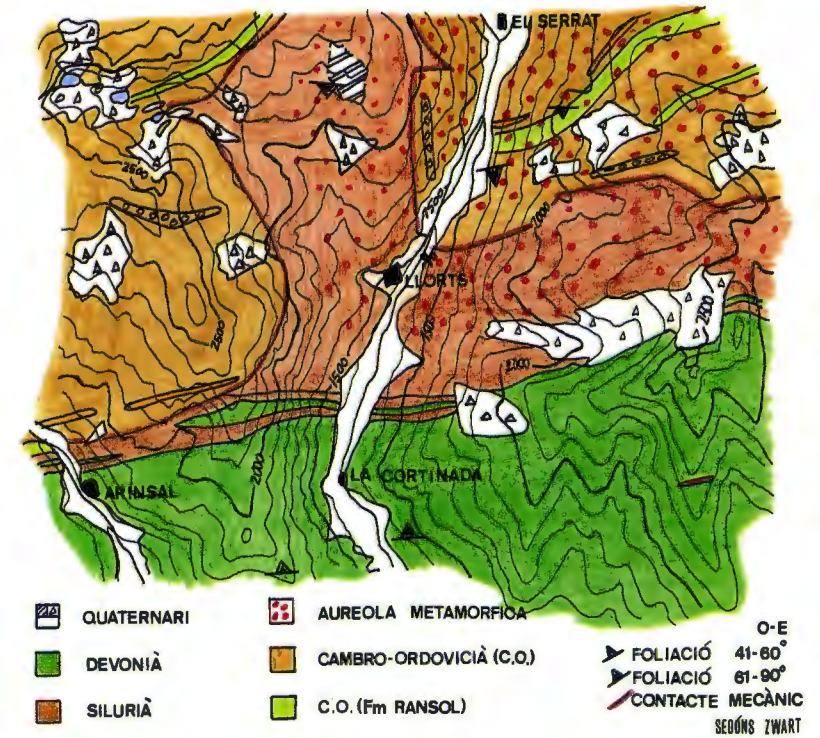


Figura 3: Extret del mapa geològic núm. 6 fet per ZWART, 1979.

Figura 4:
Mina de Llorts. Galeries i topografia.

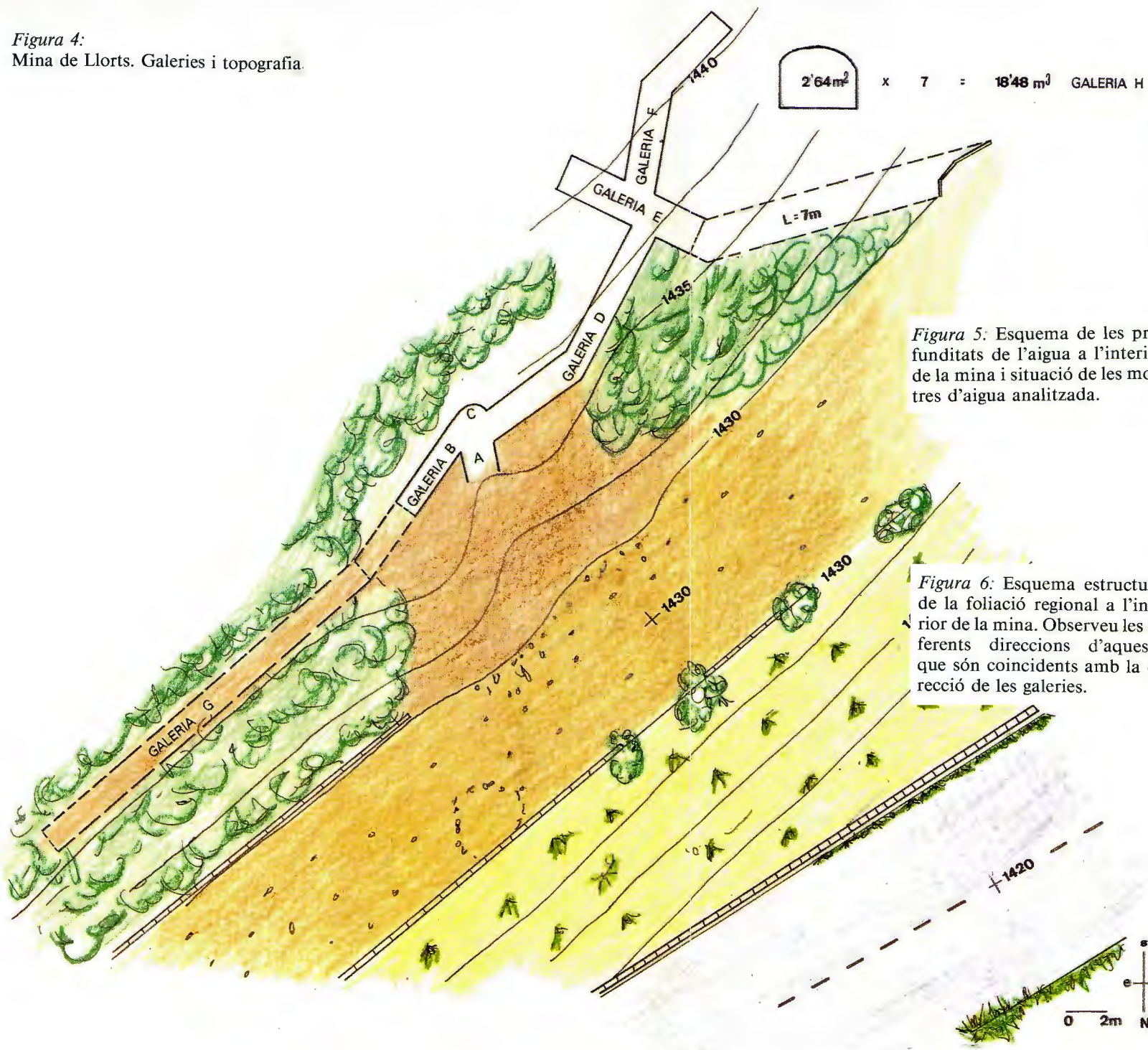


Figura 5: Esquema de les profunditats de l'aigua a l'interior de la mina i situació de les mostres d'aigua analitzada.

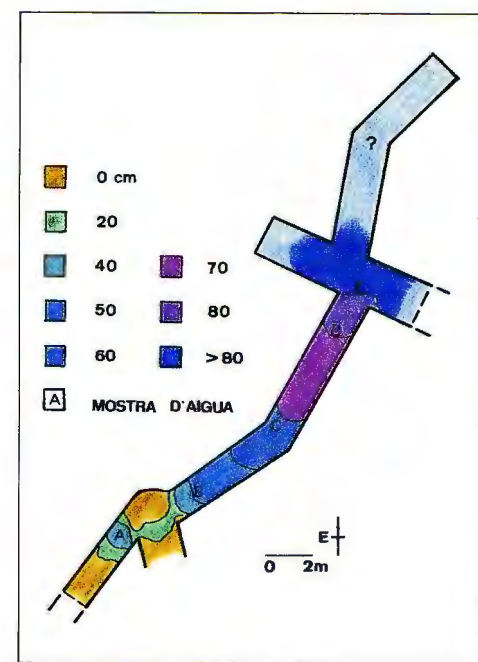
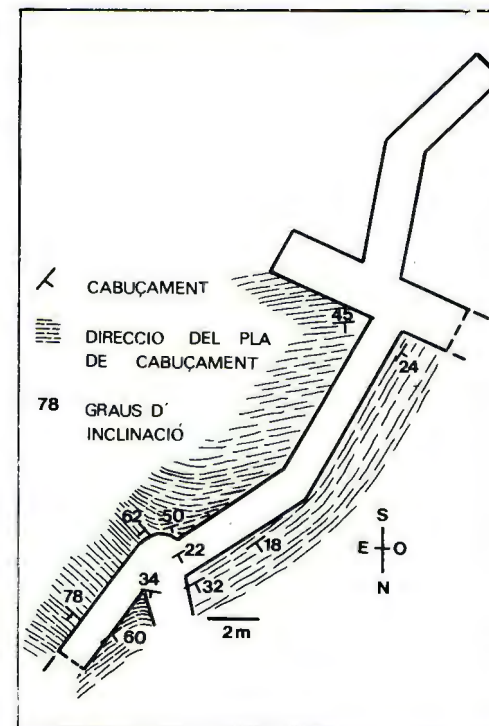


Figura 6: Esquema estructural de la foliació regional a l'interior de la mina. Observeu les diferents direccions d'aquesta, que són coincidents amb la direcció de les galeries.



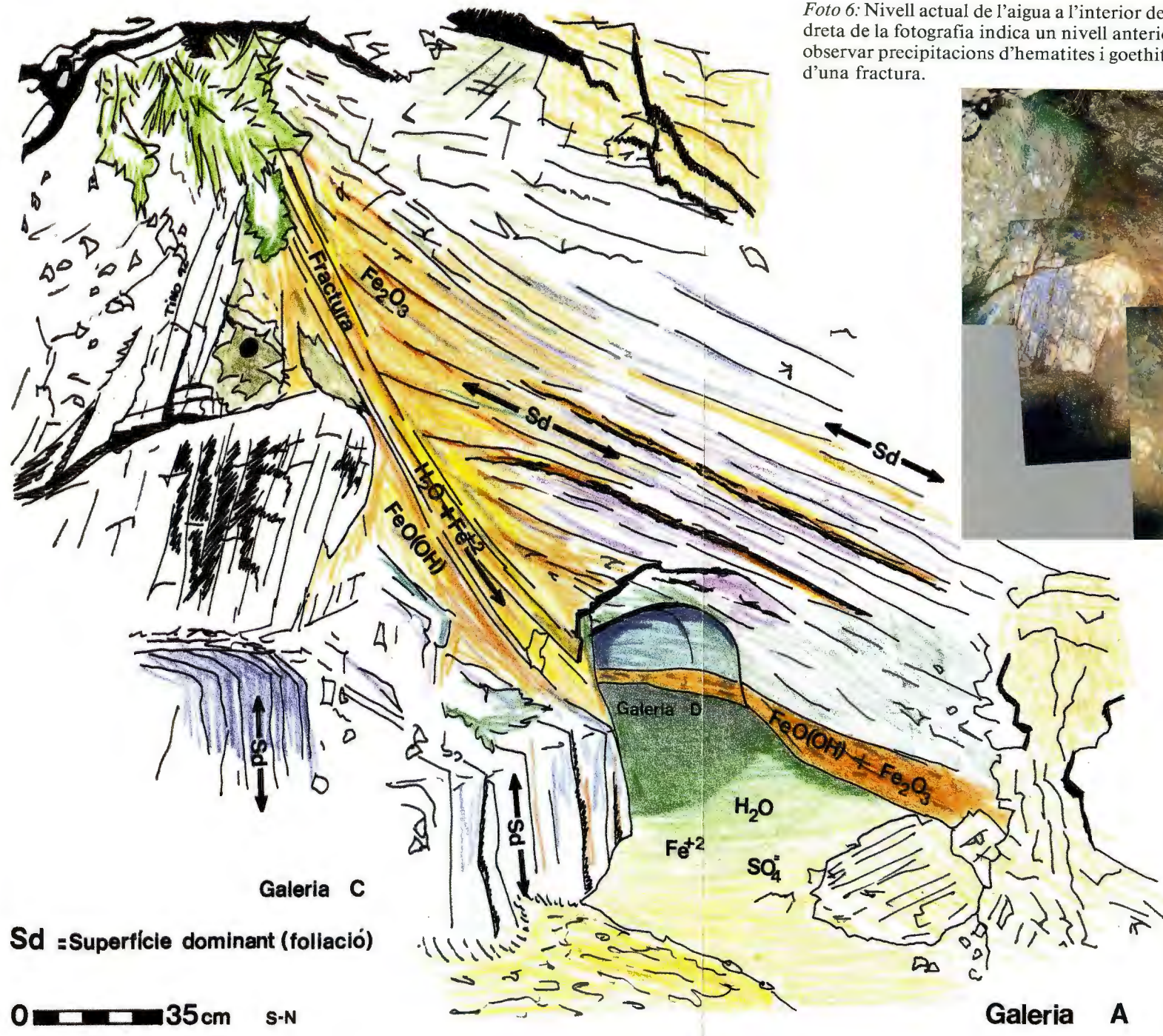


Foto 6: Nivell actual de l'aigua a l'interior de la galeria D. La goethita (color ocre) de la banda dreta de la fotografia indica un nivell anterior d'aigua més alt. A la banda esquerra es poden observar precipitacions d'hematites i goethita provinents d'aigües infiltrades a conseqüència d'una fractura.



Figura 7: Esquema interpretatiu de la foliació a l'interior de la mina. Cal remarcar les diferents direccions de la foliació a banda i banda de la galeria D. En el contacte entre aquestes dues foliacions, s'observa una major concentració d'òxids de ferro i l'existència d'elements estructurals en forma de plans, que segueixen el contacte de les dues foliacions.

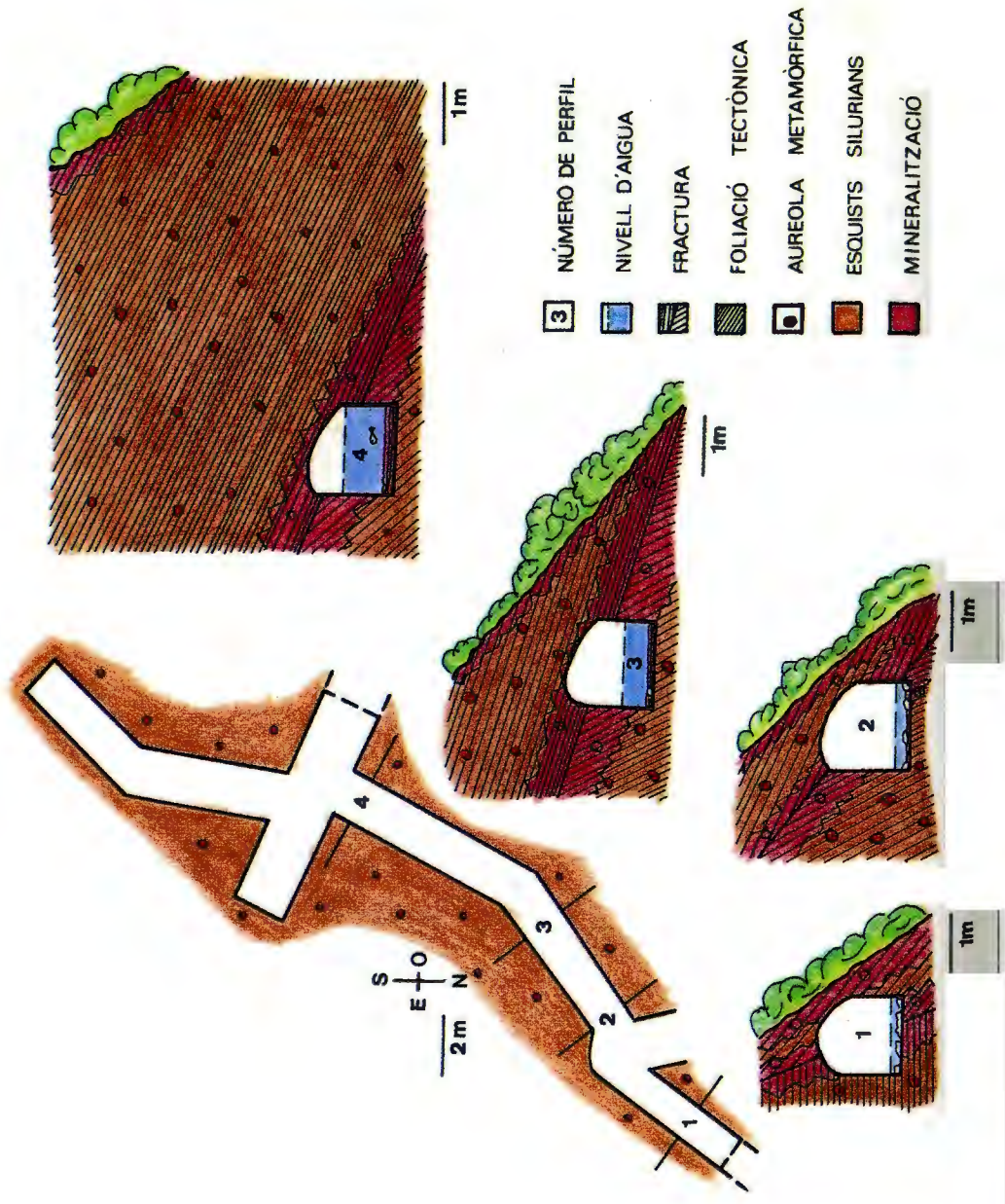


Figura 8: Seccions geològiques en diferents indrets de la mina. Cal remarcar que en tot moment les galeries estan excavades seguint la direcció del contacte de les foliacions. En aquests talls és observable com el nivell d'aigua augmenta conforme s'avança a l'interior de la mina.



Foto 1: Vista exterior de la mina de Llorç. Davant de l'entrada (galeria A), s'observen les restes del runam, actualment tallat. Hi ha diverses fonts d'aigua als voltants d'aquesta mina, fet que provoca la seva inundació. Cal remarcar també que aquestes aigües són riques en òxids de ferro.



Foto 2: Galeria B



Foto 3: Vista de la galeria A, de la galeria D. A la banda esquerra d'aquesta galeria és visible un pla de discontinuïtat en els materials, gràficament interpretat a la figura C. Aquest pla constitueix un conducte permeable on circulen aigües amb una alta concentració de Fe^{+2} que precipita en forma d'òxids (colors ocres).

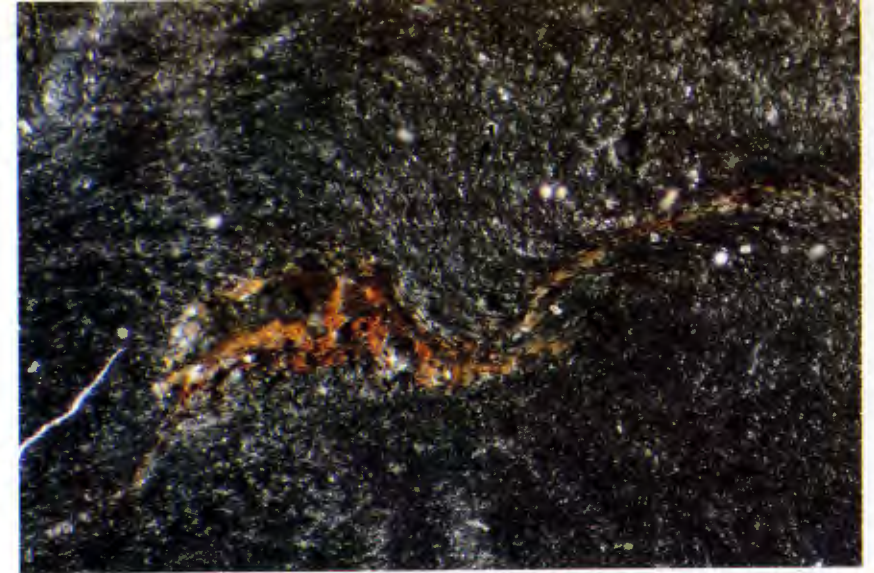


Foto 4: Ampliació a 50 augments de la roca caixa, on s'observa una petita discontinuïtat litològica de color ocre en la qual circulen aigües àcides i oxidants que alteren l'encaixant. La foliació dibuixa unes formes sinusoïdals prop de la superfície oxidada. Aquestes formes que adopta la foliació són conseqüència d'una petita cisalla, que essent com és una discontinuïtat litològica es torna permeable al pas de l'aigua i aquesta oxida els sulfurs de ferro de l'encaixant. 1=Cristall de pirita.

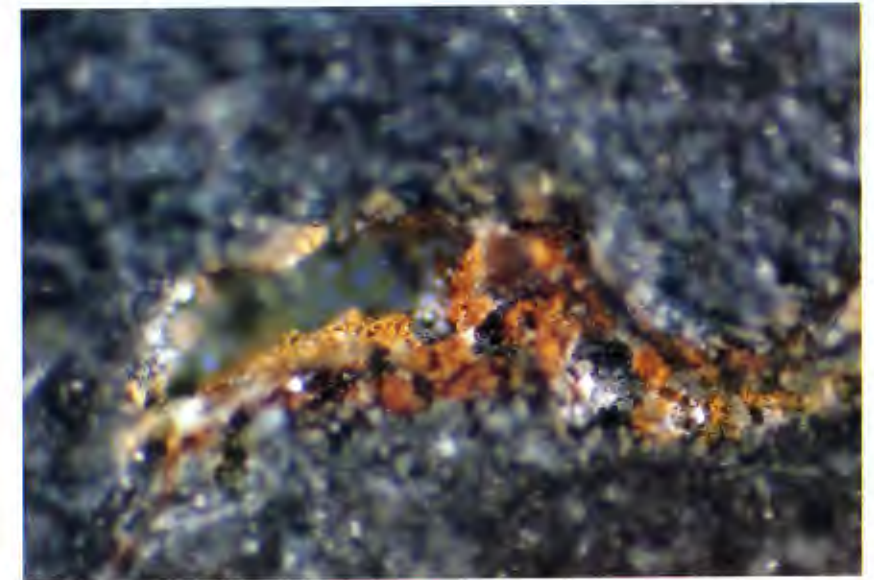


Foto 5: Ampliació a 100 augments de la roca caixa on s'observen òxids de ferro (color ocre) precipitats per les aigües que han alterat els sulfurs presents en l'encaixant.

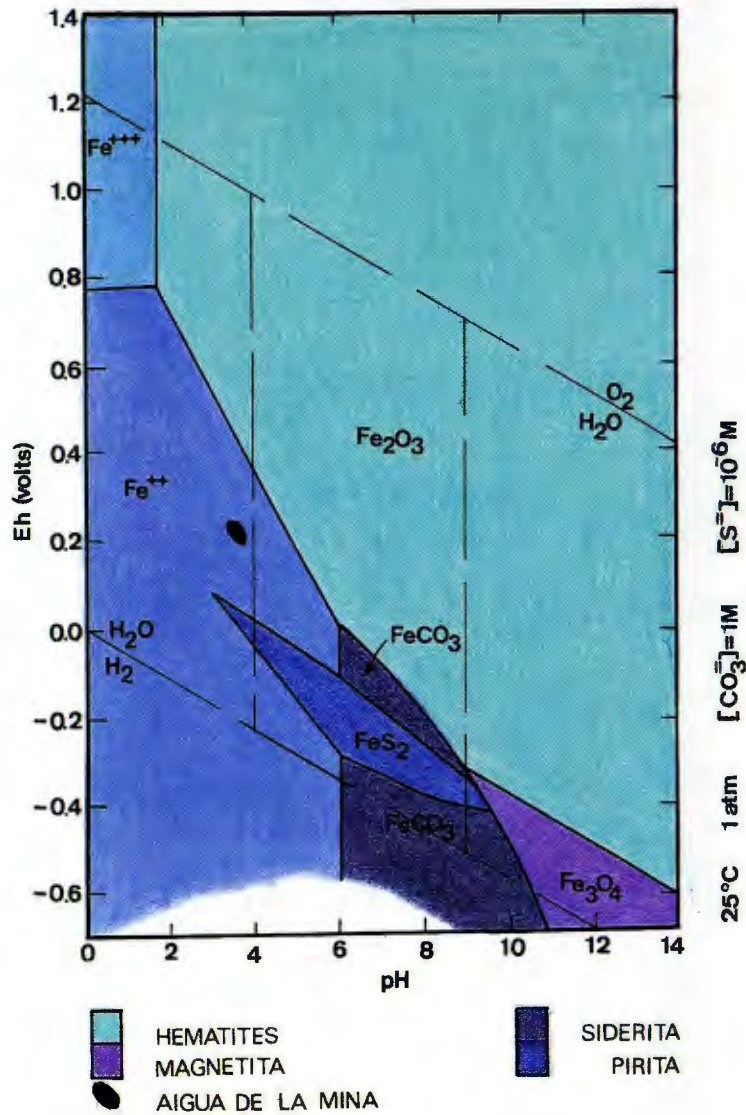


Figura 9: Camps d'estabilitat per a alguns minerals de ferro (K. B. Krauskoph, 1979), en condicions normals de pressió i temperatura. L'aigua de la mina està en el camp d'estabilitat de Fe⁺².

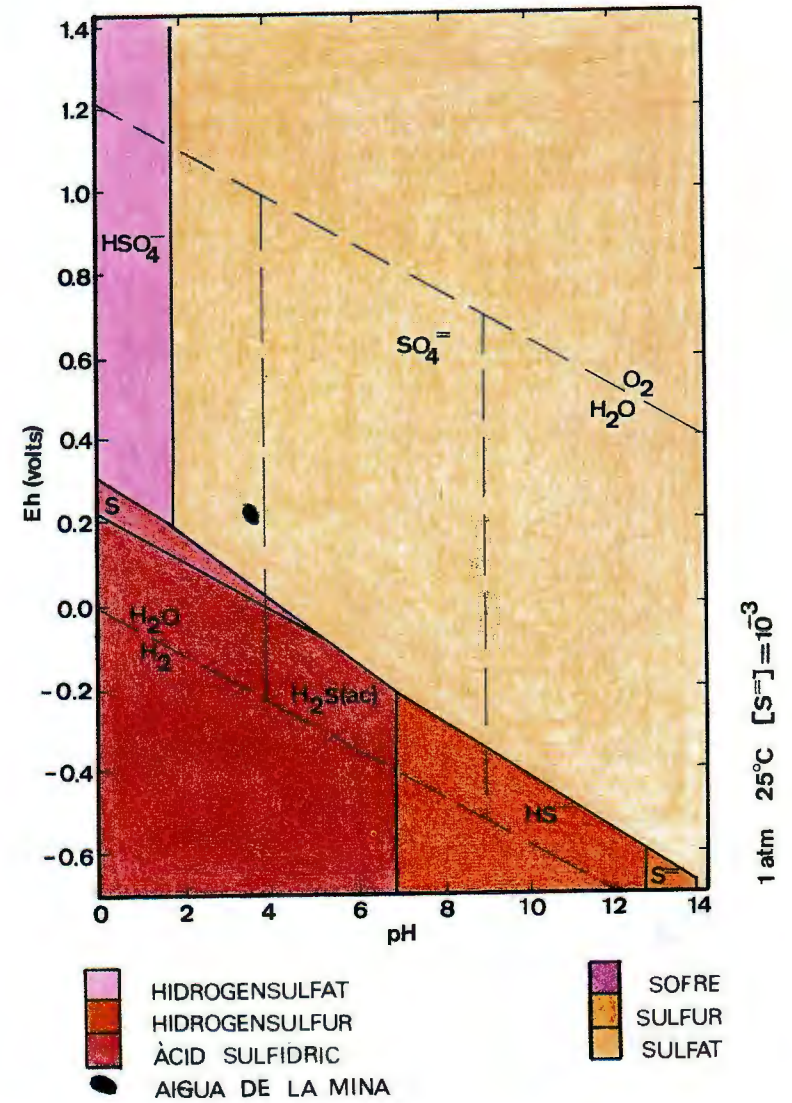
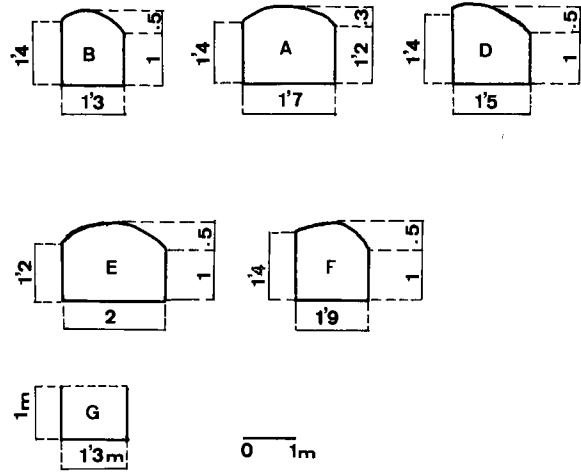


Figura 10: Camp d'estabilitat per a algunes espècies sulfuroses (K. B. Krauskoph, 1979), a condicions normals de pressió i temperatura. L'aigua de la mina es troba situat en el camp d'estabilitat del sulfat.

MINA DE LLORTS

GALERIES, DIMENSIONS I CÀLCUL DEL VOLUM EXTRET

DIMENSIONS



CÀLCUL DE L'ÀREA DE LES DIFERENTS SECCIONS DE GALERIES

$$2'64 = 1'9 + 0'38 + 0'36 \text{ m}^2 \quad \text{GALERIA F}$$

$$2'64 = 2 + 0'2 + 0'44 \text{ m}^2 \quad \text{GALERIA E}$$

$$2'08 = 1'5 + 0'3 + 0'28 \text{ m}^2 \quad \text{GALERIA D}$$

$$2'45 = 1'7 + 0'17 + 0'58 \text{ m}^2 \quad \text{GALERIA A}$$

$$1'82 = 1'3 + 0'13 + 0'39 \text{ m}^2 \quad \text{GALERIA B}$$

$$1'3 = 1'3 \quad \text{GALERIA G}$$

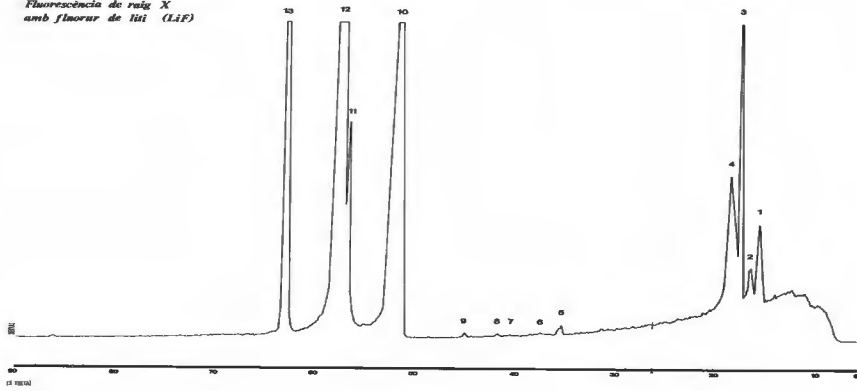
CÀLCUL DEL VOLUM

GALERIA	SECCIÓ		LONGITUT		VOLUM
A	2'45 m ²	x	3 m	=	7'35
B	1'82	x	8'7	=	15'83
C				=	3'24
D	2'08	x	12'2	=	25'37
E	2'64	x	7'9	=	20'85
F	2'64	x	9'2	=	24'28
G	1'3	x	21	=	27'30
TOTAL					= 124'22 m³

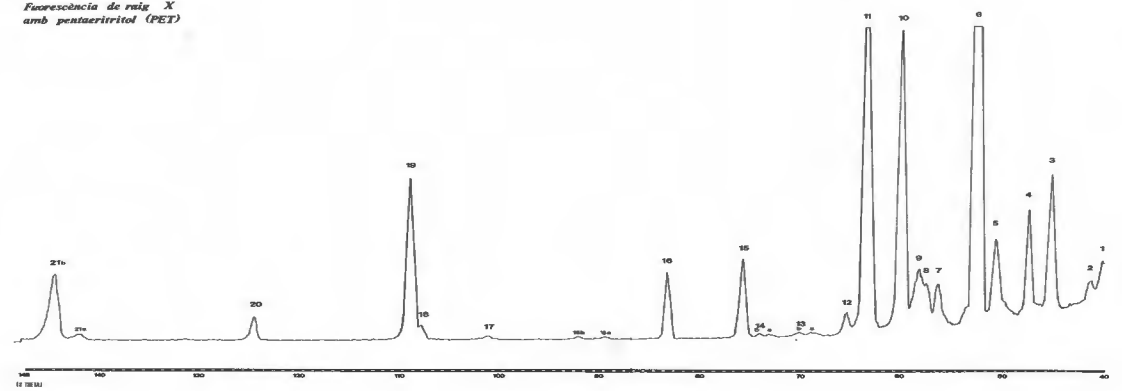
Figura 11: Esquema representatiu de les dimensions de les galeries i càlculs de la mina (galeries A, B, C, D i G). Tenen unes dimensions més reduïdes i irregulars que les galeries E i F, fet que fa suposar dues fases tecnològiques en la seva explotació.

LA MINA DE LLORTS

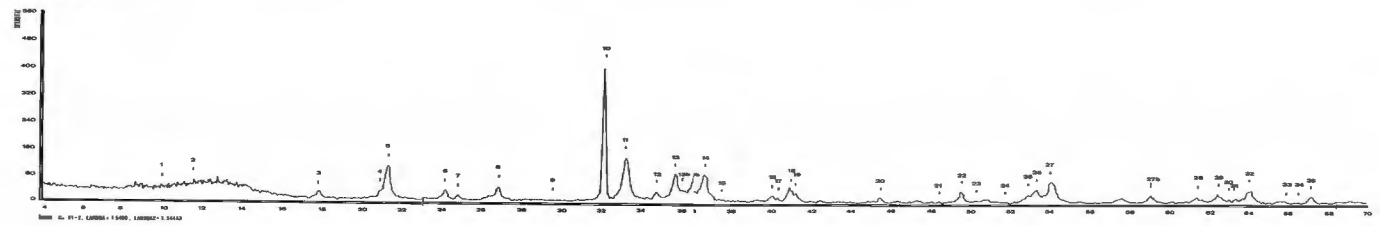
Fluorescència de raig X amb fluorur de liti (LIF)



Fluorescència de raig X amb pentaeritritol (PET)



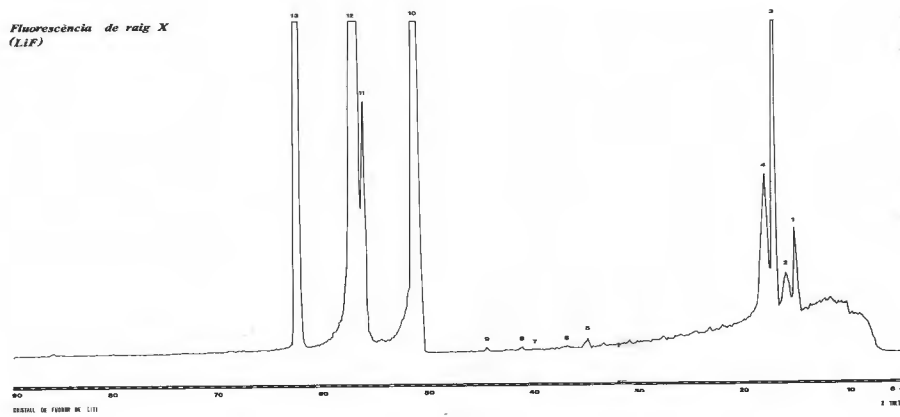
Difracció de raig X anode de coure (Cu)



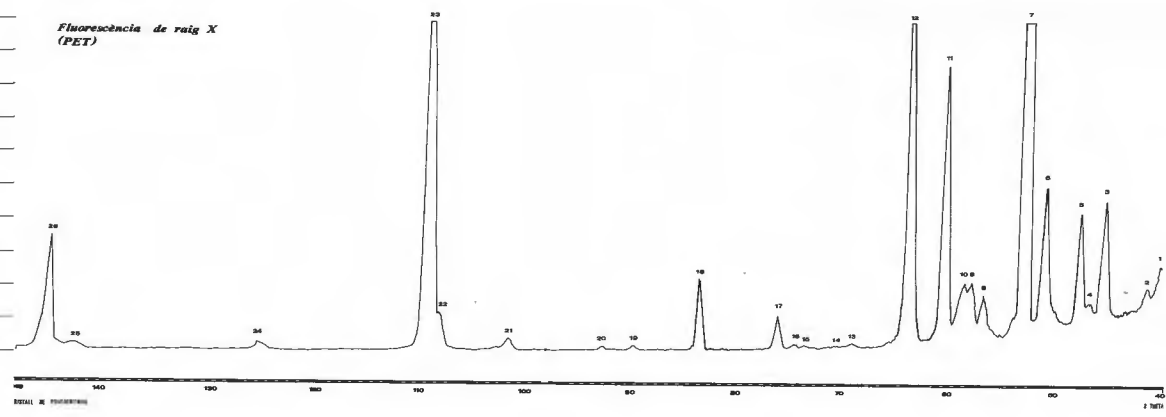
MOSTRA 1

Diagrama de fluorescència i difracció de raigs x per la mostra 1 i 2

Fluorescència de raig X (LIF)

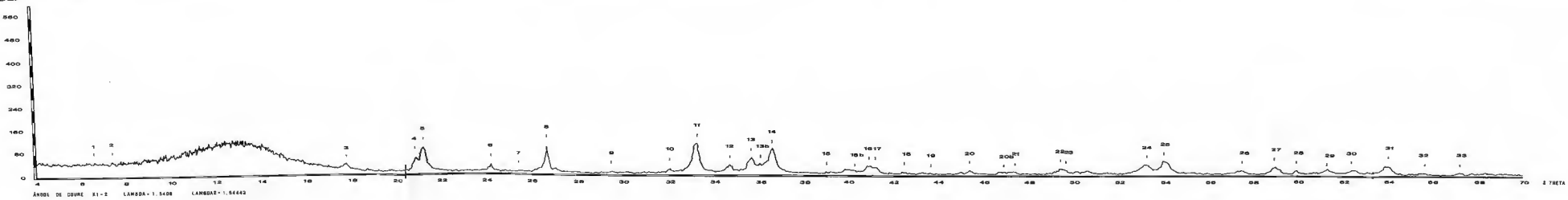


Fluorescència de raig X (PET)



DEPARTAMENT DE FÍSICA DE LLIBRE

Difracció de raig X (Cu)



MOSTRA 2