



Grup
Mineralògic
Català

1/2021

INFORMINER 79



Sumari

Les anàlisis del GMC

Mimetita rica en calci o hedifana? Pedreres de Sant Fost de Campsentelles, Vallès Oriental, Barcelona3
Xavier Rodriguez, Josep Antoni Ignacio, Emilio Téllez, Adof Cortel, Jordi Ibañez-Insa, Joan Rosell

Quan els minerals i la química creen bellesa 18
Antoni Brun

Portar ulleres: una protecció extra per a la radiació UV d'ona curta.....25
Adolf Cortel

Geologia i recorreguts geològics/mineralògics

Thomsenolita, pacnolita i hidrocenoralstonita: tres minerals tipus de la localitat de Ivigtut. Grenlàndia.27
Paulí Gispert

La regió de Grimsel (Suïssa), paradís del quars. Les cavitats de cristalls de Gerstenegg..... 34
Paulí Gispert

Miscelània

De l' "Enciclopèdia Escolar Catalana" (1931) 43
Jordi Escuer

Restauració de la Creu de l'Àngel de Salvador Dalí..... 51
Joan Rosell

Origen dels elements químics. Per què no n'hi ha més elements que els que apareixen a la taula periòdica?..... 60
Eduard Bes. Llicenciat en Química

Portada: Galena. Pedrera "Berta", Sant Cugat del Vallès-el Papiol, Barcelona.
Foto i col.: José Antonio Soldevilla

Mimetita rica en calci o hedifana?

Pedreres de Sant Fost de Campsentelles, Vallès Oriental, Barcelona.

XAVIER RODRÍGUEZ
GRUP MINERALÒGIC CATALÀ
TERRASSA

ADOLF CORTEL
GRUP MINERALÒGIC CATALÀ
OLESA DE MONTSERRAT

JOSEP ANTONI IGNACIO
GRUP MINERALÒGIC CATALÀ
MONTORNÈS DEL VALLÈS

JORDI IBÁÑEZ-INSÀ
GRUP MINERALÒGIC CATALÀ
GEOCIÈNCIES BARCELONA (CSIC)

EMILIO TÉLLEZ
GRUP MINERALÒGIC CATALÀ
VILANOVA DEL VALLÈS

JOAN ROSELL
GRUP MINERALÒGIC CATALÀ
EL PRAT DEL LLOBREGAT

Resum

L'hedifana és una espècie que presenta solució sòlida amb la mimetita, en funció de la seva composició en Ca i Pb, establint-se el límit entre una espècie i una altra per a $Pb/Ca=4$. Entre les fórmules químiques teòriques de totes dues espècies s'han reportat exemplars en la literatura amb composicions intermèdies, rebent noms com mimetita càlcica (o 'Ca-bearing mimetite' en anglès).

En les pedreres de Sant Fost de Campsentelles hem trobat exemplars d'aquest tipus sobre les quals hem aplicat un complet procés analític (LIBS, Raman, SEM-EDS, DRX, EPMA), amb la intenció d'obtenir una possible primera cita d'hedifana a Catalunya. No obstant això, l'estudi en profunditat de les mostres ha servit per a posar en relleu la gran complexitat d'identificar minerals d'aquest tipus, amb una composició molt pròxima al límit entre dues espècies d'una solució sòlida.

Paraules clau: Sant Fost de Campsentelles, hedifana, mimetita.

Abstract

Hedyphane is a mineral species that exhibits a solid solution with mimetite as a function of Ca and Pb content. The limit between both species is found at $Pb / Ca = 4$. Specimens with intermediate compositions have been reported in the literature, where they are named as calcium mimetite or Ca-bearing mimetite. In the Sant Fost de Campsentelles quarries we have found specimens of this type. We have thoroughly studied these samples by means of different analytical techniques (LIBS, Raman, SEM-EDS, XRD), with the aim of obtaining a possible first citation of hedyphane in Catalonia. However, the in-depth study of the samples has served us to highlight the great complexity of identifying minerals of this type, with a composition very close to the limit between two species of a solid solution.

Keywords: Sant Fost de Campsentelles, hedyphane, mimetite.

Introducció

Aquests últims anys hem dut a terme un intens treball de camp en les pedreres de Sant Fost de Campsentelles que ha resultat en troballes mineralògiques interessants i que es publicaran pròximament en les revistes *Mineralogistes de Catalunya* i *Paragénesis*.

Després de comunicar la troballa de la willemita fa uns mesos, volem ara compartir la troballa d'una segona espècie interessant; es tracta d'una mimetita rica en calci que podria finalment considerar-se hedifana, si així ho acaben de confirmar els estudis que actualment s'estan realitzant.

Obtenció i descripció de les mostres

En un filó hidrotermal amb fluorita, calcita, barita, quars, galena i minerals secundaris de plom, es van recollir unes mostres que, sota augment, mostraven uns cristalls prismàtics hexagonals blancs, amb lluïssor mat.

Aquests cristalls es presenten en les cavitats dins la fluorita i s'acompanyen de cerussita i galena alterada. Són cristalls amb facetes terminals

de la bipiràmide hexagonal i s'agrupen en feixos entrecreuats, amb una distribució caòtica.

Les diferències amb la mimetita trobada en el mateix filó respecte al seu aspecte, la distribució dels seus cristalls i la seva associació a cerussita i mai a wulfenita, com passa amb la mimetita, ens va fer pensar en la possibilitat que ens trobéssim davant una espècie diferent a la mimetita.



Cristalls del mineral en estudi, en agregats aciculars. C.V.: 6 x 3 mm. Foto i col.: Xavier Rodríguez.



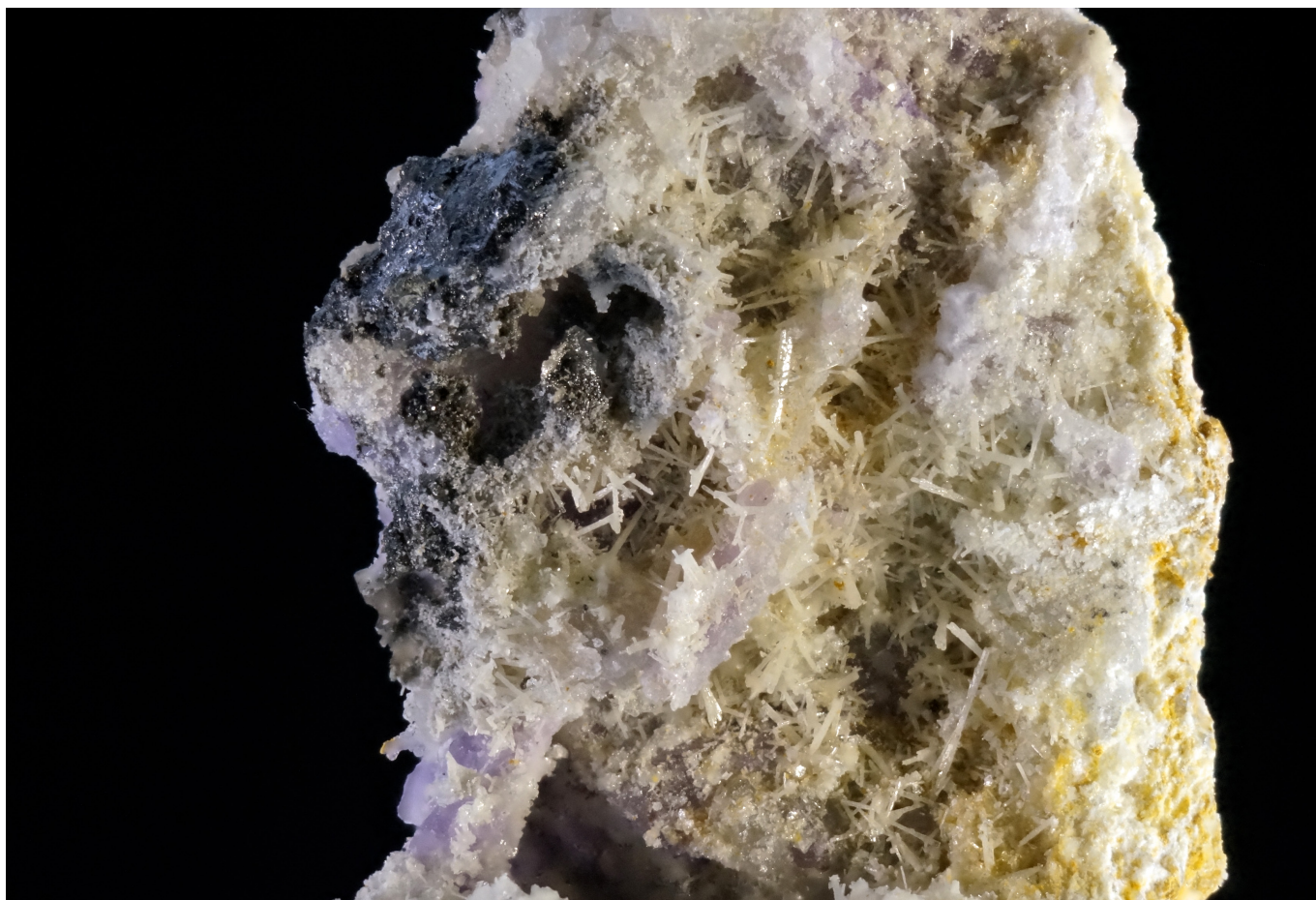
Cristalls de mimetita del mateix filó. C.V.: 6 x 3 mm. Foto i col.: Xavier Rodríguez.



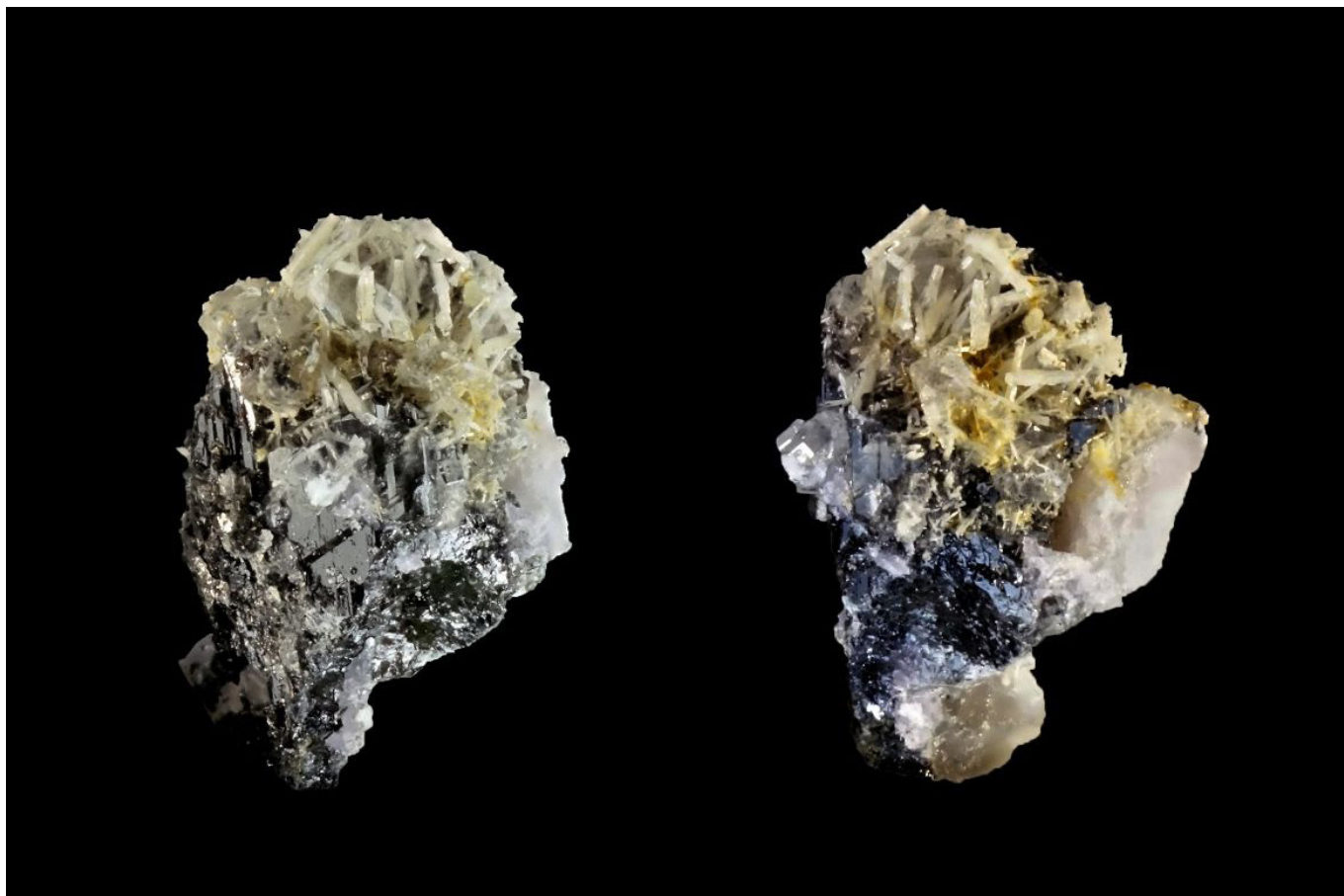
Cerussita envoltada per cristalls del mineral en estudi. C.V.: 3 x 2 mm. Col. i foto: Xavier Rodríguez.



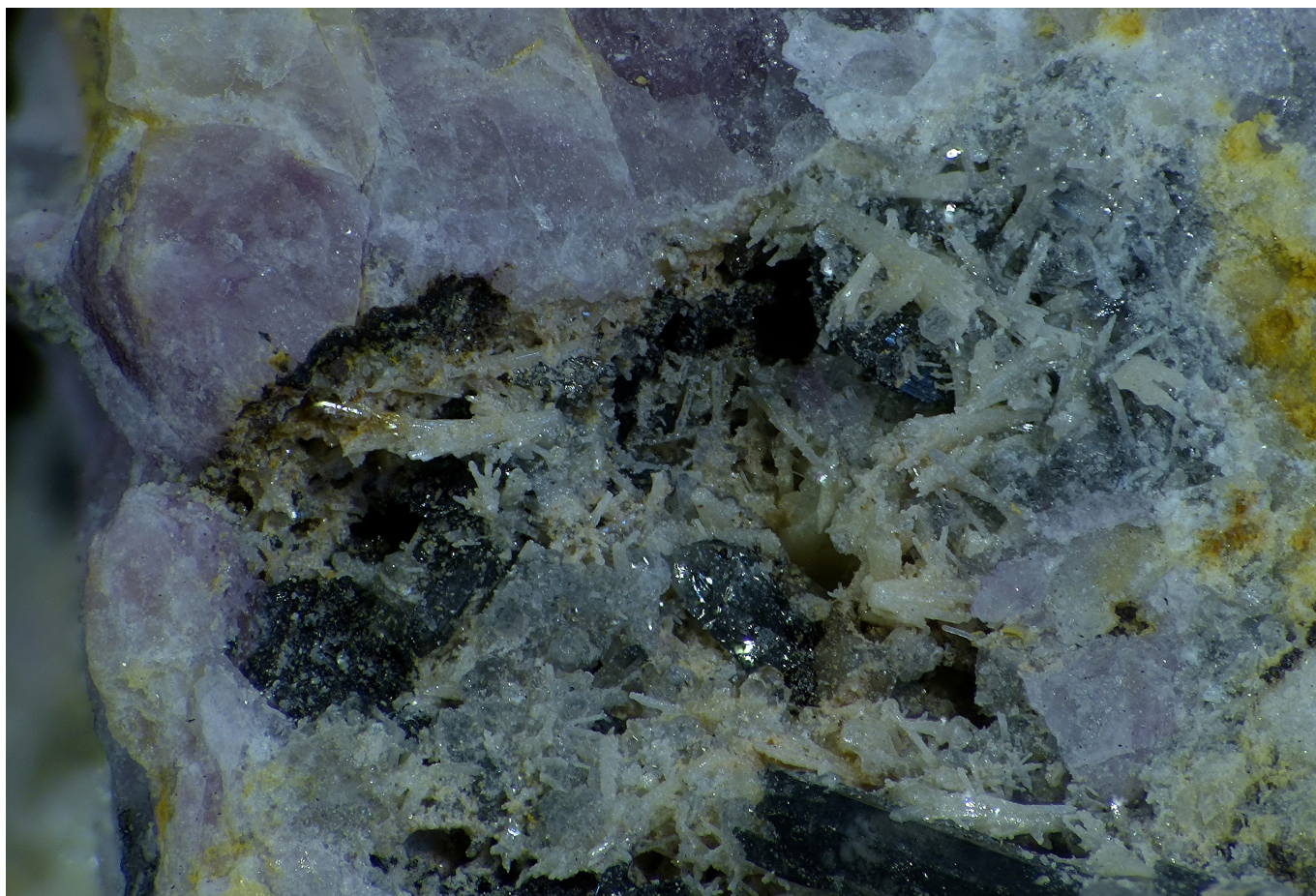
Agregats de cristalls prismàtics formant feixos del mineral en qüestió. C.V.: 3 x 2 mm. Foto i col.: Xavier Rodríguez.



Cristalls prismàtics amb orientacions diverses. C.V: 2x1 cm. Foto i col.: Josep Antoni Ignacio.



Cristalls del mineral en estudi presentant feixos entrecreuats, sobre calcita. Vistes de l'exemplar, anvers i revers. Mides: 2 x 3mm. Foto i col.: Josep Antoni Ignacio.



Cristalls prismàtics en agregats divergents acompanyats de galena i fluorita. C.V.: 6 x 3 mm. Foto i col.: Xavier Rodríguez.



Cristalls del mineral en estudi acompanyats d'un altre interessant mineral del qual es parlarà en l'article general. C.V.: 6 x 3 mm. Foto i col.: Xavier Rodríguez.

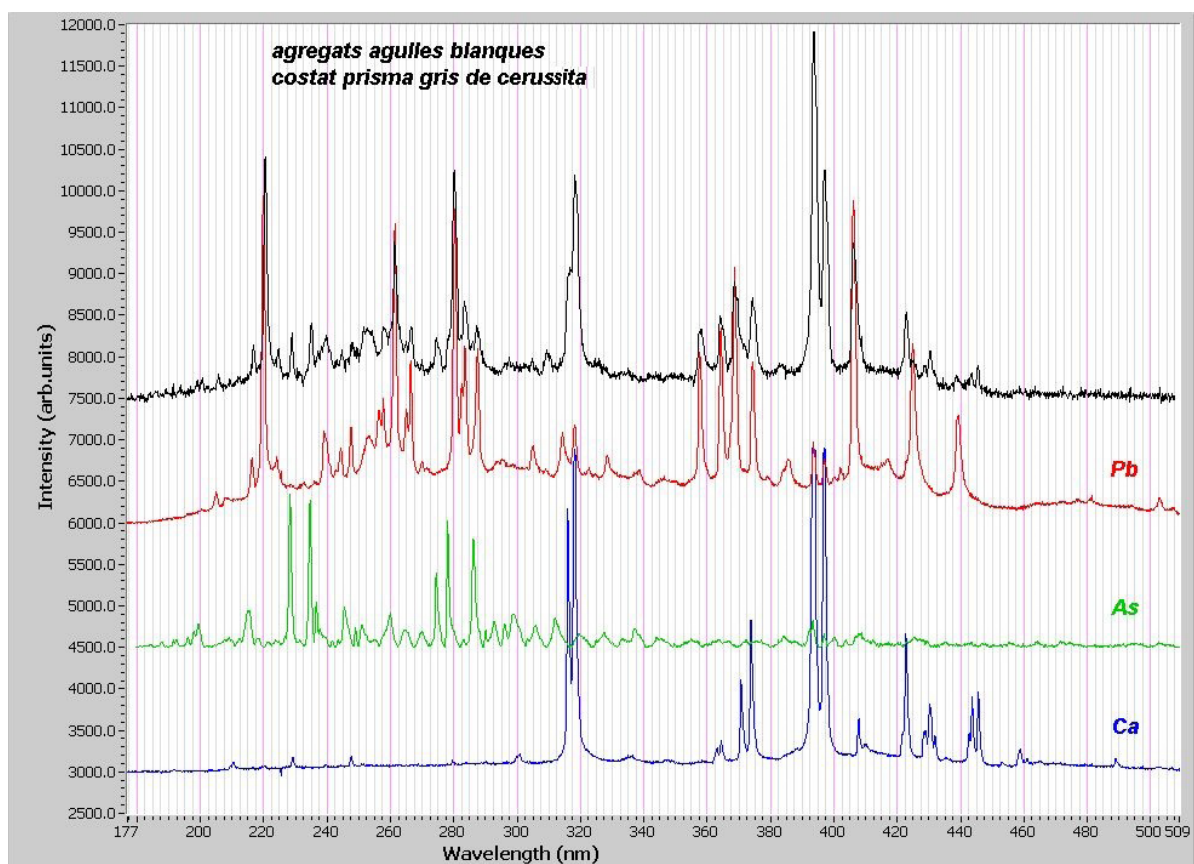
Estudi de determinació mineralògica

Mesures de LIBS i d'espectroscòpia RAMAN

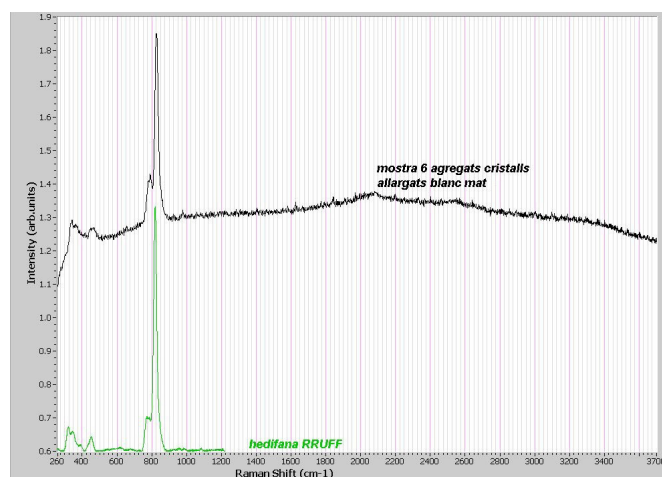
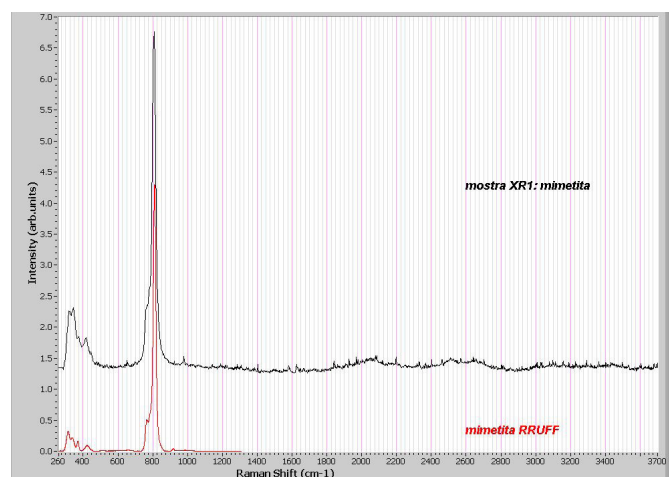
Per a identificar el mineral, en primer lloc, es van dur a terme mesures de LIBS. Els experiments de LIBS van ser realitzats fent incidir sobre la mostra un feix de làser Kigre de 1064 nm i utilitzant un espectròmetre Ocean Optics USB2000 per a detectar l'espectre d'emissió del mineral.

Les mesures de Raman van ser excitées amb un làser de 532 nm i detectades amb un espectròmetre amb configuració Czerny-Turner i xar-

xa de difracció de 1200 línies/mm. Mentre que el LIBS indica que el mineral conté Ca, Pb i As, els espectres Raman són compatibles amb les referències per a l'hedifana i per a la mimetita que es troben en la base de dades RRUFF. Tots dos minerals presenten un espectre Raman molt similar, per la qual cosa aquesta tècnica no permet diferenciar-los.



Espectre LIBS del mineral en estudi. Font: Adolf Cortel.



Espectres Raman del mineral en estudi i de la mimetita, tots dos del mateix filó. Font: Adolf Cortel i projecte RRUFF (rruff.info).

Difracció de raigs X

Buscant un altre mètode que ens ajudi a aclarir l'espècie mineral en estudi, s'han realitzat mesures de difracció de raigs X (DRX) en pols del mineral. Aquesta anàlisi s'ha dut a terme en els laboratoris de l'Institut de Geociències de Barcelona (GEO3BCN), antic Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera", pertanyent al CSIC. Per a això, s'ha utilitzat un difractòmetre Bruker D8-A25, equipat amb un tub de Cu i un detector de tipus PSD ('position sensitive detector' en anglès).

Cal destacar, en primer lloc, que el difractograma obtingut no mostra plena coincidència amb cap dels patrons de difracció existents en les bases de dades disponibles (PDF-2 i COD) per a la mimetita o l'hedifana. S'ha realitzat un "full-pattern matching" del difractograma usant el mètode de Pawley, utilitzant les reflexions del grup espacial P63/m on cristal·litzen tots dos minerals. Això ha permès obtenir els paràmetres de xarxa del mineral: $a = 10,182 \text{ \AA}$, $c = 7,321 \text{ \AA}$ i $c/a = 0,719$.

Mentre que el valor a és clarament més pròxim al de l'hedifana ($10,14 \text{ \AA}$ per a l'hedifana vs $10,25 \text{ \AA}$ per a la mimetita), el valor de c obtingut és pròxim a la mitjana entre tots dos minerals, encara que lleugerament més pròxim al de la mimetita ($7,185 \text{ \AA}$ per a l'hedifana vs $7,454 \text{ \AA}$ per a la mimetita). Encara que el valor del paràmetre a és pròxim al de l'hedifana, aquests resultats suggereixen que el mineral es troba al voltant del límit mimetita-hedifana, per la qual cosa concloem que la DRX tampoc permet identificar-lo de manera definitiva.

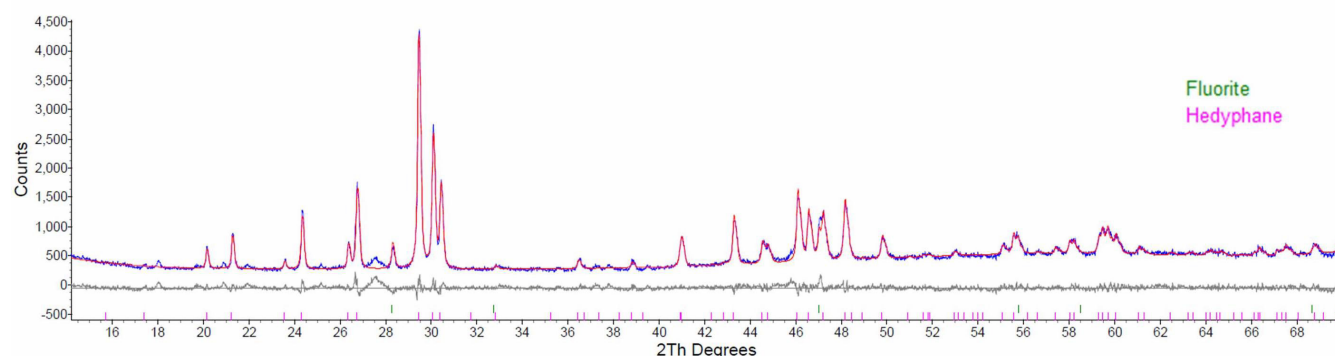
SEM-EDS

Per a la majoria de minerals, un estudi mitjançant LIBS, espectroscòpia RAMAN i/o DRX hauria de ser suficient per a identificar l'espècie. Però en aquest cas, sobretot suposant que la determinació d'hedifana seria la primera cita a Catalunya, resulta imprescindible obtenir informació elemental de les mostres.

Per a això, s'han realitzat mesures addicionals de SEM-EDS en les instal·lacions dels Centres Científics i Tecnològics de la UB (CCiTUB), per part dels co-autors Adolf Cortel i Joan Rosell.

Aquestes mesures s'han realitzat amb dos microscopis electrònics d'escombratge (SEM) diferents: un microscopi convencional, concretament un SEM FEI QUANTA 200 amb un detector EDS Thermo Fischer UltraDry de 30 mm^2 , i un altre de tipus "Field Emission" (FE-SEM) JEOL J7100 amb detector EDS Oxford Instruments X-act de 40 mm^2 i programari de control AZtecLive. Aquest últim proporciona una major resolució i mesures quantitatives més precises. Tots dos aparells estan equipats amb un detector EDS per a detectar l'emissió característica de raigs X de les mostres i així poder identificar i quantificar els elements majoritaris de les mostres analitzades.

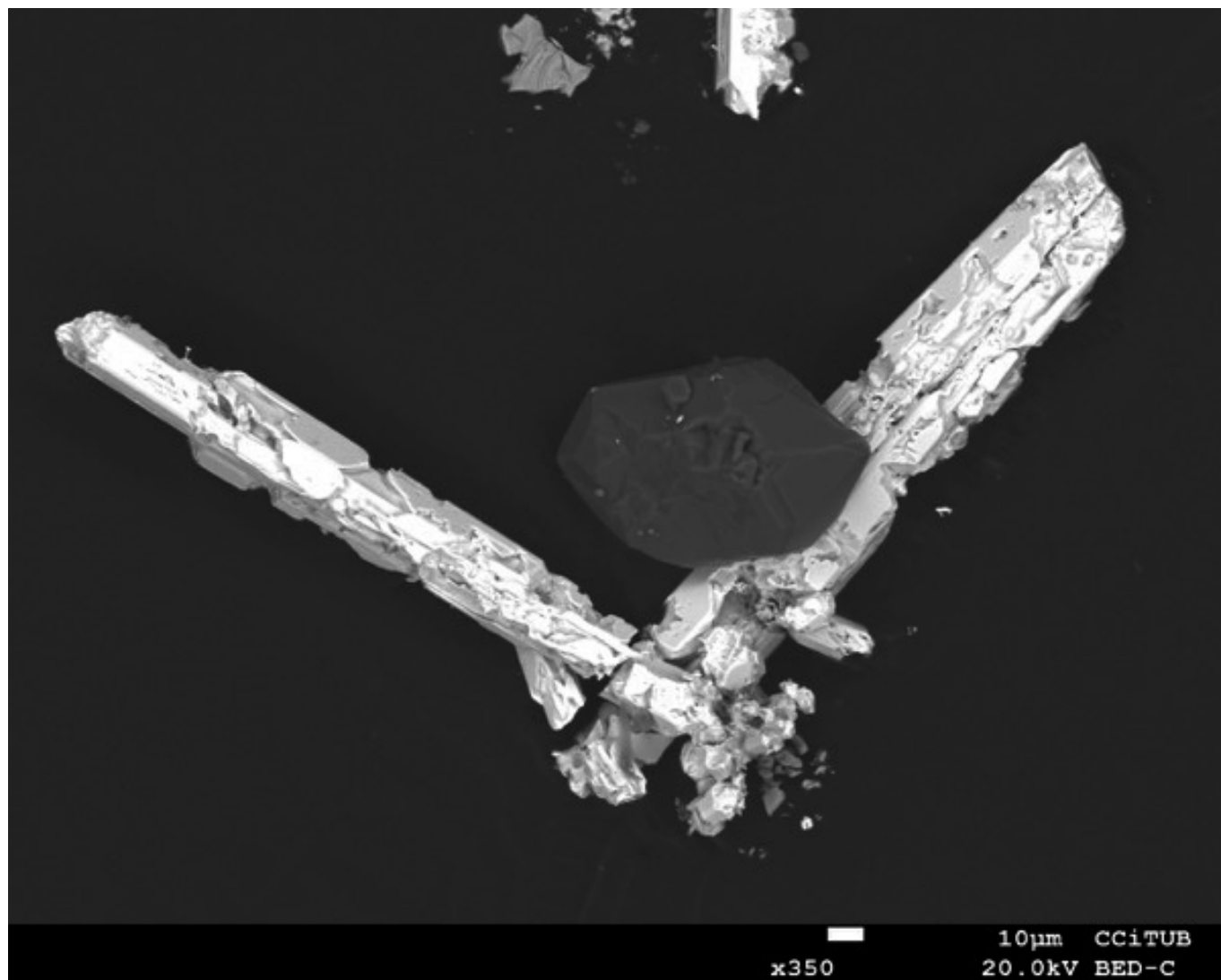
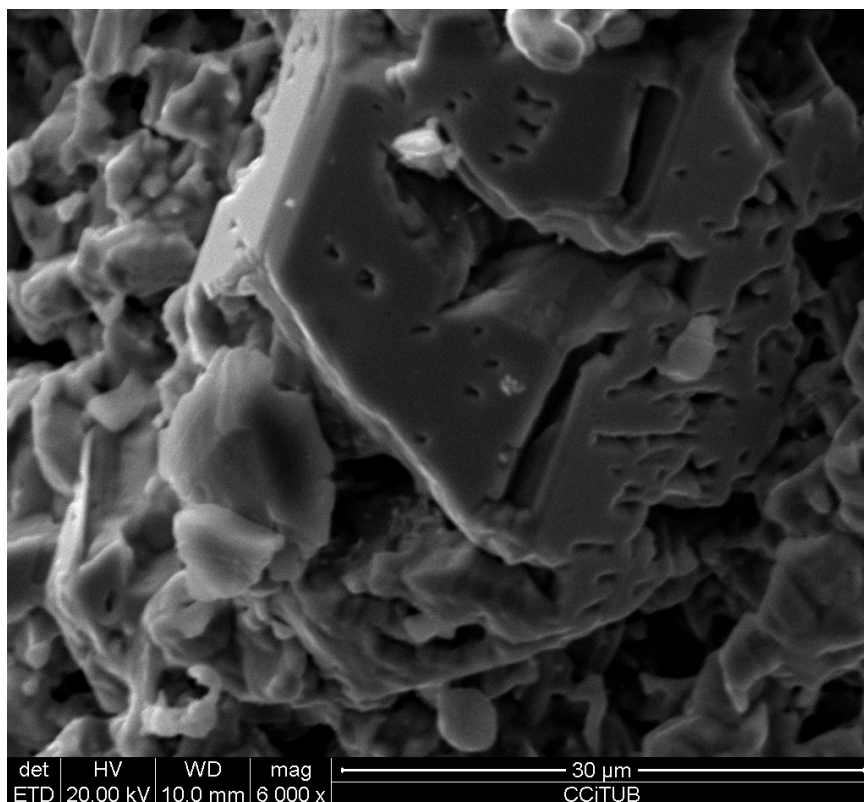
Per a les mesures de SEM-EDS realitzades amb tots dos equips, s'han preparat unes mostres en proveta polida.



Petits fragments del mineral van ser inclosos en resina acrílica i es va procedir al seu poliment, obtenint-se seccions dels cristalls a analitzar el més llises possible. Això afavoreix que el feix d'electrons del SEM-EDS incideixi de manera perpendicular a aquesta superfície plana.

D'aquesta manera, es minimitzen la dispersió d'electrons i la subsegüent emissió de raigs X d'àtoms d'altres minerals acompanyants que no ens interessa analitzar i que podrien aparèixer en l'espectre recollit.

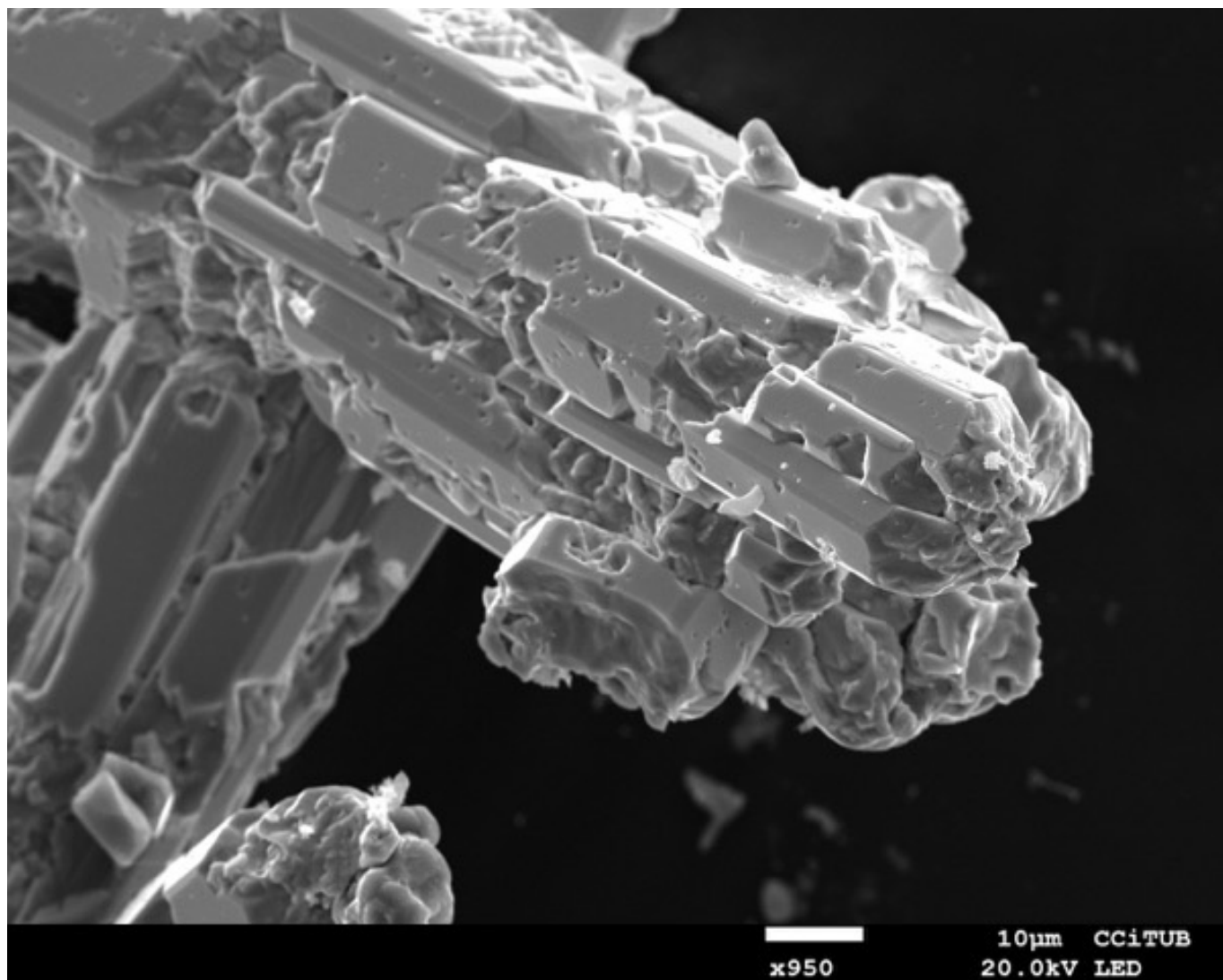
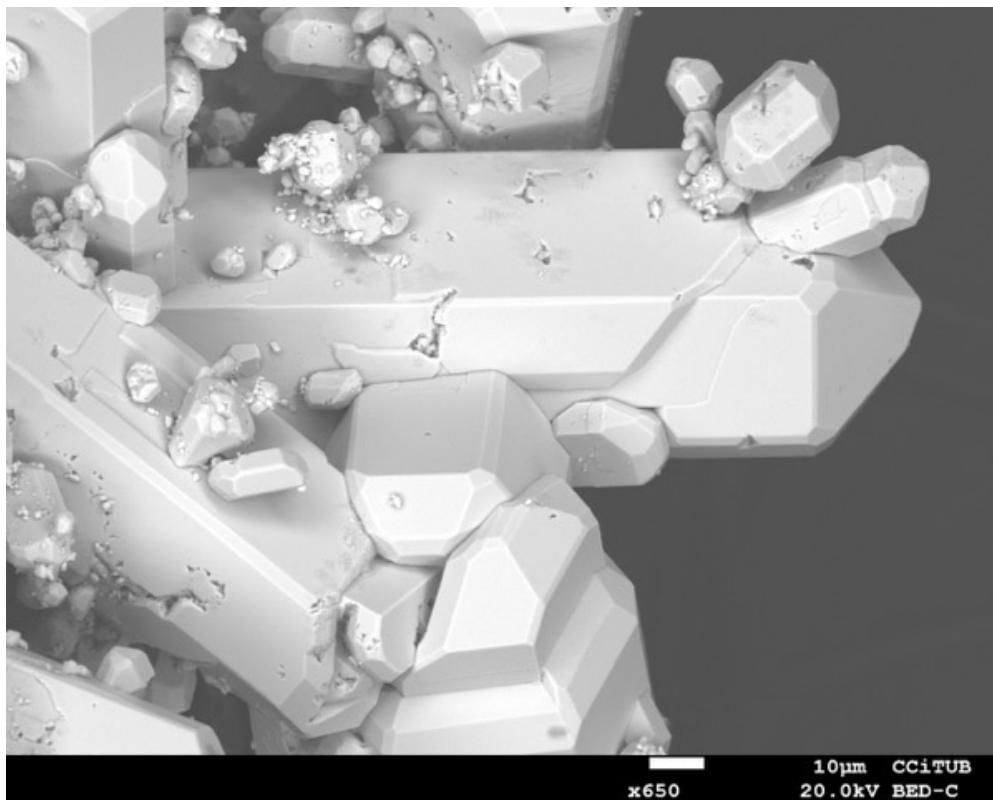
Imatge SEM del mineral en estudi. En el cas de la mimetita els cristalls apareixen amb les cares llises, mentre que els de la possible hedifana apareixen esquerdats i foradats com si haguessin sofert un procés d'alteració. Font: Adolf Cortel.



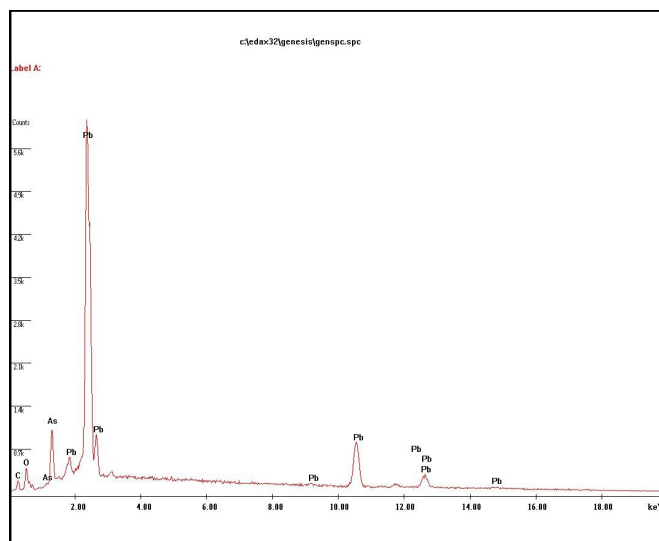
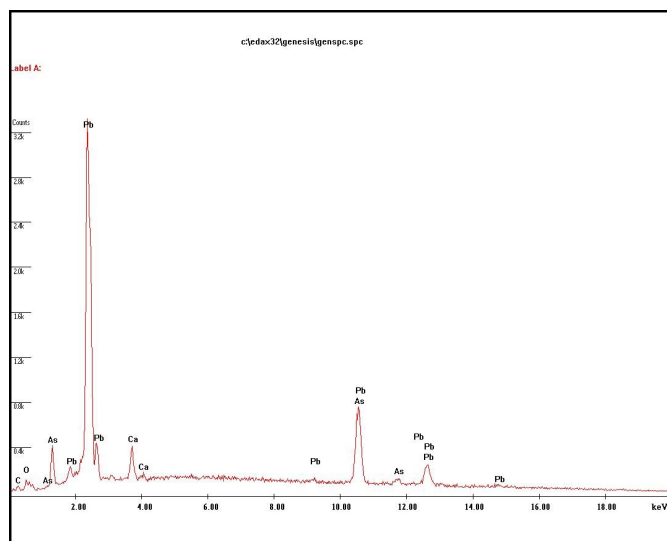
Imatge SEM amb electrons retrodispersats (BSE) del mineral en estudi (blanc), juntament amb un cristall de quars (més fosc). Font: Joan Rosell.

D'altra banda, en les mostres polides la distància i angle amb el detector es manté constant, afavorint la reproductibilitat i fiabilitat de les lectures obtingudes.

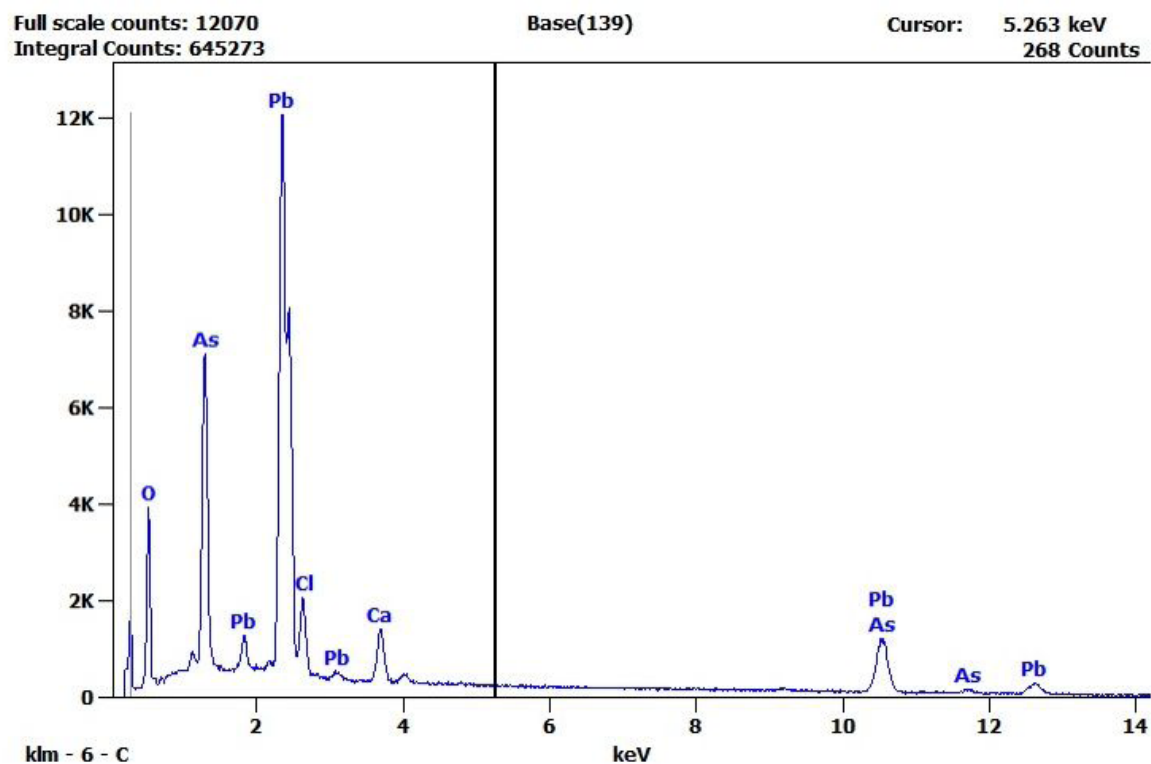
Imatge SEM amb electrons retrodispersats (BSE) d'un exemplar amb mimetita trobada en el mateix filó que el mineral en estudi. Es veu clarament com la mimetita presenta unes cares llises i sense defectes. Font: Joan Rosell.



Imatge SEM amb electrons retrodispersats (BSE) del mineral en estudi. Es pot observar l'alteració de la superfície dels cristalls. Font: Joan Rosell.



Espectres EDS amb l'aparell convencional de la possible hedifana i la mimetita de Sant Fost. Font: Adolf Cortel.



Live Time: 30.0 sec.

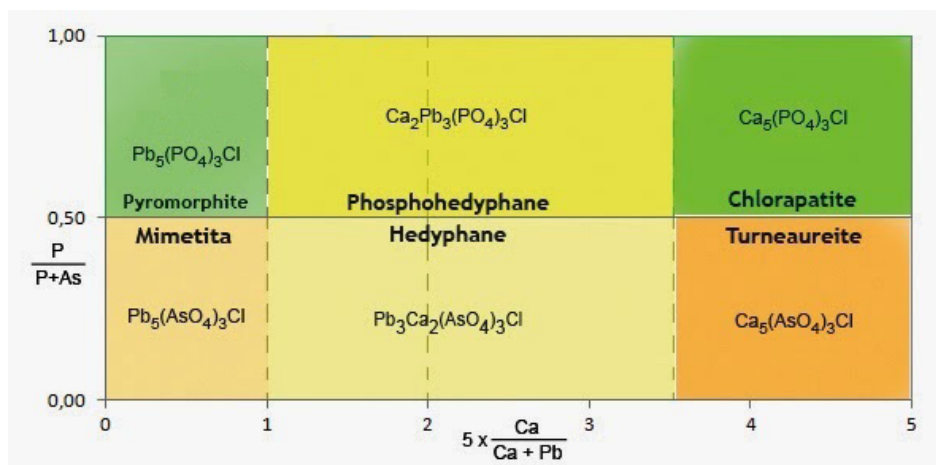
006.6

Quantitative Results for: Base(139)

Element Line	Weight %	Atom %
O K	19.31	62.27
Cl K	3.47	5.05
Cl L	—	—
Ca K	3.64	4.68
Ca L	—	—
As K	22.02	15.16
As L	—	—
Pb L	51.57	12.84
Pb M	—	—
Total	100.00	100.00

Gràfiques EDS del mineral en estudi de Sant Fost i resultats quantitatius del mesurament RM3068-139, el més proper a hedifana, obtinguts amb un SEM-EDS convencional. Font: Joan Rosell. Aquests percentatges resulten en una fórmula per a un àtom d'As: $\text{Ca}_{1,04}\text{Pb}_{2,87}(\text{As}_1\text{O}_{4,10})_{3,39}\text{Cl}_{1,14}$ sobre la teòrica $\text{Ca}_2\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$.

Diagrama de la relació entre els sis minerals segons la fórmula $5x(\text{Ca}/\text{Ca}+\text{Pb})$. Modificat de Kampf (Kampf et al., 2006).



Les anàlisis semiquantitatives dutes a terme mitjançant SEM-EDS ens indiquen la presència de Pb, Ca, As, O i Cl. Tots dos equips proporcionen resultats similars. Les proporcions obtingudes per a aquests elements confirmen que el mineral correspon a mimetita rica en calci o hedyfana. Abans de prosseguir amb la presentació de resultats analítics d'aquest mineral, cal destacar que totes les espècies del supergrup de l'apatita comparteixen la fórmula tipus:



Així, els elements que podrien ocupar les diferents posicions en el cristall són:

M = Ca^{2+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ , Ce^{3+} , La^{3+} , Y^{3+} , Bi^{3+} .

T = P^{5+} , As^{5+} , V^{5+} , Si^{4+} , S^{6+} , B^{3+} .

X = F^- , Cl^- , OH^- .

Cadascun d'aquests cations i anions es troba en posicions dins de la xarxa cristal·lina, coordinats (enllaçats) amb els seus ions veïns seguint una geometria fixa. Els superíndexs en números romans IX, VII i IV ens diuen amb quants altres ions estan coordinats. L'estructura presenta dues posicions simètriques no equivalents ocupades per cations: $\text{M1}(4f)$ i $\text{M2}(6h)$.

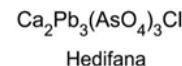
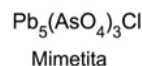
Dins d'aquest supergrup de l'apatita tenim grups i dins de cada grup tenim totes les espècies que el representen.

Supergrup	Grup	Components més coneguts
Apatita	Apatita	Apatita (Cl/F/OH), mimetita, piromorfita, turneureita, vanadinita... entre d'altres.
	Belovita	Belovita-(Ce)/(La), etc.
	Britolita	Britolita-(Ce)/(La)/(Y), etc.
	Ellestadita	Ellestadita (Cl/F/OH), etc.
	Hedifana	Hedifana, fosfohedifana, caracolita, etc.

Si busquem entre totes aquestes espècies, recordant que tenim un arseniat i els cations Ca^{2+} i Pb^{2+} , trobem dos candidats coherents amb els resultats de DRX i d'espectroscòpia Raman: mimetita i hedyfana.

En el nostre cas, el fòsfor (P) no s'ha detectat; per tant, l'eix Y manté un valor de 0. Ens trobem només en l'eix de les X.

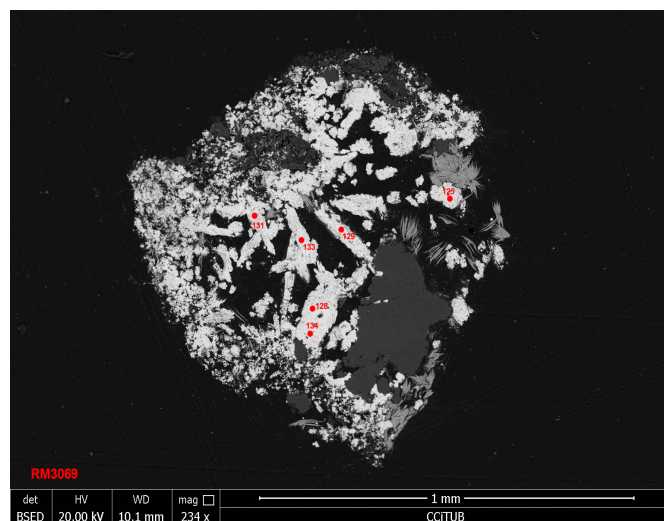
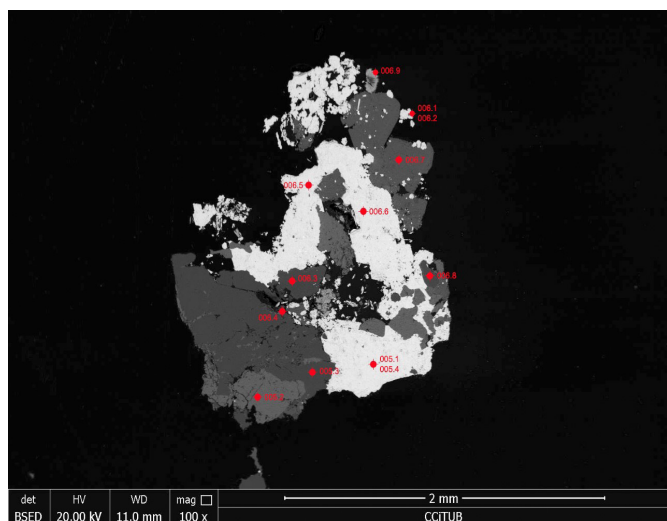
Tinguem presents les fórmules teòriques de tots dos minerals:



Si utilitzem la relació $5 \times (\text{Ca}/\text{Ca}+\text{Pb})$ per a determinar en quin domini ens trobem en el gràfic, observem que el límit entre la mimetita i l'hedyfana ve determinat per un valor d'1, la qual cosa correspon a una proporció Ca:Pb de 1:4 (relació atòmica).

Per a proporcions on Ca:Pb estiguin entre 1:4 i 1:0,43 ens trobaríem dins del domini de l'hedyfana (això suposa valors entre 1 i 3,5 segons la relació $5 \times (\text{Ca}/\text{Ca}+\text{Pb})$).

Els espectres EDS obtinguts de diferents punts en cada mostra i de diferents mostres amb tots dos equips han permès obtenir les dades que es mostren en les taules I (SEM-EDS convencional) i II (FE-SEM). En tots ells apareixen el Ca i el Pb en proporcions semblants i sempre a la frontera entre mimetita i hedyfana.



Imatges SEM, amb els punts on s'han pres diferents lectures EDS. RM3068-139 equival a 006.6. Font: Joan Rosell.

<u>Codi de la mostra</u>	%at Ca	%at Pb	<u>Ca:Pb</u>	$5 \cdot \frac{\text{Ca}}{\text{Ca} + \text{Pb}}$
RM3069- 125	4,40	16,60	1:3,77	1,04
RM3069- 128	4,59	17,29	1:3,76	1,04
RM3069- 129	4,40	16,08	1:3,65	1,07
RM3069- 131	4,65	15,27	1:3,28	1,16
RM3069- 133	4,40	16,46	1:3,74	1,05
RM3069- 134	4,86	16,18	1:3,32	1,17
RM3068-139	4,68	12,84	1:2,74	1,33
RM3068-144	4,61	15,80	1:3,42	1,12
RM3068-161	4,28	15,19	1:3,54	1,09

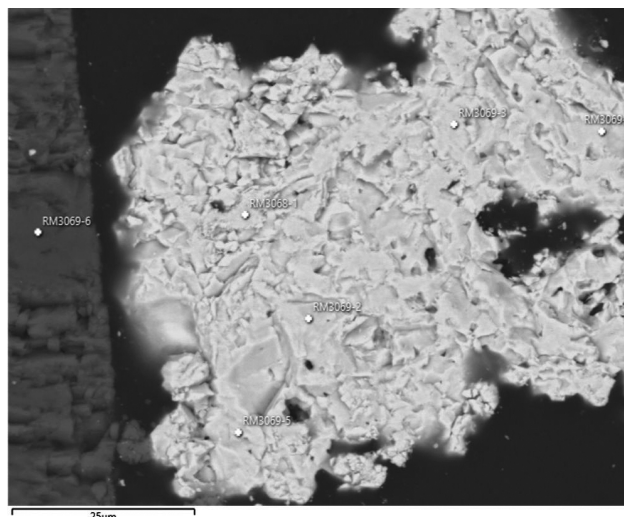
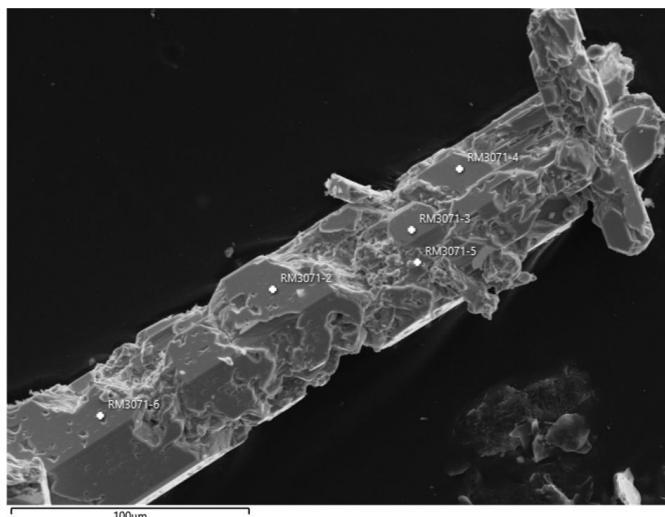
Taula I: Mesures de SEM-EDS obtingudes amb un equip convencional.

Segons tots aquests resultats de SEM-EDS, podríem conjecturar que el mineral sí que correspon a hedifana, ja que en molts casos $5 \times \text{Ca} / (\text{Ca} + \text{Pb}) > 1$ (vegeu l'última columna de totes dues taules). De fet, la mitjana de les dades obtingudes amb el SEM-EDS convencional (Taula I) és de $5 \times \text{Ca} / (\text{Ca} + \text{Pb}) = 1,12$. No obstant això, en el cas de les mesures de FE-SEM (Taula II) la mitjana és 1,03. Per consegüent, atès que els resultats es troben en la zona límit entre mimetita i hedifana, i considerant el possible error experimental, conclouem que tampoc és possible identificar de manera definitiva el mineral amb aquestes mesures.

Aquest fet posa de manifest la dificultat que suposa determinar la composició d'alguns minerals, especialment quan es troben en el límit de dues espècies que formen una solució sòlida. En aquest sentit, ens hauria encantat poder concloure

re que el mineral correspon a hedifana, sobretot tenint en compte que $5 \times \text{Ca} / (\text{Ca} + \text{Pb})$ aconsegueix un valor màxim de 1,33. No obstant això, el rigor científic ens impedeix fer-ho. De fet, aquest article pretén posar de manifest que les dades analítiques mai s'han d'usar per a confirmar les hipòtesis que un desitja obtenir. Si no, cauríem en el que es coneix com el biaix de confirmació o hipòtesi autoconfirmada, que no és una altra cosa que la tendència a trobar o afavorir resultats científics que confirmen les pròpies creences, hipòtesis o fins i tot desitjos, deixant de costat les possibles alternatives menys desitjades.

En el cas que ens ocupa, l'error experimental de les tècniques utilitzades no ens permet citar el mineral com la primera hedifana trobada a Catalunya. Aquest error no es pot deixar de costat, encara que vagi en contra del que ens hagués agradat explicar. Però, en tal cas, no podríem parlar



Imatges SEM (BSE), amb els punts on s'han pres diferents lectures EDS. Font: Joan Rosell

<u>Codi de la mostra</u>	%at Ca	%at Pb	<u>Ca:Pb</u>	$5 \cdot \frac{\text{Ca}}{\text{Ca} + \text{Pb}}$
RM3068-1	7,13	24,05	1:3,37	1,14
RM3069-2	4,82	18,23	1:2,55	1,05
RM3069-3	5,57	20,47	1:3,67	1,07
RM3069-4	5,22	19,61	1:3,75	1,05
RM3069-5	4,88	17,77	1:3,64	1,08
RM3071-2	3,75	15,58	1:4,15	0,96
RM3071-5	4,67	20,44	1:4,37	0,92
RM3071-6	3,88	15,88	1:4,09	0,98

Taula II: Mesures de SEM-EDS obtingudes amb un equip de tipus 'field emission' (FE-SEM).

de ciència, sinó d'una altra cosa.

Conclusions

En el futur es procedirà a realitzar mesures elementals més precises, utilitzant una microsonda electrònica (EPMA). Per a això, les provetes utilitzades en aquest treball preliminar seran polides fins a aconseguir un poliment especular. Els resultats definitius es publicaran en l'article en preparació: "Els minerals de les pedreres de Sant Fost de Campsentelles. Vallès Oriental i Occidental", que apareixerà pròximament en les revistes *Mineralogistes de Catalunya* i *Paragénesis*.

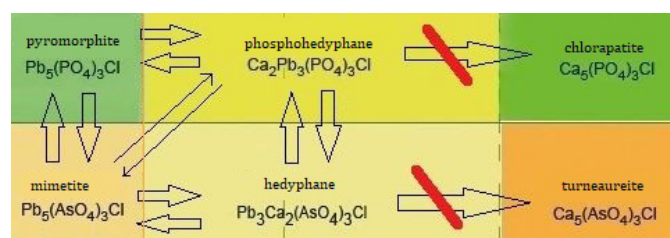
En l'article de Kampf (Kampf et al., 2006), on presenten resultats EDS i DRX de 80 mostres diverses, van trobar que moltes composicions es situaven en zones intermèdies entre piromorfita-

mimetita, piromorfita-fosfohedifana i mimetita-hedifana, la qual cosa suggereix que les solucions sòlides completes existeixen per a aquestes sèries. No obstant això, no van trobar composicions intermèdies entre hedifana i fosfohedifana, fet que, posteriorment, en un article de Hochleitner (Hochleitner et al., 2016) demostren que sí que n'hi ha.

Nombroses anàlisis amb diverses quantitats de Ca en composicions intermèdies van ser trobats entre les sèries piromorfita-fosfohedifana i mimetita-hedifana (Kampf et al., 2006)

Rouse et al. (1984) no van trobar cap composició intermèdia entre hedifana i turnaurita amb un gap que va des de $\text{Ca}_{4,8}\text{Pb}_{0,2}$ a $\text{Ca}_{2,3}\text{Pb}_{2,7}$ i Kampf (Kampf et al., 2006) tampoc va trobar posicions intermèdies entre fosfohedifana i clorapatita, però sí entre mimetita i fosfohedifana, la qual

cosa suggereix una possible relació entre la substitució de Pb-Ca en el lloc M1 i substitució de P-As en el lloc del tetraedre.



Solucions de continuïtat entre els 6 minerals. Modificat de Kampf (Kampf et al., 2006).

Així, independentment del resultat que pugui proporcionar la microsonda, podem concloure que estem davant un estadi intermedi de la sèrie mimetita-hedifana, situats davant la possibilitat d'una mimetita càlcica o també anomenada en alguns textos 'Ca-bearing mimetite', hediinita o nuissierita, però no davant una hedifana ideal tal com es descriu en l'article de Rouse (Rouse et al., 1984).

Davant de resultats molt ajustats com per a determinar l'espècie d'una mostra, com és el cas, seria ideal intentar esgotar totes les possibilitats analítiques per a arribar a una conclusió el més certa possible.

Una primera determinació a vegades satisfà les expectatives d'aquell que de manera entusiasta cerca confirmar la hipòtesi inicial de la seva recerca. En aquest sentit, s'ha fet un esforç científic honest i conscienciosos per superar l'afany de tot col·leccionista per disposar d'una espècie nova. Les correccions realitzades després del debat entre els experts en cada àrea d'anàlisi ens han permès gaudir d'aquest procés. Els primers resultats que van determinar que les primeres mostres podien ser "hedifana", en cap cas ens va fer albirar la complexitat d'un procés analític que ens ha portat fins a la necessitat de realitzar una determinació final per microsonda electrònica, últim recurs reservat només per a casos excepcionals.

Voldríem, doncs, reflexionar sobre el fet que sovint, només un resultat analític, pot no ser concloent en si mateix. Els resultats aïllats han de ser tractats de manera complementària, amb la finalitat de relacionar entre sí les dades obtingudes.

D'aquesta manera es pot discernir si el següent pas és necessari, determinant o simplement obvia. És a dir, si es pot realitzar una valoració

definitiva d'acord amb les dades. En aquest sentit hem de fer una reflexió: quantes determinacions existents en la bibliografia mineralògica actual haurien de ser qüestionades, simplement per no haver-se esgotat el degut procés analític?

Bibliografia

- BREITHAUPT, J.F.A. (1830). "Bestimmung neuer mineral-specien, hedyphan". *Journal für Chemie und Physik*. 60: 310-311. Halle, Sajonia-Anhalt, Alemanya.
- DUNN, P.J.; ROUSE, R.C.; NELEN, J.A. (1985). "Hydroxyl-bearing hedyphane from Långban. Sweden". *Geol. Fören. Stockholm Förhandl.*, 107, 325-327.
- HOCHLEITNER, R.; KALIWODA, M; REWITZER, C. (2016). "Natural members of the phosphohedyphane - hedyphane - mimetite series". Panel nº 70. II European Mineralogical Conference. 2016. Rimini. Itàlia. https://www.researchgate.net/publication/308887805_Natural_members_of_the_phosphohedyphane_-_hedyphane_-_mimetite_series
- KAMPF, A.R.; STEELE, I.M.; JENKINS, R.A. (2006): "Phosphohedyphane, $\text{Ca}_2\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, the phosphate analog of hedyphane: Description and crystal structure". *American Mineralogist*, 91:1909-1917. https://rruff.info/rruff_1.0/uploads/AM91_1909.pdf [online, gener 2020].
- MINDAT.ORG (2020) Hedyphane. <https://www.mindat.org/min-1844.html>
- MINDAT.ORG (2020) Långban mine, Långban Ore District, Filipstad, Värmland County, Sweden. <https://www.mindat.org/loc-3167.html>
- MINERAL WEBSITE (2020) Hedyphane <http://webmineral.com/data/Hedyphane.shtml#.X-4wEy2KrOQ>
- PASERO, M.; KAMPF, A.R.; FERRARIS, C.; PEKOV, I.; RAKOVAN, J.; WHITE, T. (2010): "Nomen-

clature of the apatite supergroup minerals". *European Journal of Mineralogy*, 22(2):163-179. <https://www.researchgate.net/publication/228477092> [online, gener 2020]

- ROUSE, R.C.; DUNN, P.J.; PEACOR, D.R. (1984) "Hedyphane from Franklin, New Jersey and Langban, Sweden: Cation ordering in an arsenate apatite sample H90417 from Langban, Sweden". *American Mineralogist*. 69 920-927. Mineralogical Society of America. Chantilly, Virginia, USA.

Agraïments

- A l'empresa Promotora Mediterrània-2, S. A. (PROMSA), gestora de la Pedrera Can Rovira, per permetre'ns l'accés a la pedrera per a la realització dels estudis geològics i mineralògics.
- A l'hípica Can Rovira i al seu administrador Pere Saragossa per facilitar-nos l'accés a la pedrera des de la seva propietat i pels seus excel·lents

esmorzars.

- Al Servei d'Anàlisi del Grup Mineralògic Català i al seu responsable el Sr. Joan Manuel Ybarra.
- Als Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB), als responsables dels serveis de SEM-EDS i Raman.
- Al Dr. Antoni Roca de la Facultat de Química de la Universitat de Barcelona, per facilitar-nos aquests estudis.
- A l'Institut de Geociències de Barcelona (GEO3BCN) del CSIC, antic Institut Jaume Almera (ICTJA-CSIC) i a Soledad Álvarez, tècnica del Servei de Difracció de RX.
- Al Dr. Marc Campeny, conservador de Mineralogia del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB).
- A la Dra. Mercé Corbella, del Departament de Geologia de la Facultat de Ciències de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- A Joan Martínez Bofill, gerent de GEOMAR Enginyeria del Terreny, a Joana Lluch i Enrique Rosell, de l'equip, pel tractament i estudi d'algunes mostres que els vam portar.



Cristalls del mineral en estudi entre els quals crida l'atenció un de 0,8 mm de llargada C.V: 5x3 cm. Foto i col.: Josep Antoni Ignacio.

Quan els minerals i la química creen bellesa.

Antoni Brun

Fa més de 65 anys que em vaig afeccionar als minerals, però mai m'havien atret els micro. Sempre m'havien semblat un trist consol, un mal substitut d'allò que ens agradaria trobar o tenir i no podem. Això fins que les anàlisis amb Raman i LIBS i les explicacions de l'Adolf Cortel em varen fer conscient de la quantitat d'informació que pot haver-hi en un tros de mineral o en una roca. L'empenta definitiva me la va donar el Paco Castro amb una visita a "Las Minicas". A partir d'aquí vaig desempolsegant el microscopi i a fer fotos. El següent pas han estat les microanàlisis...i de l'observació per microscopi de la bellesa de les formes i colors, fruit de les reaccions d'identificació, reneix la necessitat de deixar-ho plasmat en fotografia.

El Dr. J.M. Mata, en la seva "Guia d'identificació de minerals", explica unes anàlisis microquímiques per a identificar Fe, Cu, Zn, Co, Ni i Cd amb el reactiu de Montequi. L'observació de les reaccions i formacions de petits cristalls mitjançant el microscopi em varen deixar embadalit per la seva bellesa. Tot seguit varen venir les fotos i el desig de compartir-ho.

No aconsello fer aquest tipus d'anàlisi a menys que tingueu formació en química i el material de protecció necessari, ja que els productes a utilitzar són corrosius, molt tòxics i, endemés, si hi ha sulfurs es formarà NO, que s'oxida d'immediat a NO₂ que és verinós.

Cristalls formats per reacció amb el mercuritiocianat amònic

El zinc forma cristalls com plomes i encreuats de mercuritiocianat de zinc. Són blancs, però agafen un color violeta per la presència de Cu²⁺. De fet, la presència de Cu²⁺ és un sistema que molt temps enrere s'utilitzava per a detectar el zinc. Pot arribar a negre violaci per formació de mercuritiocianat de coure anhidre. La presència de Fe³⁺ els dona un color rosat.

El coure, si està sense Zn, presenta cristalls de color groc a groc verdós. Si hi ha Zn tindrà els cristalls del mercuritiocianat de zinc amb tints violacis, tal com està descrit en el paràgraf anterior.

El cobalt precipita cristalls blaus, amb tendència a anar a les voreres de la gota d'assaig.

El níquel dona un precipitat de boletes blanques i punxegudes. Com el ferro ja està com Fe³⁺, no interferiran i podem comprovar la presència del níquel alcalinitzant lleugerament amb amoníac i afegint una gota de dimetilgloxima en solució d'etanol. El color rosat o vermellós serà la confirmació.

El ferro no dona precipitat, però tenyeix la gota d'una intensa coloració roig sang. Com ja sabem, el Fe ens tindrà de rosat els cristalls blancs del mercuritiocianat de zinc.

La formació de cristalls no sempre és immediata; de vegades ens caldrà esperar una mica.

No adjunto cap fotografia de l'assaig del ferro, ja que només podem veure la intensa coloració roig sang, però cap cristall. En totes les mostres que he utilitzat em surt ferro; està per tot arreu. Per això vaig escollir la mostra d'esfalerita de la mina "Ana" (Parzán, Osca) que era de color molt més clar, menys ferro, que les del Pics d'Europa i, per descomptat, que les del nostre Pirineu. No disposava de NaF per a neutralitzar la coloració deguda al ferro. La veritat és que ha fet molta nosa i ha impedit visualitzar bé els petits cristalls que es formen.

La presència del Ni l'he confirmat amb la dimetilgloxima.

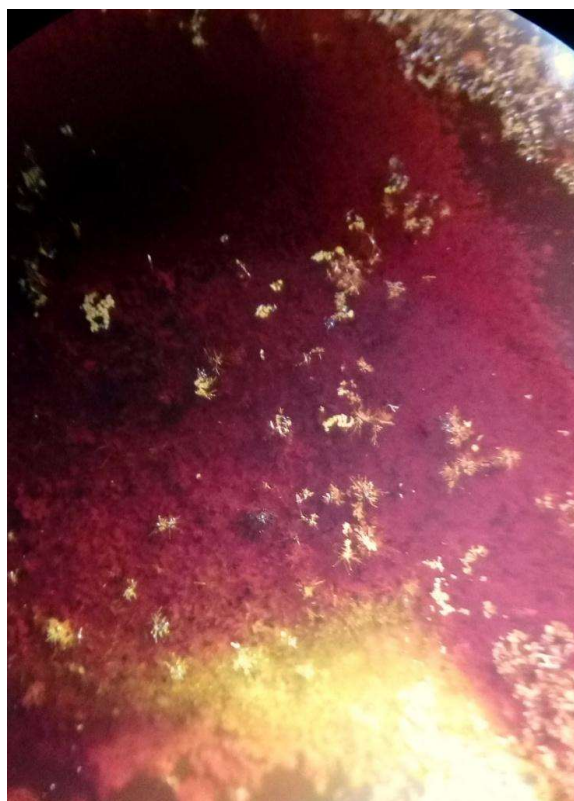
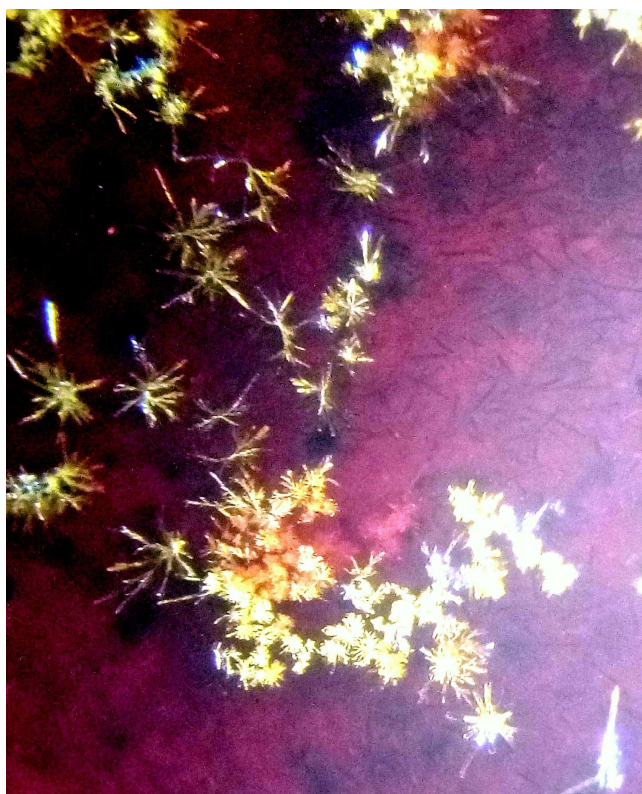
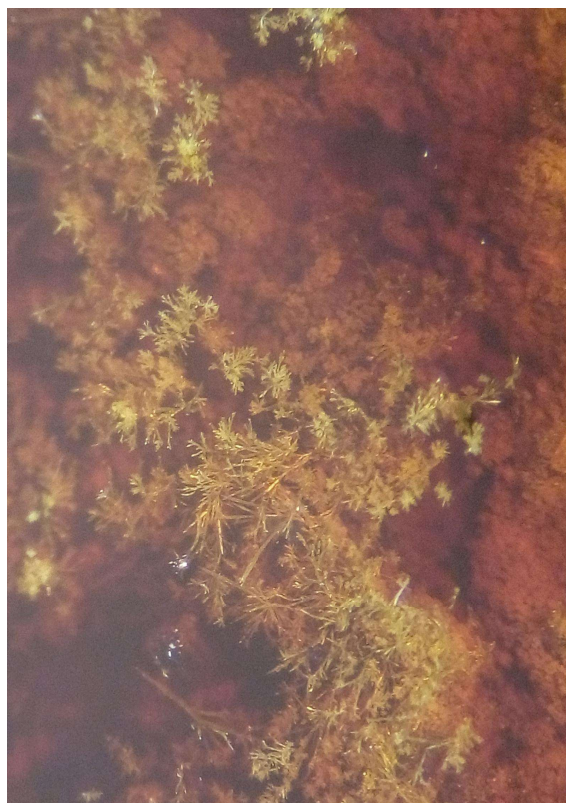
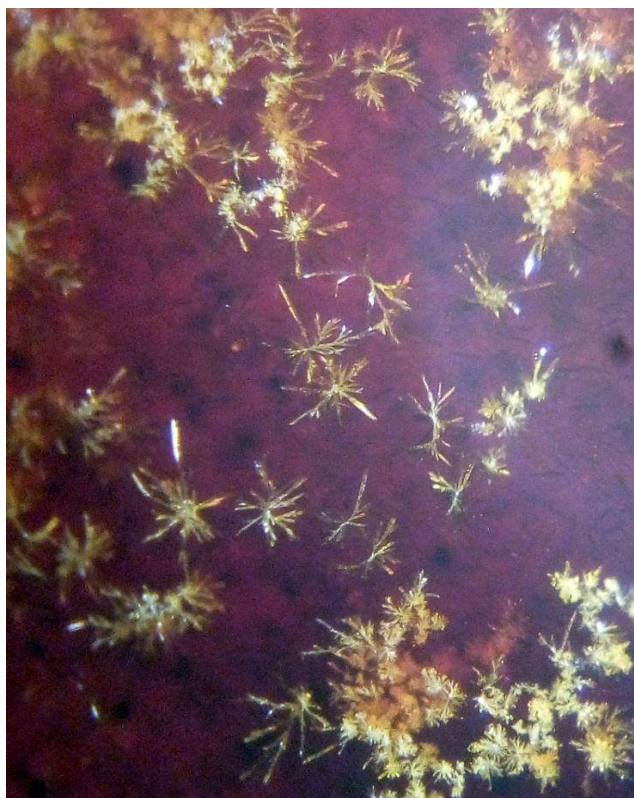
El Cu de la malaquita donava ja el típic color verd blavós a l'atacar la mostra amb el HNO₃.

El Co de l'eritrina donava un color rosat al ser atacat amb el HNO_3 concentrat.

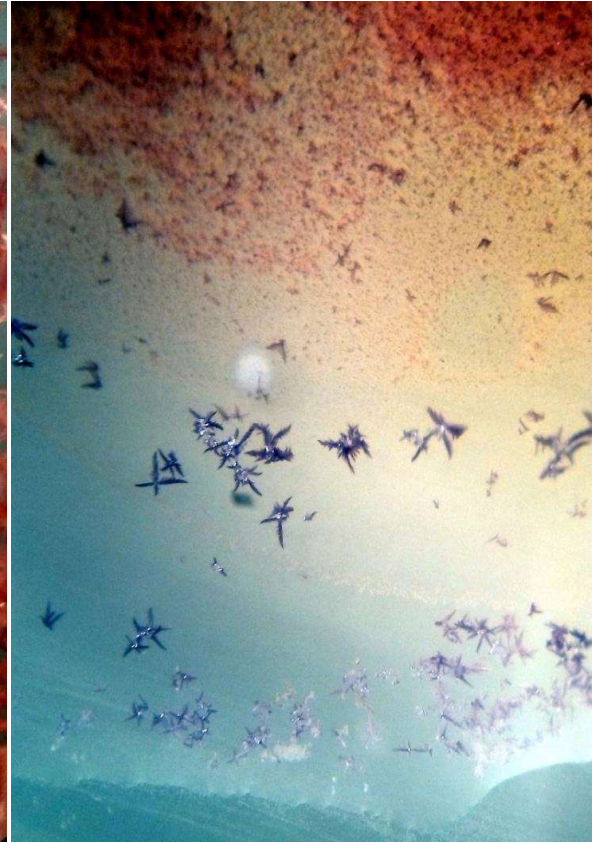
Totes les mostres emprades són minerals trobats sobre el terreny; per tant, quasi sempre veurem que hi ha de tot una mica...



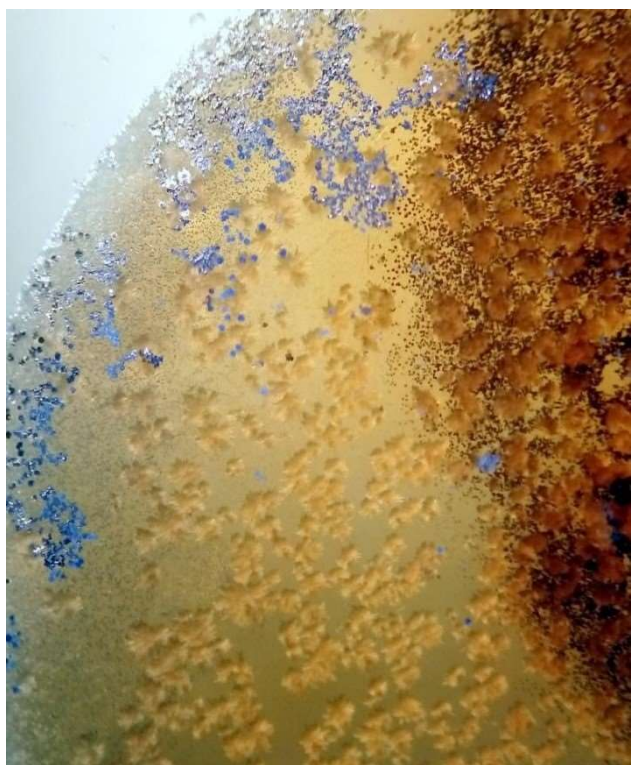
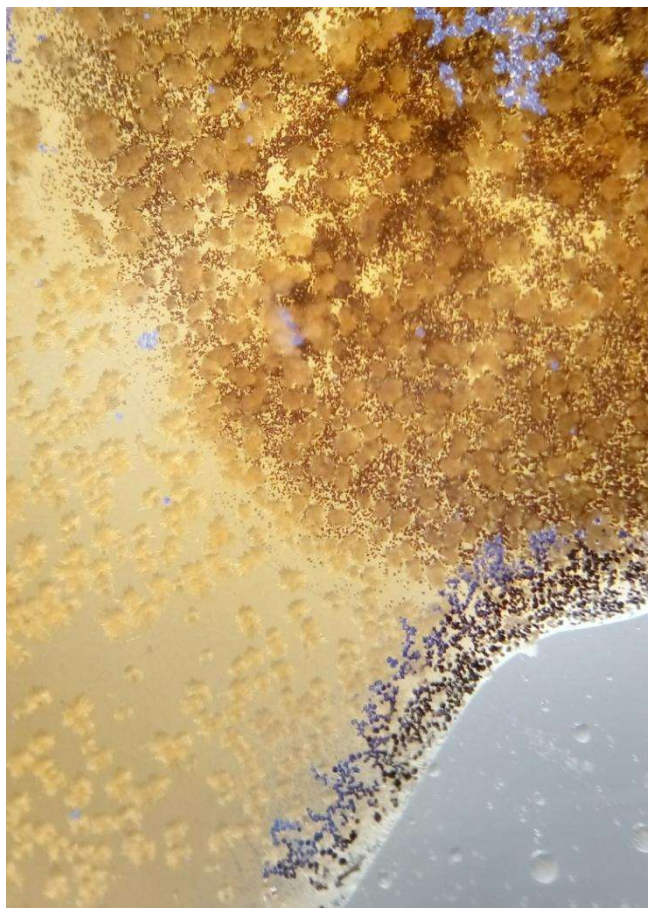
Identificació Cu. Malaquita. Mina "Les Ferreres", Rocabruna, Camprodon, Ripollès (Girona).



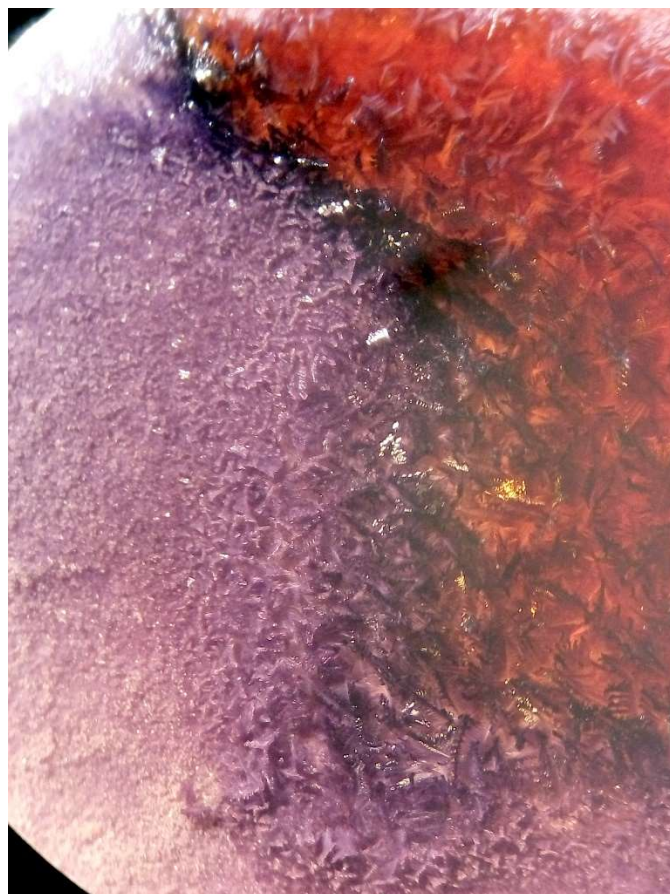
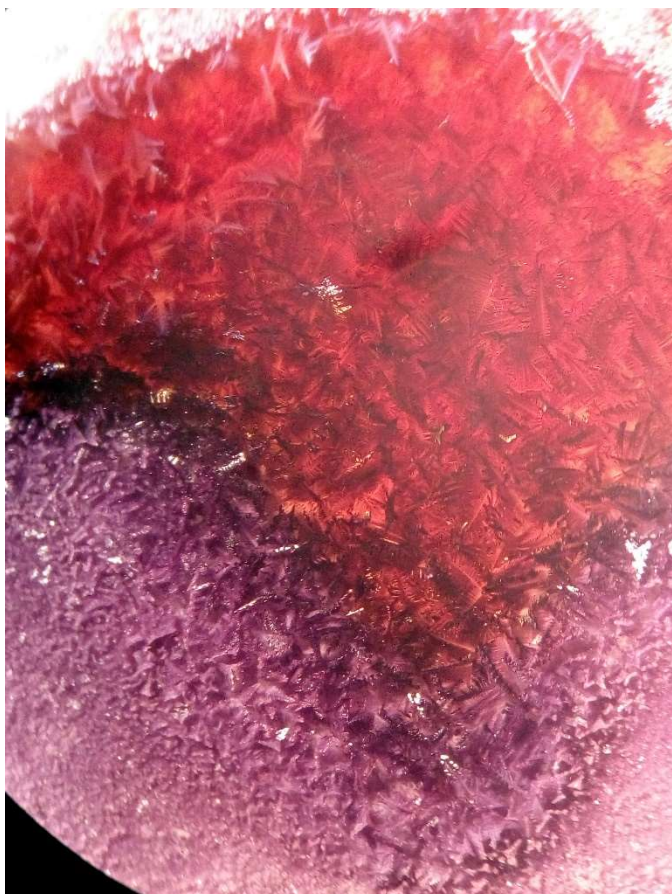
Identificació Cu .Tetraedrita. Mina "les Ferreres", Rocabruna, Camprodon, Ripollès (Girona).



Identificació Zn. Esfalerita. Mina "Ana", Parzán, Osa.

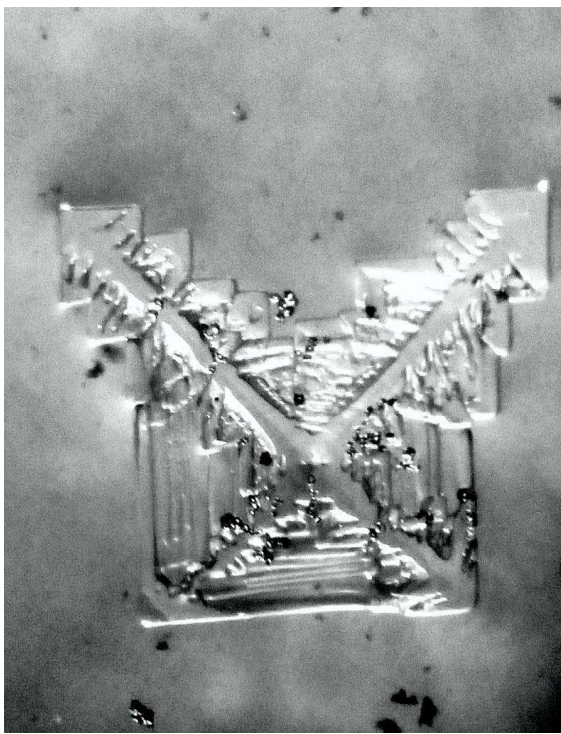


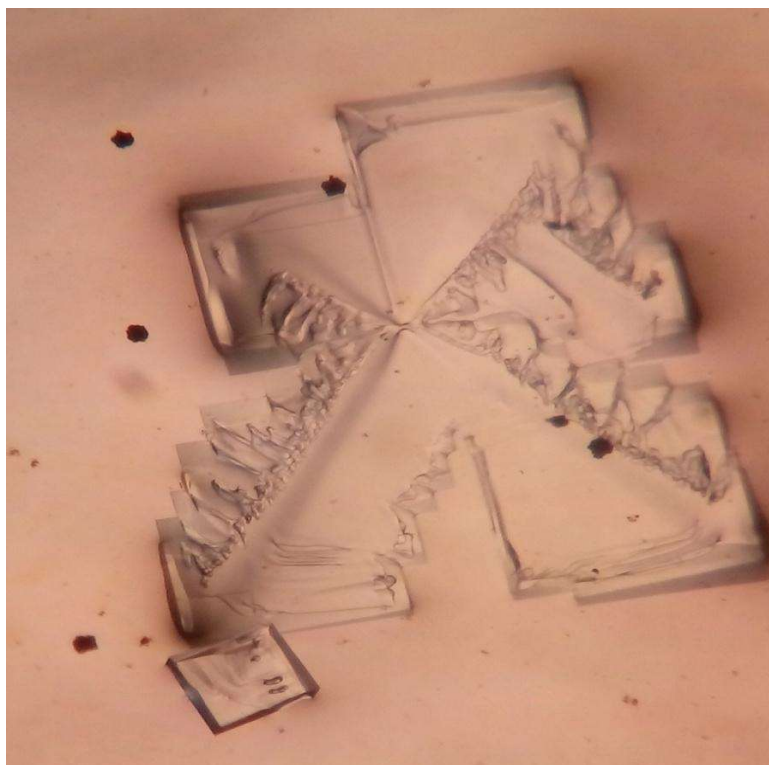
Identificació Co (blau) i Ni (boles blanques). Eritrina i heubachita (var. d'heterogenita). Cerro Minado, Huércal-Overa. Almeria.



Precipitat tractant l'estibnita. Collada Verda, Abella-Pardines, Ripollès, Girona. (Caldria veure una sal pura d'antimoni a veure què surt)

Com a cloenda, uns cristalls del mercuritiocianat amònic





FONTS D'INFORMACIÓ:

- Josep Maria Mata i Perelló, Joaquim Sanz i Balagué (1988) "Guia d'identificació de minerals." Parcir, Edicions Selectes. ISBN: 84-86538-11-4.
- Fernando Burriel, Felipe Lucena Conde, Siro Arribas Gimeno. (1952) "Química Analítica Cualitativa" Ediciones Paraninfo.
- Enrique Monllor Matarrodona. (1946) "Nuevas consideraciones sobre la reacción analítica. Montequí". Universidad de Murcia (Servicio de Publicaciones). ISSN 0365-7973.
- Cesar Menor Salván (2011) "La microscopía química clásica: una técnica didáctica y de bajo coste para la identificación de metales en minerales" ACOPIOS2011 V2:29-58, MTIEDIT ISSN 2171-7788.

Portar ulleres: una protecció extra per a la radiació UV d'ona curta

Adolf Cortel

Un tema recurrent quan es parla de l'observació de la fluorescència de minerals amb una làmpada UV d'ona curta és el dels perills associats a aquesta radiació i les precaucions que cal adoptar. Efectivament, com que l'energia dels fotons és inversament proporcional a la longitud d'ona, la radiació UV de 254 nm predominant en una làmpada d'ona curta té tanta energia (4,8 eV) que pot trencar molts dels enllaços químics de les molècules orgàniques del nostre cos (Taula 1). Una làmpada o una bombeta UV d'ona llarga emeten radiació a 365 nm (3,4 eV) que suposa un risc menor, però no inexistent, especialment si l'exposició a la radiació és prolongada. El filtre de les làmpades bloqueja la major part de la llum visible, però deixa encara passar una petita quantitat de llum violada i blava (404 i 437 nm amb energies de 3,0 i 2,8 eV respectivament).

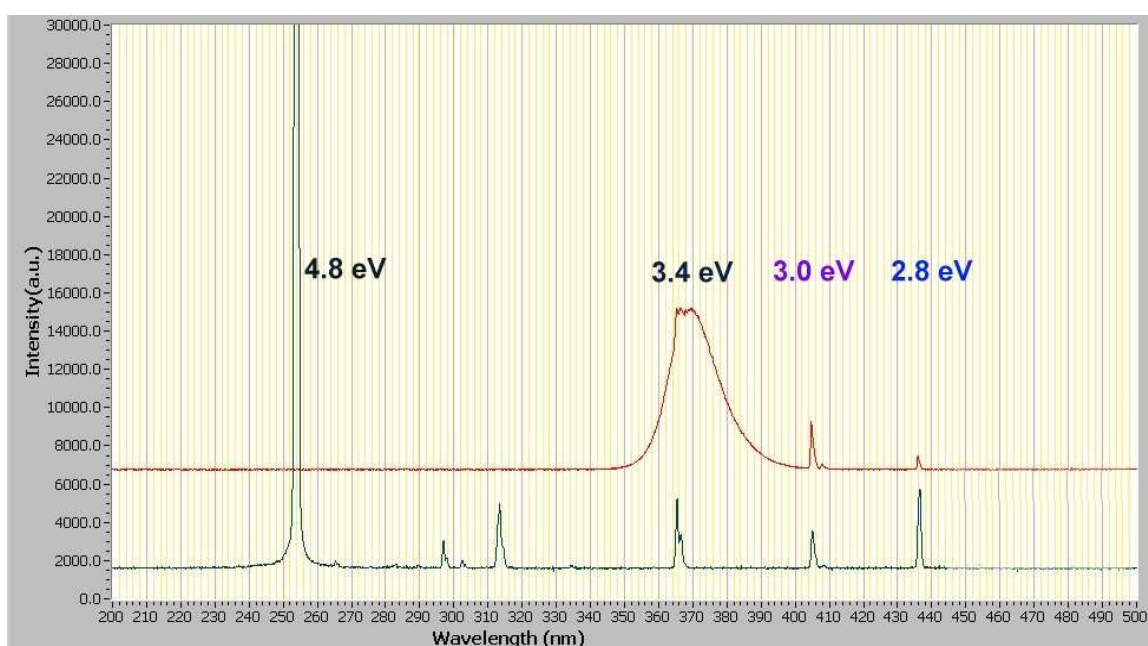


Figura 1. A dalt (vermell), espectre de la radiació UV emesa per una bombeta d'ona llarga i energia corresponent als fotons d'algunes de les línies espectrals. A sota (negre), l'espectre d'una làmpada UV d'ona curta on hi predomina la línia espectral del mercuri a 254 nm. Les línies a 404 i 437 nm corresponen a llum visible (violada i blava, respectivament) que el filtre de les làmpades no bloqueja totalment.

Enllaç	Energia (eV)
C-H	4,3
C-O	3,7
C-N	3,2
N-O	2,2
O-O (enllaç simple)	1,6

Taula 1. Energies per a trencar alguns enllaços en molècules orgàniques. La radiació principal d'una làmpada d'ona curta té prou energia (4,8 eV) per a trencar tots aquests enllaços. L'enllaç O-O és el dels peròxids (no el de l'oxigen de l'aire); per això en l'aigua oxigenada la llum visible pot trencar tan fàcilment aquest enllaç que el líquid s'ha de protegir dins d'ampolles negres.

Com que darrerament he hagut d'utilitzar força aquestes làmpades així com díodes LED d'ona curta en diferents mesures, m'ha semblat que seria interessant comprovar si el vidre d'unes ulleres ofereix protecció per a la radiació UV.

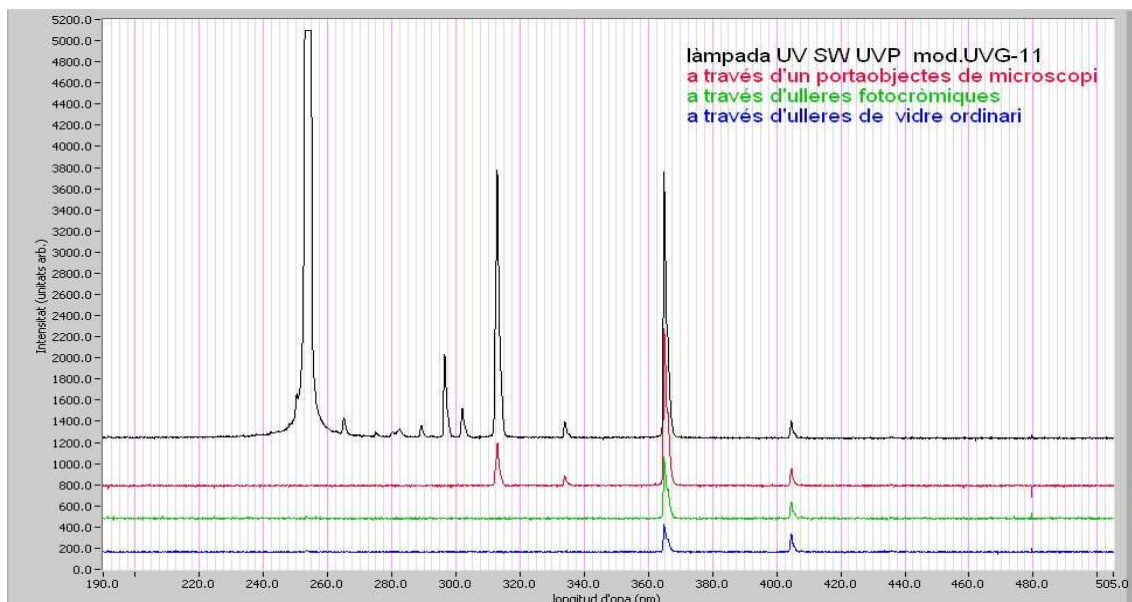


Figura 2: A dalt (negre), espectre de la radiació emesa per una làmpada d'ona curta. La radiació més intensa és la de 254 nm, però també emet altres longituds d'ona amb molta menys intensitat, inclosa la de 365 nm que es la que emeten les làmpades d'ona llarga. Més avall (vermell), es comprova com el vidre prim d'un portaobjectes de microscopi absorbeix tota la radiació UV per sota de 300 nm, però deixa passar la radiació d'ona llarga. Els dos espectres de sota (verd i blau) mostren com el vidre d'unes ulleres, tant de vidre ordinari com fotocromiques, absorbeix tota la radiació UV d'ona curta i la major part de la d'ona llarga.

Els espectres indiquen que el vidre d'unes ulleres bloqueja totalment la radiació d'ona curta que és la que podria provocar més danys als ulls. Tant si les ulleres són fotocromiques (les que es tornen una mica fosques amb la llum del Sol) com si són de vidre ordinari, també aturen la major part de la radiació d'ona llarga. Fins i tot el vidre prim d'un portaobjectes de microscopi atura completament la radiació d'ona curta (el tall és cap uns 310 nm) i deixa passar la d'ona llarga.

Encara que les ulleres bloquegin d'una forma molt eficaç la radiació UV d'ona curta, seria insensat no protegir-se orientant la làmpada de manera que la radiació que emet no pugui anar cap als ulls i evitant que la pell quedi exposada. En qualsevol cas, portar ulleres suposa una excel·lent protecció addicional.

**Thomsenolita, pacnolita i hidrocenoralstonita: tres minerals tipus de la localitat de Ivigtut.
Grenlàndia**

Paulí Gispert

Ivigtut (Ivittuut) és una antiga ciutat minera situada a la costa del fiord d'Arsuk (Ilorput), al sud de Grenlàndia. En llengua grenlandesa el terme Ivigtut vol dir "lloc ric en herba". El fiord està envoltat per altes muntanyes, de les que es pot veure a la llunyania el pic nevat Kûngnât (Kunnaat), de 1.424 metres d'altitud.

La història de la mineria a Ivigtut està lligada a l'ús de criolita. L'aflorament original de criolita es trobava just a la platja, separat del fiord només per una estreta franja de terra, parcialment inundada amb la marea alta.



Façana del Museu Geològic de Copenhague. Dinamarca. A l'esquerra, el meteorit Agpalilik (20 tones), trobat a Grenlàndia. Any 1988



Museu Geològic de Copenhague. Al fons i a l'esquerra, entrada a la sala dedicada als minerals de Ivigtut. Any 1988



Segell de Grenlàndia (Kalaallit Nunaat). Edició de 2009. Explotació minera de criolita.



Cristalls de thomsenolita. C.V.: 4 mm.

Va ser el químic alemany M.H. Klaproth (1743-1817) qui va establir la criolita com a espècie mineral el 1802, encara que no se sabia res del seu origen, llevat que provenia de Grenlàndia. Durant el seu tercer viatge al fiord d'Arsuk a l'agost de 1809, l'explorador i mineralogista alemany K.L. Giesecke (1761-1833) va trobar la criolita.

La mineria a Ivigtut, que va començar el 1854, no va ser per la criolita sinó per la galena argentífera que es troba en el contacte entre el cos mineralitzat de criolita i el granit circumdant. En el període de 1849-1852, el químic industrial danès J. Thomsen (1826-1909) va posar en marxa un procés mitjançant el qual la criolita es podia convertir en sosa i alunita. El 1859 es va establir una fàbrica a Copenhague partint de la patent de Thomsen. El 1865 la *Kryolit Mine og Handels Selskabet* es va fer càrrec del funcionament de les mines.



Cristalls de thomsenolita, pacnolita, i criolita. C.V.: 20 mm.

El gran avenç en l'ús de criolita es va produir el 1886-1887 amb la introducció del procés de Hall-Héroult en què l'alumini metàl·lic s'obtenia per electròlisi d'alúmina partint d'una solució en criolita fosa.

A causa de l'emplaçament de la mina de criolita, just a la platja del fiord d'Arsuk, la mineria es duia a terme en una lluita constant amb l'entrada d'aigua. A aquest efecte es va construir una presa el 1878 i, més endavant, la incorporació de moderns equipaments de perforació i extracció van ajudar a mantenir la creixent demanda de criolita per part dels industrials de l'alumini. El 1940 les mines van ser transferides a la *Kryolitselskabet Oresund A/S*.

El 1962 van cessar les operacions. No obstant això, durant els vint anys següents encara es va aprofitar el mineral abocat a la mar al llarg de l'embassament per a la protecció de la costa i que també s'havia emprat per a la construcció de molls de càrrega i de carreteres. Ja el 1983 es va buidar la mina de l'aigua apareguda des del 1962. El 1987 va acabar el subministrament de criolita, un cop extrets els romanents de mineral que restaven des de llavors.



Museu Geològic de Copenhague. A l'esquerra, vitrina dedicada als minerals de Kongsberg, amb magnífics exemplars d'argent natiu. Any 1988.



Museu Geològic de Copenhague. Vitrina dels minerals de Kongsberg. Any 1988.

Els disset minerals tipus (TL) de l'ivigtut són els següents. Halurs: acuminita, bøgildita, bøgvadita, criolita, criolitionita, gearsutita, hidrocenoralstonita, jarlita, jørgensenita, pacnolita, stensonita, thomsenolita i weberita. Sulfosals: arcubisita, eskimoïta, gustavita i vikingita.

Els tres minerals de l'ivigtut més interessants per als col·leccionistes, pel fet que es troben ben cristal·litzats són: thomsenolita, pacnolita i hidrocenoralstonita.

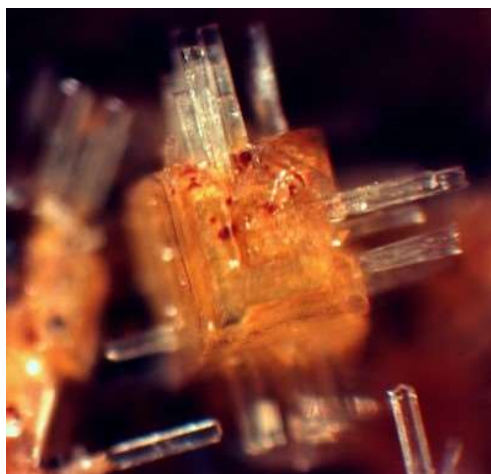


Cristalls de thomsenolita. C.V.: 11 mm.

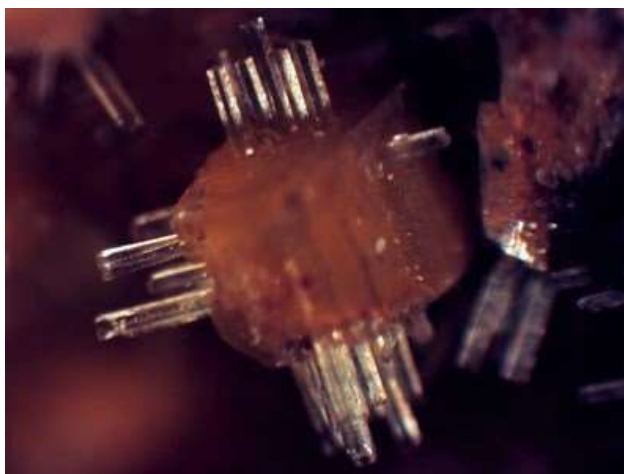
Thomsenolita. $\text{NaCaAlF}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Cristal·litza en el sistema monoclínic.

Els cristalls són prismàtics, generalment amb terminació aguda. Acabats freqüentment pel pinacoide basal (001) i sovint pel prisma (110). També poden tenir forma cúbica. A més de les formes esmentades s'observen també els prismes (111) i (331). Els cristalls de thomsenolita solen aparèixer en orientació paral·lela. Les macles segons (001) són comunes, donant lloc a cristalls d'aspecte ròmbic. També es troba massiva a granular i en masses estalactíiques.

Els cristalls mesuren normalment des de mil·límetres fins a 2 cm, encara que s'han trobat inclús de 5 cm de llargada. El color pot ser blanc, lila pàl·lid o incolor. Els cristalls tenen sovint coloració marronosa, groguenca o vermellosa a l'haver estat tenyits superficialment per òxids de ferro. La lluentor és vítria, perlada.



Cristalls prismàtics orientats de pacnolita, en epitàxia amb cristalls d'aspecte cúbic de thomsenolita. C.V.: 2,4 mm.



Cristalls prismàtics orientats de pacnolita, en epitàxia amb cristalls d'aspecte cúbic de thomsenolita. C.V.: 3,2 mm.

La seva denominació fa referència al professor de química Hans Peter Jørgen Julius Thomsen (1826-1909), fundador de la indústria de criolita a Grenlàndia.

Pacnolita. $\text{NaCaAlF}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Cristal·litza en el sistema monoclínic. És dimorfa de la thomsenolita. Cristalls de color blanc o incolor, transparents a translúcids, amb lluentor vítria. Ambdues espècies apareixen juntes amb freqüència, sent els cristalls de thomsenolita els de mida més gran.

Els cristalls de thomsenolita solen trobar-se en agrupació paral·lela, la qual cosa no succeeix gairebé mai en la pacnolita. Cal afegir també que els cristalls de pacnolita acostumen a aparèixer creixent damunt dels de thomsenolita. L'angle entre les cares del prisma (110) de la thomsenolita és molt proper als 90° , mentre que l'angle entre les cares (110) de la pacnolita difereix clarament dels 90° .



Cristalls prismàtics orientats de pacnolita, en epitàxia amb cristalls d'aspecte cúbic de thomsenolita. C.V.: 3,8 mm.

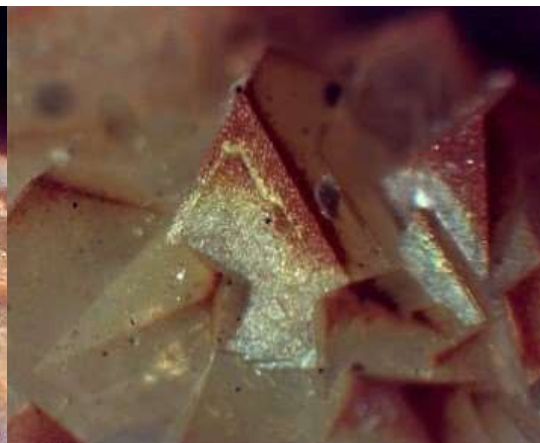
Hidrocenoralstonita. $\square_2\text{Al}_2\text{F}_6(\text{H}_2\text{O})$. Cristal·litza en el sistema isomètric (cúbic).

Els cristalls són octaèdrics, cares (111), i menys sovint cuboctaèdrics (001) i (111), amb una mida generalment d'1 a 3 mm, podent assolir fins a 1 cm. És incolora, transparent o blanquinosa. S'intercala en la majoria dels casos amb thomsenolita.

Denominada originalment com ralstonita, amb referència a James Grier Ralston (1815-1880), i renombrada com a hidrocenoralstonita després de ser traslladada al supergrup del piroclor (IMA, juliol de 2016).



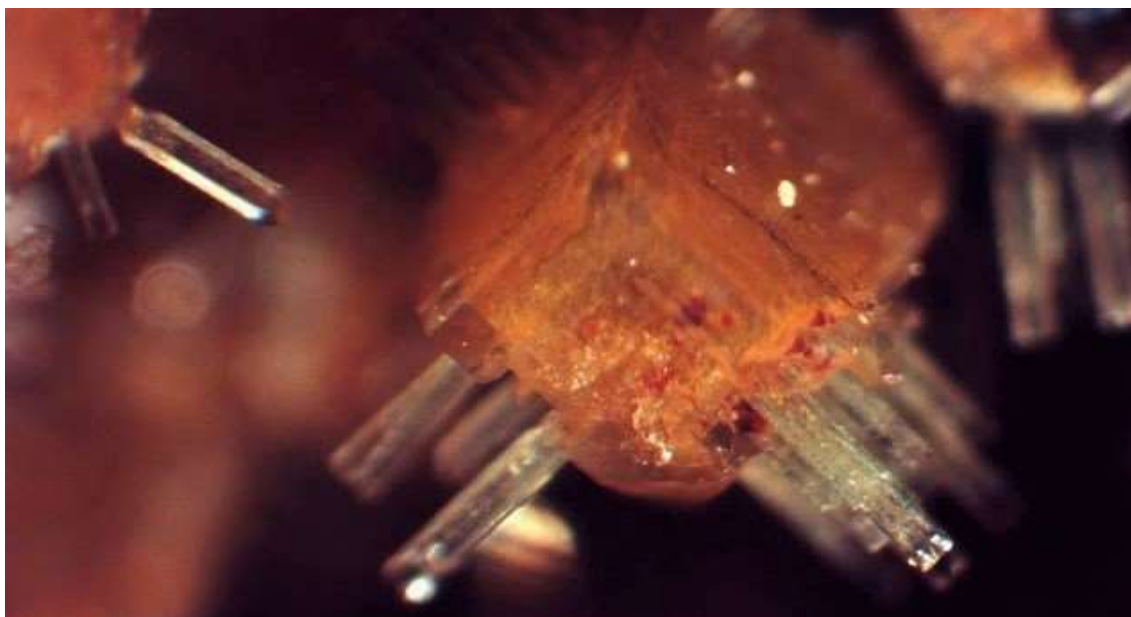
Cristalls de hidrocenoralstonita. C.V.: 4 mm.



Cristalls de hidrocenoralstonita. C.V.: 3.9 mm.

Referències bibliogràfiques i webs consultades:

- Petersen O.V, Secher K. (1993). The Mineralogical Record. Vol.24. Nº 2, pàg. 29-36.
- Johnsen Ole (2002). Minerales del mundo. Ediciones Omega, S.A. pàg. 138-142.
- www.mindat.org.
- www.mineralienatlas.de.



Cristalls prismàtics orientats de pacnolita, en epitàxia amb cristalls d'aspecte cúbic de thomsenolita. C.V.: 3 mm



Cristalls de thomsenolita i pacnolita. C.V.: 17 mm.



Cavitat entapissada per cristalls de thomsenolita i criolita. C.V.: 4 cm. Molts cristalls de thomsenolita estan tintats per òxids de ferro.

La regió de Grimsel (Suïssa), paradís del quars. Les cavitats de cristalls de Gerstenegg.

Paulí Gispert

Situació geogràfica.

La via de comunicació que va des de la vall de Hasli (Haslital) en l'Oberland bernès, fins a Goms, en l'Alt Valais, té com punt culminant el coll de Grimsel (Grimsel Pass, 2.164 m). Passa per entre els vessants nord i sud dels Alps com la divisòria d'una de les regions de muntanyes i glaceres més imponents de Suïssa.

La regió de Grimsel es va destinar des de fa molts anys a la producció d'energia. Els embassaments de diferent grandària, al costat dels quals discorre la carretera del congost, testimonien l'aprofitament intensiu de l'aigua. Aquestes preses es van construir partint d'antigues fondalades i llacs naturals. Els murs de contenció i les canonades forçades constitueixen la part visible d'un complex grup de centrals hidroelèctriques construïdes entre el Coll de Grimsel i el poble d'Innertkirchen.

Les principals subministradores d'aigua són les glaceres de l'Aar, les quals alimenten dos grans embassaments, els llacs Grimsel i Oberaar, emprant la força hidràulica en una primera central situada a gran alçada al Räterichsboden (1.767 m). El riu Aar, tributari del Rin, neix a les grans glaceres dels Alps Bernesos.



En primer terme i a l'esquerra, el llac Grimsel i el mur de contenció de la presa. Al centre, la central hidroelèctrica i l'hotel Grimsel Hospiz. Foto: Paulí Gispert. Any 2017.



Esquema de la situació dels llacs Oberaar, Grimsel i Räterichboden. Foto: Paulí Gispert. Any 2017.

El llac Oberaar (Oberaarsee). Foto: Paulí Gispert. Any 2017.

Les cavitats de cristalls en el període de 1974-1985.

La perforació de la galeria d'accés a l'estació de bombament de la central hidroelèctrica Grimsel II, que duia a terme la Krafwerke Oberhasli A.G (KWO), va començar el 1973. Un dia de primers d'octubre de 1974, els miners van ensopegar amb una fissura cristal·lina situada a uns 2 km al sud de l'entrada de la galeria, prop de Gerstenegg. Al supervisor de la KWO i a l'encarregat dels treballs de perforació, F. Immer i U. Blatter respectivament, els va cridar l'atenció que les vagonetes que treien a l'exterior el material arrencat portaven força menys quantitat de roques del que era habitual. Per això tots dos van decidir investigar quin podia ser el motiu, descobrint que els miners estaven entretinguts recollint, entre fum, pols i fang, els cristalls tant sencers com trencats, per a emportar-se'ls a casa com un record! Malgrat que les explosions havien malmès molts cristalls, una part apreciable del costat oest de la galeria restava intacta. Per ordre de la KWO, la fissura va quedar protegida d'immediat. Seguia endavant la perforació i minats per a l'ampliació de la galeria d'accés a la central Grimsel II, no gaire lluny d'on estava la fissura.

Transcorreguts alguns dies, un equip de treball comandat per Enst Rufibach va començar a recollir els cristalls que s'havien després del sostre i, en el transcurs d'aquesta feina, van percebre que hi havia una altra cavitat encara més gran, amagada darrera de la que venien d'obrir! Al tractar d'entrar-hi i explorar-la es van trobar que una gran llosa de granit obstruïa l'entrada. A l'haver-hi un petit espai d'uns 25 cm entre la llosa i la volta de la cavitat, i amb no poques dificultats, Rufibach va poder ficar-hi el cap introduint un projector de llum a aquell estret forat.

Va ser en aquell instant quan Rufibach va entreveure la fissura parcialment plena de cristalls amb la particularitat que, tot i la poca il·luminació aconseguida, li va semblar que la cavitat estava lliure de fang i tenia poca clorita. F. immer també va quedar fascinat, a l'igual que el Dr. H. A. Stalder, del Museu d'Història Natural de Berna, que es va mostrar entusiasmat. Arran d'una reunió a la qual van assistir els directius de la KWO, l'Inspector per a la Protecció de la Natura, el Dr. Stalder i representants d'altres organismes pertinents, van acordar que valia la pena mantenir i protegir la fissura i no tornar-la a obrir fins que s'hagués acabat la construcció de l'estació de bombament. La cavitat es va segellar de nou: van col·locar un encofrat de fusta d'uns 60 cm de gruix davant la fissura i, després de formigonar el conjunt, van afegir-hi una planxa d'acer per a augmentar la seguretat. Cal ressaltar que els treballadors van complir amb la seva promesa de no penetrar i saquejar el preuat contingut.

Van transcórrer gairebé vuit anys tal que fos possible tornar-hi per admirar les bel·leses de la fissura. La CEDRA (*Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs*) va obtenir l'autorització per a construir un laboratori de recerca no gaire lluny de la fissura. Com que això requeriria obres de gran envergadura, van decidir reobrir-la abans del seu inici. La principal dificultat a la qual s'havien d'enfrontar

era extreure la gegantina llosa, que mesurava 2 metres d'amplada i pesava un 875 kg! Un problema addicional va sorgir al advertir que les terminacions dels cristalls de quars en la cara inferior de la llosa gairebé tocaven les dels cristalls de terra de la cavitat.



Fissura descoberta l'any 1974. Detall del sostre entapissat per cristalls de quars.

La llosa estava suspesa i fixada a la roca pels dos extrems laterals, però alliberada tant a la part superior com la inferior. Primer es van practicar forats en la granodiorita, tractant d'anar-la separant pel costat esquerra fent força amb una palanca. La llosa ja era lliure per tres costats però estava fermament ancorada a la roca pel seu flanc dret. Amb l'ajuda de dos petits cilindres hidràulics van exercir pressió de dalt a baix però van interrompre aquesta acció doncs s'estava formant i escampant una esquerda que posava en perill l'operació. Llavors van recol·locar els dos gats hidràulics sota la llosa empenyent-la cap amunt per a guanyar espai a la part inferior .

Rufibach tenia prou experiència per haver treballat dins d'altres fissures. Primer va fer lliscar uns feixos de draps ben xops d'aigua cap endavant i cap enrere entre els cristalls de la llosa i els que estaven fermament arrelats al sol, a fi i efecte de poder omplir el millor possible els espais entre els cristalls. A continuació va posar uns taulons de fusta molt gruixuts, tant sota la llosa com al damunt del sòl de la cavitat. També va folrar aquests taulers amb un bon encoixinat per a la protecció dels cristalls. Al constatar que no era possible moure la llosa, va introduir entre els taulons unes barres cilíndriques de poc diàmetre. El rodament de les barres, fusta contra fusta, va facilitar la sortida de la llosa, una operació executada amb moltes precaucions. Prèviament s'havia hagut d'ampliar l'entrada de la fissura, perforant la granodiorita i extraient les roques fracturades.

La llosa es va transportar damunt d'un muntacàrregues a la central elèctrica de Grimsel, on va quedar exposada després d'una neteja acurada. Com que els operaris de CEDRA havien de perllongar la galeria d'accés, van farcir la cavitat amb un encoixinat per a atenuar els efectes de les sacsejades provocades per les explosions, abans de procedir a segellar la cavitat per segona vegada. Rufibach va fer una ullada per un estret passadís, ja sense l'impediment de la llosa, confirmant que una fissura encara més gran seguia a la primera.



Cristalls de quars dins de la fissura descoberta a Gerstenegg l'any 1974.

E. Rufibach, aleshores un empleat de KWO, pertany a una família suïssa de buscadors de cristalls (*strahlers*), famosa per les seves espectaculars troballes al Grimsel, especialment al Zinggenstock. En el museu Kristella, de la seva propietat i radicada al poble de Guttannen (cantó de Berna), s'exposen extraordinaris exemplars de cristalls de quars, tant hialins, com morions (*rauchquartz*), torçats (*gwindels*) i d'altres espècies com fluorites roses i adularies, fruit de tants anys de recerques.

El gener de 1985 es va reobrir la cavitat per tercera i darrera vegada. Primerament es va procedir a il·luminar-la, retirant tot el material de farciment. Per a protegir la fissura van aixecar un mur de formigó deixant un marc per a la inserció d'una finestra. La tasca final del rentat de la fissura va comportar alguns problemes, degut a que moltes fluorites roses no estaven fermament adherides als cristalls de quars. L'exposició va quedar definitivament enllestida per a la visita del públic en general.



Detall dels cristalls de quars, la majoria transparents, i d'altres lleugerament fumats. Fissura descoberta a Gerstenegg l'any 1974. Foto: KWO (Krafwerke Oberhasli A.G.).

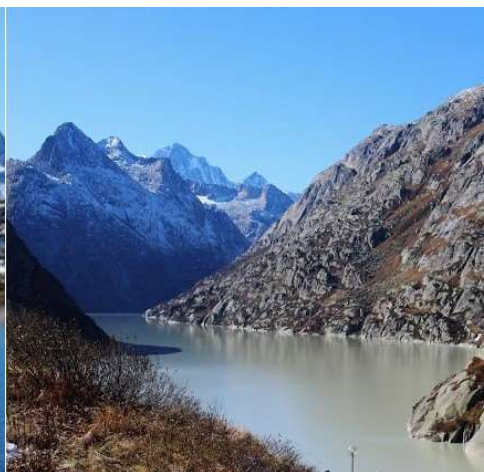
El laboratori subterrani de la KWO.

Des de la fundació de la KWO (Krafwerke Oberhasli AG) el 1925, s'ha creat en diferents etapes el complex sistema que integra la central hidroelèctrica: nou plantes, vuit embassaments (incloent-hi un llac natural), centenars de quilòmetres de canonades, túnels, camins i també telefèrics. El funicular de Gelmer es va construir per a facilitar la construcció del mur de contenció de l'embassament del Gelmersee (1.860 m), i per a la instal·lació de les canalitzacions que condueixen a la Central Hidroelèctrica Handeck I. Inaugurat el 1926, el seu pendent mitjà és del 49,4% i la màxima, del 106%.

Cal esmentar també el Laboratori Subterrani de Grimsel, GTS (Grimsel Test Site). El GTS es troba a 1.730 metres d'altitud, dins de la roca granítica del massís de l'Aar. Els treballs del Programa de Migracions de Radionúclids (RMP) es duen a terme a la galeria FEBEX (Full-Scale Engineered Barriers Experiment). Es tracta de l'estudi i comprensió dels processos de migració de radionúclids en formacions geològiques per a determinar la seva idoneïtat com a barrera natural de futurs emmagatzematges geològics profunds de residus radioactius d'alta activitat. Com és sabut, els radionúclids o isòtops radioactius són elements químics amb configuració inestable que experimenten una desintegració radioactiva manifestant-se en l'emissió de radiacions en forma de partícules alfa o beta i raigs X o gamma.



El llac Grimsel (Grimselsee). Foto: Paulí Gispert. Any 2017.



Embassament del llac Grimsel. En darrer terme, entre d'altres, els Pics del Zinggenstock. Foto: Paulí Gispert. Any 2017.

Els cristalls de la fissura descoberta l'any 1974.

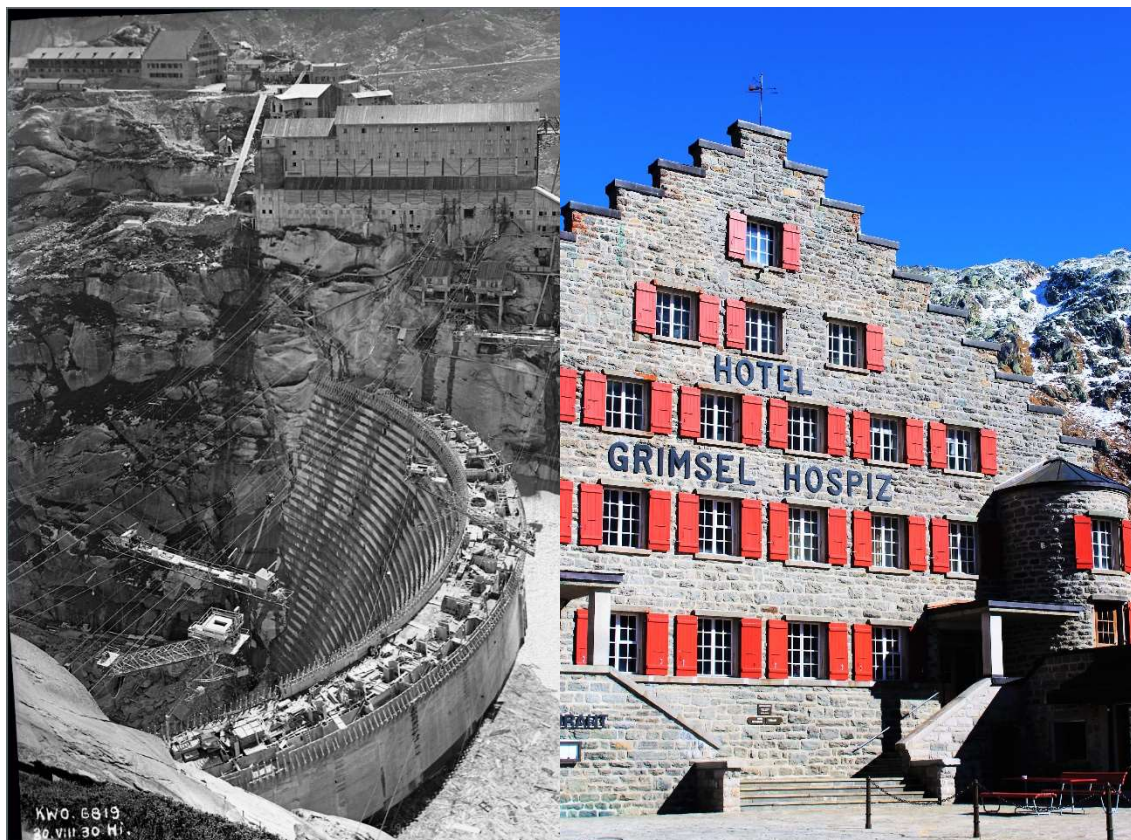
El contingut de la fissura es correspon amb la clàssica associació dels minerals de les regions alpines. A primer cop d'ull es distingeixen només quatre espècies minerals: quars hialí (cristall de roca), clorita, calcita i fluorita. A Gerstenegg s'han comptabilitzat com a mínim dotze minerals diferents.

La majoria dels cristalls de quars presenten una transparència immaculada, generalment sense inclusions. La llargada d'aquests cristalls rarament supera els 20 cm. Estan formats per prismes hexagonals acabats per cares de romboedre i gairebé sempre amb cares de trapezoedre trigonal relativament grans. També presenten freqüentment cares de dipiràmide trigonal i de romboedres aguts poc desenvolupats. També es van trobar nombrosos cristalls de quars amb torsió (*gwindels*).

La clorita era present en forma d'agregats compostos de fines plaquetes de color verd fosc. Per a poder distingir millor els cristalls de quars, es va haver d'evacuar de la cavitat més d'un metre cúbic de la clorita que els recobria.

Els cristalls octaèdrics de fluorita mesuren un diàmetre mitjà d'un centímetre i estaven dispersats per tot l'interior de la fissura. El seu color varia del rosa clar a més intens. La majoria estan fixats sobre els cristalls de quars, però qualsevol moviment o tremolor pot fer que es desprenguin del seu suport.

Altres minerals característics trobats a la fissura són, entre d'altres, els següents: albita, apatita, biotita, epidota i milarita, tot ells presents en forma de cristalls minúsculs.



Obres de construcció del mur de contenció de l'embassament del llac Grimsel. Arxiu de la KWO (Krafwerke Oberhasli A.G.). Any 1930.

L'hotel Grimsel Hospiz (antic Hospici del Grimsel). Foto: Paulí Gispert. Any 2017.

El nou mur de contenció de l'embassament del llac Grimsel.

La construcció per part de la Krafwerke Oberhasli AG (KWO) d'un nou mur de contenció en un dels dos embassaments del llac Grimsel va començar el 2019. La presa Spitallamm es va construir entre el 1925 i el 1932, sent de les primeres preses de gravetat en forma d'arc i convertint-se en una de les més altes del món en l'època. Els arquitectes i constructors van adoptar les tècniques pioneres als anys trenta del segle passat.

Arran d'investigacions i proves efectuades durant els anys seixanta, es va descobrir que s'anava produint una fissura vertical en la seva estructura, a causa dels mètodes constructius utilitzats i a les reparacions posteriors. La cresta de la presa i el mur frontal de formigó havien començat a separar-se de la resta de la presa. La KWO va decidir no reparar el mur existent, projectant una nova estructura. Així doncs, a mitjans de 2019 es van iniciar les obres de construcció d'una nova presa de doble curvatura, que se situarà directament davant de l'antiga presa.

L'antiga presa d'Spitallamm es conservarà, sent inundada posteriorment. La pressió de l'aigua exercida pel llac Grimsel serà absorbida en el futur per la nova presa. I un túnel situat al costat de l'antiga paret de

la presa garantirà que el nivell d'aigua estigui equilibrat hidràulicament. El nou mur de contenció tindrà una alçada total de 113 metres des dels fonaments. I la longitud de l'arc o cresta superior serà de 212 metres. La finalització d'aquesta obra monumental està prevista cap a finals de 2025.



Grup de cristalls de quars, de 30 cm d'amplada, trobat a les fissures de Gerstenegg l'any 2019. Foto: KWO (Krafwerke Oberhasli A.G).

Troballes en les noves fissures descobertes l'any 2019.

Els treballs començats el 2019 van permetre la descoberta de quatre noves fissures. Dues d'elles contenen cristalls de roca de qualitat mitjana, alguns dels quals estaven fortament recoberts de clorita. Les altres dues, en canvi, van sorprendre pels seus quarsos límpids, alguns biterminats, i també per grups de cristalls de forma molt particular i de gran qualitat. La KWO va tornar a confiar als col·legues W. Weissenfluh i A. Willener la tasca d'inspeccionar el lloc i decidir quins minerals es podien recuperar, així com la de fotografiar i documentar la fissura, numerant els exemplars. També es va comptar a més a més amb l'assessorament del Dr. Beda Hofmann, conservador del departament de mineralogia i meteorits del Museu d'Història Natural de Berna.

El Dr. Hofmann va explicar que una d'aquelles fissures era particular per les nombroses inclusions de biotita en el quars i que fins llavors no havia observat un fenomen de tal intensitat. Després d'una primera inspecció va identificar a més de quars, la presència d'adulària, fluorita (rosa, però sovint corroïda), titanita, zircó, calcita, i d'un mineral argilós de color blanc (probablement dickita).

D'aquella fissura van classificar prop de 200 peces, que anaven des de cristalls solts fins a grups de cristalls. En el curs de les obres podia succeir que s'obriessin inesperadament petites fissures o que es trobessin minerals entre les restes del minat. Durant la recuperació dels cristalls, les màquines s'aturaven momentàniament, interrompent breument les operacions. La fissura més gran de la cavitat fa 5 m d'amplada i s'enfonsa 2 m a la roca; després de buidar-la completament, es va formigonar.



Grup de cristalls de quars, de 50 cm d'amplada, trobat a Gerstenegg l'any 2019. Foto: © Thomas Bolli.

Els exemplars més bonics s'exhibeixen a Handeck. Sis grans vitrines presenten impressionants fluorites roses, alguna amb arestes de 5 cm!, magnífics cristalls de quars i un grup de 250 kg de pes, recobert per tots els costats de cristalls que van créixer parcialment l'un contra l'altre. Molts cristalls d'aquesta extraordinària troballa es poden contemplar al centre de visitants del Grimsel Hospiz (antic Hospici, *Spital*, transformat actualment en un hotel). Altres peces com *gwindels* totalment límpids es preserven a la seu de la KWO, a Innertkirchen.



Extraordinari grup de cristalls de quars amb un pes de 250 kg. Trobat a les fissures de Gerstenegg l'any 2019. Foto: © Thomas Bolli.



Exposició a la galeria de Gerstenegg de les troballes efectuades l'any 2019. Foto: © Thomas Bolli.

Exposició a la galeria de Gerstenegg de les troballes efectuades l'any 2019. Foto: KWO (Krafwerke Oberhasli A.G.).

Referències bibliogràfiques i webs consultades.

- Bachmann R.C. (1981). Glaciares de los Alpes. Editorial RM. Barcelona. Pàg. 184-193.
- Bolli T. (2020). Bemerkenswerte Quarzfunde aus der Baustelle beim Grimsel-Hospiz. Schweizer Strahler. Edició 4/novembre.
- Bolli T. (2020). Der Riesenkristalle von der Grimsel. BZ. Berner Zeitung. Juliol, pàg. 7.
- Stalder H.A. (1987). Die geschützte Mineralkluft and der Gerstenegg, Grimsel BE. Schweizer Strahler. Vol. 7, pàg. 433-446.
- Rufibach E. (1987). Rapport sur le travail effectué à la fissure protégée. Schweizer Strahler. Vol. 7, pàg. 461-468.
- Weissenfluh W. (2008). Variantenreiche neue Grimselkluft. Schweizer Strahler. Edició 4/novembre.

www.grimselstrom.ch

www.grimselwelt.ch

De l' "enciclopèdia escolar catalana" (1931)

Jordi Escuer

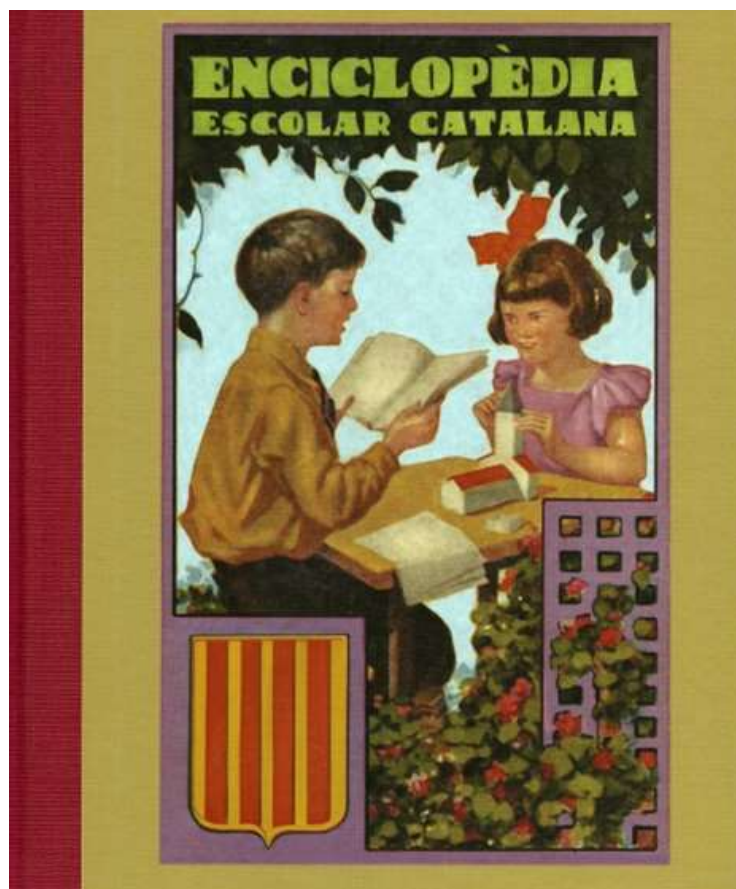
De ben segur que el fet d'estar a casa no només hores i dies, sinó mesos i mesos, més o menys tancats, ens ha permès darrerament posar ordre en molts àmbits de les nostres cases, no només en el dels minerals que tots tenim ben guardats en caixes i més caixes de fa anys i anys sinó que també ens ha permès ordenar tots aquells llibres guardats i, fins i tot, arraconats, en mobles i estanteries.

La facilitat actual de buscar i trobar immediatament informació de darrera hora sobre qualsevol aspecte de la ciència per internet ens dificulta, en bona mesura, gaudir de la lectura i, en algun cas, fins i tot de la textura de llibres antics als que, potser mai fins ara, hi havíem parat atenció.

Aquest és el cas i el motiu d'aquesta petita ressenya sobre un llibre que he retrobat fa unes setmanes i del qual em satisfà compartir amb els lectors algunes de les seves pàgines dedicades a la nostra afició, la mineralogia, encara que de manera molt simple i sense alt contingut tècnic.

Es tracta d'un llibre escolar titulat "Enciclopèdia Escolar Catalana" (1) focalitzat als alumnes que pretenien graduar-se en "Primera Ensenyança" (Grau Elemental i Grau Mitjà) i publicat l'any 1931.

Aquesta és la portada del llibre:



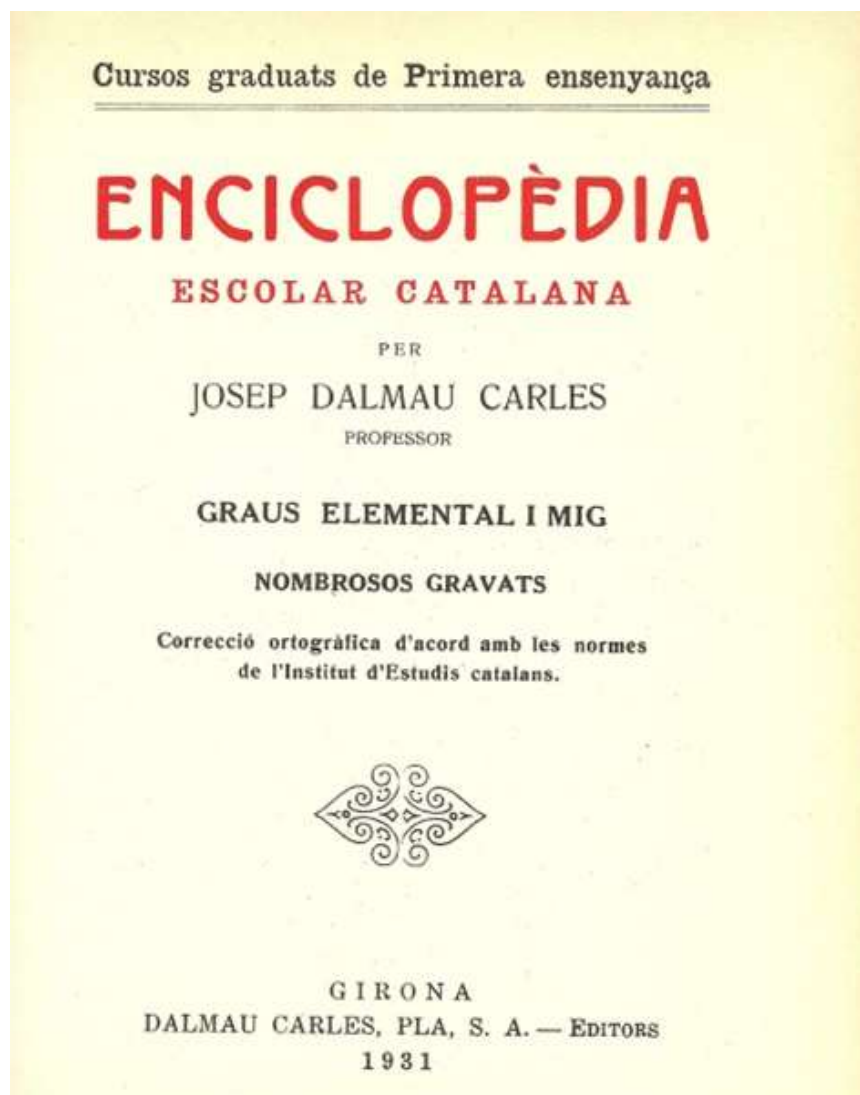
Crec interessant començar parlant de l'autor del llibre. Un d'aquells homes de la nostra terra que avui seria tingut per un "gran i eficaç emprenedor". Es tracta del professor Josep Dalmau Carles, nascut a Sant Cebrià dels Alls (municipi de Cruïlles, Monells i Sant Sadurn de l'Heura) el 1857 i mort a Girona el 1928.

Com ens explica en Xavier Besalú (professor de pedagogia de la Universitat de Girona) (2), en Josep Dalmau Carles va ser un dels mestres pioners de la renovació pedagògica del primer terç del segle XX a Catalunya.

Després de començar a estudiar magisteri als 23 anys, en Josep Dalmau Carles viatjà a Madrid als seus 26 anys per tal d'obtenir la titulació de Mestre Normal.

El 1892 i als seus 35 anys va escriure el seu primer llibre i dotze anys després obrí una llibreria a la Plaça de l'Oli (Girona), una impremta al carrer de Sant Josep (Girona) i fundà la Societat Dalmau Carles i Cia., matriu de l'editorial Dalmau Carles, Pla S.A. la qual va editar el llibre que estem comentant el 1931, aprofitant la documentació recopilada per en Josep Dalmau Carles.

La primera pàgina, i que ens serveix de presentació de l'obra, és la següent:



Per tal de tenir una idea general dels temes tractats en el llibre podem donar un cop d'ull a l'índex:

I N D E X	
	Pàgines
Geografia.	7
Història general d'Espanya i particular de Catalunya . . .	59
Agricultura	87
Indústria.	106
Comerç	113
Aritmètica	121
Geometria	179
Llengua Catalana	219
Història Sagrada	243
Educació Social.	279
Ciències físiques, químiques i naturals	285
Higiene	329

És precisament en el capítol “Ciències físiques, químiques i naturals” i, més concretament en l'apartat d’ “Història Natural”, on trobem les nocions focalitzades al món de la mineralogia, concentrades en sis lliçons diferenciades que van des de la lliçó XXXV a la lliçó XL.

La primera d'aquestes lliçons ens parla del concepte de mineralogia i, com tants i tants llibres de geologia de l'actualitat (més de 90 anys després), de la constitució de la Terra:

LLIÇÓ XXXV	
Mineralogia. — Constitució de la terra	
La mineralogia. —L'estudi dels éssers inerts o sense vida, que constitueixen la terra, són l'objecte de la <i>Mineralogia</i> .	
Components de la terra. — La terra que trepitgem es compon principalment:	
1. ^{er} De la <i>terra de conreu</i> , en la qual s'hi sembren les plantes.	
2. ^{on} De les pedres, ja siguin petites i barrejades amb la terra, ja siguin en grans masses i formant llavors les <i>roques</i> .	
3. ^{er} De la <i>sorra</i> , composta de granets molt menuts de diverses pedres esmicolades.	
4. ^{rt} De l' <i>argila</i> , terra que conserva la humitat i es pot <i>pastar</i> i <i>emmotllar</i> .	
5. ^{nt} De l' <i>humus</i> , o sigui, dels restes d'animals i vegetals en estat de putrefacció; l'humus serveix d'aliment a les plantes.	

Em sembla interessant destacar el fet de trobar, al final de cada lliçó, uns “Exercicis orals” el contingut dels quals és, sens dubte, un petit aprofundiment tècnic del que s'acaba de veure en els paràgrafs anteriors i que, probablement, era tema dels exàmens orals, tant típics d'aquells temps:

Exercicis orals. — Digui's que, encara que només havem parlat de la composició de la terra, no hi serà de més recordar que el món on vivim, està format per *quatre elements* que se sobreposen i els noms dels quals són: *atmosfera, mars, crosta de la terra i endosfera*; així ho representa el gravat que tenim davant, en el qual A, representa l'atmosfera; M, els mars; T, la terra ferma i, la part central, negra, la endosfera.



— Recordi's que el gruix de l'atmosfera es calcula entre 80 a 100 quilòmetres; que els mars ocupen les tres quartes parts de la superfície de la terra; que el gruix de la crosta de la terra es suposa d'uns 50 quilòmetres i que la constitueixen cossos molt diversos; i que la endosfera és la part més interna de la Terra suposant-se es troba a una *temperatura molt alta*, com ho demostra el fet que, en endinsar-nos 33 metres de profunditat, la temperatura augmenta *un grau*; així s'ha comprovat en pous de mines, la profunditat dels quals arriba a 1.000 metres. A 100 quilòmetres la temperatura arribaria a 3.000 graus, escalfor capàs per a fondre-ho tot. A 50 quilòmetres, poc més o menys, deuen començar a estar les *substàncies tèrrecs en fusió*, per lo qual hem dit abans que a la crosta de la terra se li solen suposar uns 50 a 60 quilòmetres de gruix.

La lliçó XXXVI ens comença parlant d'una curiosa classificació de les "pedres" basada en la resposta visual que es pot observar a l'atacar les mostres amb àcid:

LLIÇÓ XXXVI

Les pedres

Classes de pedres. — Hi ha varies classes de pedres; entre elles, unes que produeixen bombolles en vessar-hi al damunt *àcid sulfúric*, dit vulgarment *oli de vitriol*; aquestes s'anomenen *pedres calcàries*; i altres que, amb l'àcid sulfúric nos'alteren, i aquestes s'anomenen *silícies*.

Pedres calcàries. — Les pedres *calcàries* escal-fades a alta temperatura, en forns a propòsit, es transformen en *calç*.



Forn de calç

Són pedres calcàries, la *creta*, la *pedra de construcció*, el *marbre*, etc.

Pedres silícies. — Les pedres *silícies* són molt dures, i amb el foc no s'alteren; en picar-les amb una *pedra foguera* algunes deixen saltar espurnes de foc.

Són pedres silícies, la *pedra foguera*, les *boles d'agata*, el *crystal de roca*, el *rubi*, el *zàfir* i varies altres pedres precioses.

Pedres sorrenques. — Són *pedres sorrenques* les constituïdes per granets de sorra enganxats uns als altres. Hi ha *sorres calcàries* i *sorres silícies*, segons sia calcària o silícia la naturalesa dels grans de sorra.

De les pedres silícies se'n fan pedres d'esmolar.

Pedres volcàniques. — Les *laves* o pedres que surten dels volcans, són sempre silícies.

Com a aprofundiment en els coneixements d'aquesta lliçó, els "Exercicis orals" ens detallen, a modus de diferents pràctiques de laboratori, les següents:

Exercicis orals. — Parli's de l'acció dels àcids sobre les pedres calcàries, i posi's un tros de creta en un vas amb vinagre, per a que els alumnes vegin la *efervescència* i la desaparició al fi de la creta, com si fos un terço de sucre; faci's el mateix amb un tros de pedra calcària; repeteixi's l'experiment tirant, amb una barreta de vidre, unes gotes d'àcid sulfúric damunt la pedra calcària. — Faci's veure com, posant un tros de pedra foguera en el vinagre o posant al damunt la pedra foguera gotes d'àcid sulfúric, no es produeix cap efervescència. — Parli's de la calç, de la manera d'obtenir-la i de la seva importància en la edificació; parli's de la calç com element medicinal i aliment per les plantes. — Conveniència de no posar les llimones, taronges i altres substàncies àcides damunt taules de marbre; car l'àcid les malmetria. — Parli's de les espurnes que produeix una pedra foguera, colpejant-la amb un tros d'acer, o amb la fulla d'un ganivet. — Parli's dels antics fusells de pedra foguera i de l'esca per encendre. — Parli's de la duresa del sílex. — Els volcans i les pedres que d'ells han sortit.

Es fa al·lusió, per a diverses pràctiques, a la pedra foguera que així és com es coneix una “varietat de sílex, que en ésser ferida amb un tros d'acer ò d'una altra pedra, produeix espurnes” (enciclopèdia.cat) (3)

En la següent lliçó, se'ns parla de l'argila:

LLIÇÓ XXXVII

L'argila

L'argila. — L'argila és una terra vermellenca, enganxosa i toba, la qual reté la humitat; els àcids (vinagre, sulfumant), no actuen damunt d'ella.

Duresa que adquireix l'argila. — El fang de terra argilenca, cuit en forns a propòsit, es torna molt dur.

Aplicacions de l'argila.

— Els escultors utilitzen l'argila toba en els seus treballs artístics, i també són d'argila cuita les rajoles, les olles, les teules, els cànirs, etc.; ja se sap que tots aquests objectes els fan els terrissers.



Objectes de pisa

La pisa. — Els plats, les tasses, les soperes, i tots els objectes que en diem *pisa*, no són més que objectes d'argila cuita, coberts de vernís, també cuit.

I pel que fa als “Exercicis orals”, aquests es focalitzen a ampliar els coneixements de la utilització de l'argila tant en el camp artístic com en l'industrial:

Exercicis orals. — Parli's de com utilitzen l'argila els escultors en llurs obres artístiques, i de la duresa de l'argila cuita. — Parli's de la elaboració de les rajoles, de llur cuita. Anomenin-se diversos objectes d'ús domèstic, elaborats amb argila. — L'ofici de terrisser i objectes que elabora aquest artífex; gerros, cànirs, tubs, teules, etc. — La *pisa*; la seva bellesa i utilitat. — Anomenin-se diversos objectes de pisa.

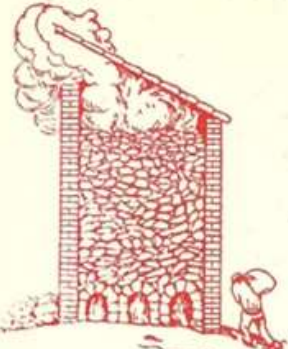
Seguim avançant i en la lliçó XXXVIII ens trobem amb les explicacions bàsiques del guix i les pissarres, sempre basades en les reaccions de les mostres amb àcids:

Lliçó XXXVIII

El guix i les pissarres

La pedra de guix. — La pedra de guix és blanquinosa, de poca duresa, i, com l'argila, no es descompon amb els àcids.

El guix. — Si s'escalfa moltíssim la pedra de guix en forns adequats, es converteix aquella en una pols blanca que se'n diu guix.



Forn de guix

L'alabastre. — L'alabastre és una pedra de guix molt blanca, de la qual se'n fan petites estàtues, fruïteres, vasos, capsetes i altres objectes.

Pissarra. — La pedra de pissarra, és lleugera, de color negre; apareix en forma de fulles planes i primes i no es descompon per l'acció dels àcids.

Utilitat de la pissarra. — La pissarra s'usa en construcció per a bastir teulades i també per a fer paviments, combinant-la amb marbre.

En aquesta lliçó, els "Exercicis orals" es centraran, fonamentalment, en les diverses aplicacions del guix. Ens apareix l'aplicació de l'aiguacuit, "cola animal constituïda essencialment per gelatina pura i utilitzada com a adhesiu" (enciclopèdia.cat) (2):

Exercicis orals. — Parli's del guix per tal de millorar els vins; digui's que també s'usa com adob, doncs convé a les plantes lleguminoses. — Escalfat en deguda forma esdevé molt blanc i es torna pols; s'utilitza molt en les construccions, especialment per allisar parets. — Digui's que diluït amb *aiguacuit* es torna molt dur i pot ésser polit. — Digui's que l'*estuc* no és més que guix barrejat amb substàncies colorants. — Parli's de l'operació d'*emmotllar*, i digui's que el guix s'utilitza per a aquest objecte. — Parli's de la *pissarra* i de les seves aplicacions. — Digui's que la pissarra és molt resistent als agents atmosfèrics.

Arribem a la lliçó XXXIX on apareixen finalment els minerals, tinguts, en aquell moment, com a "pedres cristal·litzades". Se'ns hi exposa una molt bàsica classificació, encara que sense haver tingut en compte la ja existent classificació de J.D.Dana (James Dwight Dana, febrer 1813 – abril 1895):

LLIÇÓ XXXIX

Pedres cristal·litzades. — Els fòsils

Pedres i roques cristal·litzades.—Els minerals, les pedres i les roques, es presenten a vegades baix la forma de cristalls.

Hi han *cristalls calcaris* i *cristalls silicis*.

Els cristalls calcaris.—Els cristalls calcaris no tenen cap vàlua; es ratllen amb facilitat i s'entelen de seguida. La pedra calcària més important és el marbre.



Cristalls silicis

Els cristalls silicis.—Els cristalls silicis tenen vàlua a causa de la seva re-



Carcanada fòsil

marcable duresa i bellesa, ratllen el vidre i no s'entelen, com els calcaris.

El cristall de roca i les pedres precioses, són cristalls silicis.

El diamant.—El *diamant* és el més bell i brillant de tots els cristalls, i també el més dur. No és una pedra silícia; és carboni pur, cristal·litzat.

Els fòsils.—Els restes d'animals i vegetals que visqueren en temps molt llunyans, i quals restes s'han petrificat en l'interior de la terra, s'anomenen *fòsils*.

Els "Exercicis orals" es focalitzaran en ressaltar l'existència d'alguns minerals, esmentant tant la seva bellesa com les seves diverses aplicacions:

Exercicis orals. — Parli's dels cristalls calcaris, de la seva bellesa i utilitat. — Parli's del marbre i de les seves moltes aplicacions artístiques. — Parli's dels cristalls silicis, de la seva bellesa, del seu brill, de la seva duresa; les pedres precioses; el *rubí*, l'*amatista*, el *sàfir*, el *topaci*, l'*esmeralda*, els *granats*, etc. — Superioritat del diamant pel seu brill i duresa; no s'entela; el seu elevat preu. — Digui's que essent *carboni pur* cristal·litzat, el diamant es pot cremar com un tros de carbó. — Digui's que la *sal de cuina* és un cristall. — Parli's dels fòsils. — Com han arribat a *fossilitzar-se* els éssers orgànics. — Importància dels fòsils per determinar les edats probables dels terrenys. — Parli's de la *hulla*.

I arribem a la darrera lliçó d'aquest capítol dedicat a la Història Natural, més concretament a la Mineralogia i Geologia, la lliçó XL, en la que se'ns presenta una classificació dels diferents "terrenys":

LLIÇÓ XL

Minerals metàl·lics. — Els terrenys

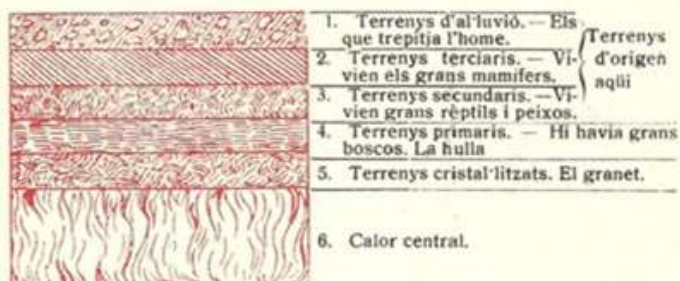
Minerals metàl·lics. — Els metalls es troben a l'interior de la terra combinats amb diverses substàncies: formen *roques* o *masses terroses*.

La ciència que estudia els minerals és la *Mineralogia*.

Classes de terrenys. — Hi han dues classes de terrenys: terrenys dipositats per les aigües i terrenys formats pel foc; o en altres termes: terrenys d'origen *aquí* i terrenys d'origen *igni*.

Com es presenten els terrenys. — Els terrenys es presenten en forma de capes sobreposades.

Ordre amb què es presenten i noms que se'ls dona. — 1.^{er} Terrenys d'al·luvió; 2.^{on} Terrenys terciaris; 3.^{er} Terrenys secundaris; 4.^{er} Terrenys primaris; 5.^{er} Terrenys arcaics.



Els darrers “Exercicis orals” els trobem enfocats a parlar de la constant dinàmica geològica i de les conseqüències que comporta de cara a l'extracció dels diferents minerals i roques:

Exercicis orals. — Digui's que gairebé totes les roques i terres tenen algun metall. — Mines i conques metàl·liques. — Digui's quelcom dels terrenys, de les capes en què apareixen. — Digui's que en algunes muntanyes o terrenys elevats s'hi troben conques fòssils, essent això prova de que, en temps antiquíssims, aquelles terres foren banyades pel mar. — Parli's dels moviments d'enfonsament i d'elevació de les terres. — Parli's dels fòssils que solen trobar-se en les diverses classes de terrenys.

Sens dubte que, amb el pas dels anys, s'ha anat avançant en coneixement (i jo diria que de manera exponencial) gràcies al desenvolupament de noves i cada vegada més sofisticades tecnologies que ens han permès aprofundir en el món de la Mineralogia i la Geologia.

Les pàgines anteriors ens il·lustren els coneixements que, en aquests camps, havien d'assolir els alumnes que desitjaven obtenir la graduació en “Primera Ensenyança” fa, insisteixo, 90 anys.

Bibliografia

- (1) Enciclopèdia escolar catalana. Josep Dalmau Carles, 1931.
- (2) Revista de Girona 294.Xavier Besalú, febrer 2016.
- (3) Enciclopèdia.cat (El cercador de referència en català).

Restauració de la Creu de l'Àngel de Salvador Dalí

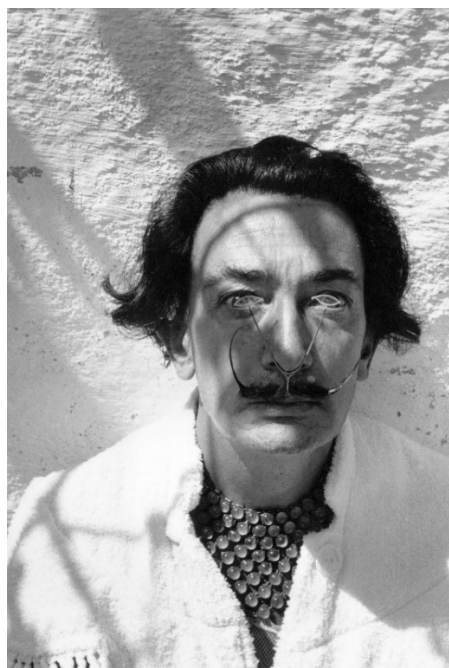
Joan Rosell

Dalí va ser un artista surrealista polifacètic: gran escriptor, show-man, escenògraf i també pintor, el seu vessant més conegut. Les seves obres, plenes d'al·legories a les seves vivències, pors i obsessions, es troben als millors museus del món.

Una faceta potser menys coneguda és el disseny de joies. En les seves llargues estades als Estats Units va veure una font econòmica important en aconseguir els desitjos de les dones de les famílies més riques del país i alhora explorar un camp més de la seva inabastable creativitat. El mateix Dalí deia: "Quan dissenyo joies, com en tot el meu art, crec allò que m'agrada".



UNSPECIFIED - JANUARY 01: Salvador Dalí Showing His Latest Jewel Grapes Of Immortality. 1970'S (Photo by Keystone-France/Gamma-Keystone via Getty Images)



Spanish surrealist artist Salvador Dalí wearing a customized pince-nez. Original Publication: Picture Post - 7486 - A Day With Salvador Dalí - pub. 1955. Photo by Charles Hewitt/Picture Post/Getty Images.

Del 1941 al 1958 Dalí va dissenyar una col·lecció de joies i va seguir tot el procés de creació associat amb Ertman i Alemany, dos joiers establerts i orfebres a Nova York. Dalí en feia els esbossos que posteriorment es convertien en escultures que combinaven tota mena de materials nobles. Al llarg de la seva vida va seguir creant noves joies, moltes de les quals es poden gaudir al Teatre-Museu Dalí de Figueres.

El 1958, les joies foren adquirides per The Owen Cheatham Foundation, una prestigiosa fundació nord-americana creada el 1934 que cedia la col·lecció de joies perquè diverses entitats benèfiques, educatives i culturals recaptessin fons amb l'exposició, i finalment van ser dipositades al Virginia Museum of Fine Arts de Richmond. La col·lecció de joies es va exposar temporalment al Teatre-Museu Dalí de Figueres durant els mesos d'agost i setembre de 1973, un any abans de la inauguració oficial del Museu. L'any 1981 fou adquirida per un multimilionari saudita i, posteriorment, per tres entitats japoneses, la darrera de les quals és la que en va formalitzar la venda a la Fundació Dalí, per una quantitat propera als 900 milions de pessetes.



Model Madeleine Hegeler wearing Dalí's sculptured gold hand (l), real ruby lips with pearl teeth, Eye of Time watch worn like a monocle and a Corset Ring, 1959. Bettmann / Contributor. sothebys.com

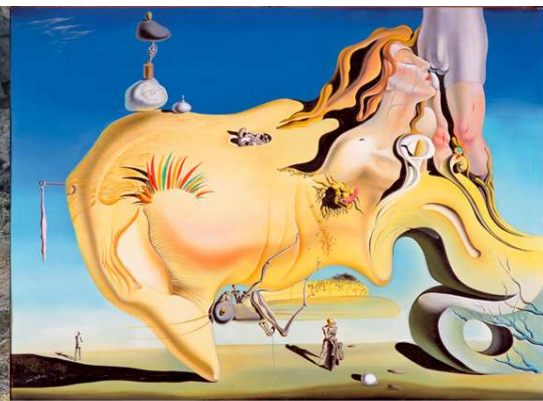


Clipping from the Sunday Mirror Magazine, November 13, 1949- Hirshhorn Museum and Sculpture Gallery Library

L'afició de Dalí pels minerals, les roques i la geologia, sobre tot del Cap de Creus, es fa palesa en les seves obres. També podem veure exemplars de minerals, no sempre els clàssics decoratius, a la seva casa de Portlligat. Us convido a buscar-los en una propera visita.



Parc Cap de Creus - El gran masturbador. Foto: Grey Geezer.



'Rostro del Gran Masturbador' (1929) Museo Nacional Reina Sofía

Les joies exposades al museu, a part de la fascinant pedreria de talla (amb diamants, robins, maragdes, safirs, aiguamarines, topazis, etc.), s'assenten sovint en bases de minerals naturals com el quars, l'òpal, el xilòpal o el beril. Una d'aquestes meravelles és la **"La Creu de l'Àngel" (1960)** que el mateix Dalí diu que representa: "el tractat de l'existència: la transformació gradual des del món mineral fins a l'àngel". L'escultura, segons l'artista, s'ha "construït sobre la matemàtica del número 12. El mateix cub que immobilitza l'estructura de la Creu de corall es basa en el número 12" com les dotze agulles de la base, que recorden el moviment de les punxes de les garotes. Per a la cultura occidental, el dotze és simbòlic: representa el número de la perfecció.



© Fundació Gala-Salvador Dalí



© Fundació Gala-Salvador Dalí

La base representa l'estadi inicial, la unió del món mineral representat per una base feta de fragments d'una quarsita amb una capa de marcassita-pirita i fragments de lapislàtzuli polits, sobre la que trobem el món vegetal representat pels coralls (sic), vermells com la sang, i unes pues de garota, el món animal. Aquesta estructura primària, irracional, puja pels cos de la creu, en forma de corall vermell i suporta un cos d'un humà: el de Jesús crucificat. Però aquest humà sublima en un ésser espiritual, angelical, irradiant llum, que es pot veure perfectament quan l'enorme citrí tallat ho permet en obrir-se. Tota l'estructura de creu està formada per cubs d'or.

Què li passa a la base de la joia?

Aquesta pregunta és molt probable que se la fessin, sorpresos, l'equip de restauració i conservació de la Fundació Gala-Dalí quan en una de les revisions rutinàries van veure que a la base hi havien diversos fragments despresos.

Immediatament es van posar en contacte amb la joiera de referència de la Fundació, Noa Florensa. Aquesta reconeguda joiera va ser la que dècades abans, quan la Fundació va adquirir les joies, va portar a terme la ingent i meticulosa tasca de restaurar-les i tornar-les-hi el resplendor i les funcionalitats originals. Els anys també passen per les joies. La joiera porta anys que intervé quan alguna de les peces presenta algun deteriorament.



Vista de la part frontal amb la “desintegració” de la marcassita.

En veure que es tractava d'un mineral, no tant d'una pedra tallada, va suggerir contactar amb Montse Bagué i en Josep Maria Serrano, dos persones ben conegudes pels membres de la família del Grup Mineralògic Català i que els trobem a les fires amb la seva parada de material per a “talladors” de pedres. Ambdós van veure ràpidament que es tractava d'una possible marcassita-pirita, no pas d'una esfalerita com diu l'informe de l'Asociación Española de Gemmología que es va fer quan es va comprar la col·lecció. En Josep Maria i la Montse també van apreciar que el que calia era alguna mena de tractament que escapava del món lapidari. Per aquest fet em van contactar.

En una primera visita ja vaig poder veure que es tractava d'una pirita convertida totalment o parcial en marcassita. Tots els mineralogistes i col·leccionistes sabem que les marcassites de les nostres col·leccions poden durar molts anys, però arriba un dia que comencen a “desintegrar-se”. Es forma un polsim, s'obren esquerdes i acaben per col·lapsar, això si no ens deixen la capsa de cartró tacada o foradada.

La “malaltia” de la pedra daliniana era clara: un cert grau d'humitat ambiental, oxidació de la marcassita, formació d'àcid sulfúric i les corresponents sulfatacions. El futur era negre...

Es va fer una profunda recerca bibliogràfica dels mètodes coneguts en la conservació de minerals, centrant-nos en el “pyrite-decay” o “desintegració de la pirita” (un títol molt dalinià). Diversos mètodes es van posar sota judici, però les característiques de la peça -amb coralls i lapislàtzulis enganxats amb resines-, la mida de l'exemplar i la seva estructura no ens permetien emprar certs mètodes.

Què vam fer per a parar la degradació?

El mètode de tractament escollit, considerant pros i contres d'aquest, va ser el de vapors d'amoníac generats per una dissolució d'hidròxid amònic (NH_4OH) en polietilenglicol-400 (PEG-400) com a humectant. Aquest procés es troba descrit en diversos articles, però vam emprar l'article de R. Waller que detalla tot el procés (Waller, 1987).

La peça i els fragments es van netejar de forma mecànica. Es van eliminar totes les eflorescències, els sulfats (coquimbite, melanterite, copiapite...). Inclús vam observar una petita cavitat en la matriu, entre la marcassita i la quarsita (que ja no era de sulfurs massius com havíem suposat abans de tenir-la “a les mans”) d'on no va parar de sortir polsim.



Amb l'Irene Civil i l'Elisenda Aragonès, començant la neteja. Neteja mecànica. © Fundació Gala-Salvador Dalí.
© Fundació Gala-Salvador Dalí.



Neteja mecànica. © Fundació Gala-Salvador Dalí.

Laboratori de conservació i restauració del Museu Dalí de Figueres.

Un cop neta es va dipositar en gran tupperware amb la mescla amoníac-PEG400. El PEG-400 és un líquid molt dens que té propietats humectants, o sigui, que absorbeix la humitat. Pensem que la humitat és l'enemic de la marçassita i més en un medi agressiu ple de vapors d'amoníac. D'aquesta manera, l'atmosfera interior es manté molt per sota de l'ambiental durant el tractament.



Tractament amb vapors d'amoníac. © Fundació Gala-Salvador Dalí.

Què vam veure durant el procés del tractament?

Les superfícies alterades agafaven un to vermell-marronós, s'estaven formant hidròxids de ferro (III). Els sulfats es transformaven en hidròxids. El possible àcid sulfúric es neutralitzava formant sulfat amònic. La marçassita sana no perdia el color i el lapislàtzuli i el corall restaven amb la seva lluïssor original.

Després del tractament es va procedir a la neteja mecànica de les superfícies envermellides. Es va netejar amb isopropanol i acetona per eliminar la major part de polsims de les sals formades. Per a protegir aquestes zones de la humitat es van recobrir amb una fina capa de Paraloid B-72, una resina acrílica molt emprada en reparació i protecció de minerals... vaja de vegades... Es van consolidar algunes fissures amb el mateix Paraloid (però més concentrat) o amb adhesius epoxy.



Consolidació de materials. © Fundació Gala-Salvador Dalí.

A continuació, la Noa Florensa va començar a muntar el puzzle dels fragments despresos. Un puzzle molt complex: no hi havia dues peces iguals i algunes s'havien desintegrat en pols, faltaven peces. El resultat final, després d'hores de proves, va quedar força acceptable i similar a l'original.



Amb la joiera Noa Florensa, mirant com muntava el puzzle. © Fundació Gala-Salvador Dalí.

Ara la peça reposa en el seu sarcòfag-tupperware , acompanyada de sílica-gel dessecant, a l'espera que la vitrina de l'exposició es condicioni per a mantenir una atmosfera seca de forma permanent.



A reposar fins el seu destí final a la vitrina. © Fundació Gala-Salvador Dalí.

Bacteris a l'atac?

S'han publicat moltes notícies sobre "l'atac bacterià" a la joia de Dalí. No; la marcassita no s'ha desintegrat per causa dels bacteris. La humitat ha estat la responsable. Tot i que el Museu la controla, qualsevol pujada d'humitat ocasional pot haver iniciat el procés. Els bacteris, si hi són, són oportunistes, s'han afegit a la festa sulfúrica (un altre títol molt dalinià) per a menjar i defecar més àcid.

La reacció-desintegració de la marcassita es veu afavorida per la presència d'aquests bacteris del sofre, com ara *Acidithiobacillus ferrooxidans* o *A. thiooxidans*. Tanmateix, també es reconeix que la importància dels bacteris en condicions d'emmagatzematge en museus secs, és insignificant si no descartable. Fins i tot, Fenlon i Petrera (2019) citen un límit del 95% d'HR, per sota del qual els bacteris no són viables.

Per aquesta raó, es va contactar també amb un grup de l'IDAEA experts en aquests extremòfils, a través de Joan Gutiérrez (de la UB i doctorant a l'IDAEA), que realitzaran estudis genètics per a poder determinar si els bacteris hi són presents i, si hi són, quins.



Aclarint dubtes amb en Joan Gutiérrez. © Fundació Gala-Salvador Dalí.

Quin futur li espera a la base de la joia?

Com ja hem dit i tots i totes sabeu, la marcassita és procliu a alterar-se en presència d'humitat i oxigen, per tant si la peça es manté en una atmosfera de baixa humitat li podem preveure molts anys de vida.

Tanmateix, personalment crec que el senyor Dalí hagués estat molt feliç de substituir-la per una magnífica pirita peruana, plena de reflexos daurats (com d'or), d'aquelles que en fan boles, piràmides i obeliscs o que serveixen de base per la "Pilota d'Or" que tantes vegades ha guanyat el 10 del Barça. Però el senyor Dalí no hi és per dir-hi la seva (encara que hi sigui només de cos present). Per tant, cal seguir la opinió dels experts i preservar tot allò que és original, tot el temps que es pugui.

I no us oblideu de visitar els Museus que formen la constel·lació al voltant de Salvador Dalí. Hi trobareu més minerals dels que us penseu...

<https://www.salvador-dali.org>



© Fundació Gala - Salvador Dalí

Agraïments

Voldria agrair a Josep Maria Serrano i Montse Bagué haver pensat en mi per a fer “cuinetes”. A Noa Florensa per explicar-me el punt de vista de l’alta joieria i algunes tècniques emprades. A Irene Civil, cap de conservació i restauració de la Fundació Gala-Salvador Dalí; Elisenda Aragonès, tècnica de conservació i restauració de la Fundació; i Yvonne Heinert, fotògrafa i documentalista de la Fundació, per la confiança dipositada i pel que m’han ensenyat del mestre Dalí. Expressar també el meu agraïment a Montse Aguer, directora dels Museus Dalí, per la seva amable acollida.

Notes bibliogràfiques

- Waller, R. (1987). “An experimental ammonia gas treatment method for oxidized pyritic mineral specimens”. ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting Sydney Australia 6-11 September 1987. Getty Conservation Institute. <https://www.icom-cc-publications-online.org/3203/> [accés gener 2020].
- Tacker, R.C. (2020): “A review of “pyrite disease” for paleontologists, with potential focused interventions”. *Palaeontologia Electronica*. 23(3): a45. <https://palaeo-electronica.org/content/pdfs/1044.pdf> [accés gener 2020].
- Fenlon, A. and Petrera, L. (2019). Pyrite oxidation: a history of treatments at the Natural History Museum, London. *The Geological Curator*, 11:9-18.

ORIGEN DELS ELEMENTS QUÍMICS. Per què no n'hi ha més elements que els que apareixen a la taula periòdica?

Eduard Bes. Llicenciat en Química

<<Aquest text neix arran d'una pregunta (la del subtítol) molt encertada per part d'un dels participants durant la primera sessió del Curs sobre Dipòsits Minerals que està impartint el GMC. En aquell moment vaig fer una curta intervenció per a donar una mica de llum però crec que, amb l'aportació següent, la qüestió pot quedar bastant aclarida>>

En aquest curt text pretenc explicar l'origen dels elements químics de forma simple i esclaridora. S'obvien moltes facetes que matisen algunes de les exposicions fetes però crec que s'il·lustra fidelment el tema abordat.

La taula periòdica dels elements, en la seva versió coneguda i acceptada per la comunitat científica, es deu al químic rus Dimitri Mendeleiev. Aquest científic no només va aconseguir organitzar tots els elements coneguts fins llavors, 68, d'una manera coherent i raonada, sinó que a més va establir les bases per a poder ordenar els elements que es poguessin descobrir a futur i que, efectivament, així ha estat. Actualment la taula periòdica en té 118.

Com a apunt conceptual -veure més avall-, la taula periòdica està organitzada en períodes (les fileres), que corresponen als diferents nivells electrònics ocupats, i en grups (les columnes), que fan referència al número d'electrons que es troben a les capes electròniques més externes.



"Chemical Elements on the Street" by Rubber Dragon. Font: Creative Commons.

És sabut que la frase "som pols d'estrelles" pronunciada per Carl Sagan és essencialment certa, en el sentit que els nostres constituents en la seva mínima expressió química, els elements, provenen de diversos processos produïts a l'Univers i, per tant, tenen els seu inicis en processos estel·lars i cosmològics. Tot i això, no tots els elements provenen de processos naturals.

Així es poden observar fins a quatre orígens diferents: nucleosíntesi primordial, estel·lar, mitjançant supernova i artificial.

L'hidrogen i l'heli es van formar durant la recombinació de nucleons (protons i neutrons) i electrons després que l'Univers es refredés suficientment per a permetre-ho. Això va ser al cap d'uns minuts després del Big Bang, abans que es formessin les primeres estrelles, i s'anomena nucleosíntesi primordial. No va aparèixer cap altre element (a excepció d'ínfimes quantitats de liti i beril·li).

Aquests dos elements (H i He) van ser fonamentals en la formació de les estrelles. A mesura que s'anaven agrupant quantitats ingents d'aquests dos elements en el procés de síntesi de les estrelles, la pressió de la gran massa acumulada va desencadenar reaccions de fusió i fissió nuclears que van ser l'origen de nous elements: tots els que van des del liti fins al ferro, ambdós inclosos (número atòmic límit de $Z=26$). Aquest procés es coneix com a nucleosíntesi estel·lar i és la següent manera en què s'han format, es formen i seguiran fent-ho aquest grup d'elements. Per exemple, el carboni, l'oxigen, el sodi, l'alumini, el clor o el crom tenen el seu origen en el si de les estrelles. A partir d'aquí, les condicions de l'interior de les estrelles no permeten donar origen a elements més pesats de la taula periòdica, és a dir amb números atòmics superiors, ja que els processos fins a aquest punt són exotèrmics (produeixen energia) i per a Z majors són endotèrmics (absorbeixen energia) i les estrelles no són capaces de proporcionar-la. Així, d'on venen d'altres elements com l'or, el neodimi o l'urani?



Bromine vial in acrylic cube, Alchemist-hp. Font: Creative Commons.



Mercury 99.999%. Dr. Laser. Font: Creative Commons.

Aquests elements requereixen d'una energia molt més elevada per a formar-se a causa de diferents aspectes que ara no cal exposar, de manera que és necessari cercar altres zones de l'Univers on això és possible: les explosions de grans estels anomenats supernoves. La immensa energia després en aquestes megaexplosions aporten energia suficient com per a aconseguir, entre fraccions de segon i alguns segons, les reaccions de síntesi dels elements més pesants ($Z > 26$): des del cobalt fins a l'urani. Aquestes explosions són les encarregades d'escampar per tot l'espai tots els elements ja formats a l'estrella (fins al Fe) i els que es formen en el mateix cataclisme.



Romanent d'una supernova. La pols i el gas contenen elements químics pesats i també lleugers. Font: European Space Agency. Creative Commons.

A tot això hi ha dues excepcions: el tecneci i el prometi, elements que no existeixen a la Natura i que només s'han sintetitzat al laboratori (hi ha minses quantitats producte de la cadena de desintegració d'altres elements radioactius).

A partir d'aquí cal esmentar que la resta d'elements, des del neptuni (número atòmic $Z = 93$), han estat produïts també de manera artificial per diferents mètodes a laboratori. Majoritàriament són radioactius i alguns tenen períodes de semidesintegració molt petits. Això sí, tots tenen el seu lloc reservat a la taula periòdica. Igual que en el cas del Tc i Pm, alguns d'aquests es localitzen en quantitats minúscules a la Natura per la mateixa raó.

Tot i això, no s'exclou que en una supernova es puguin donar les condicions perquè es formin durant uns instants elements transurànids, però a causa dels seus períodes de desintegració tan petits, no és possible que assoleixin la Terra. Per tant es descarta l'aparició o arribada a la Terra d'elements "nous" o "desconeguts" més enllà dels que ja es coneixen i són suficientment estables (colors verd, taronja i blau de la taula periòdica adjunta). El temps dirà si, artificialment, se'n poden "fabricar" més al laboratori.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,0079																	2 He 4,00260
3 Li 6,941	4 Be 9,01218											5 B 10,81	6 C 12,011	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,998403	10 Ne 20,179
11 Na 22,98977	12 Mg 24,305											13 Al 26,98154	14 Si 28,0855	15 P 30,97376	16 S 32,06	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948
19 K 39,0983	20 Ca 40,08	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,88	23 V 50,9415	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332	28 Ni 58,69	29 Cu 63,546	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,22	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc 98	44 Ru 101,07	45 Rh 102,9055	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,69	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,9045	54 Xe 131,29
55 Cs 132,9054	56 Ba 137,33	57 La 138,9055	58 Ce 140,9077	59 Pr 140,9077	60 Nd 144,24	61 Pm 145	62 Sm 150,36	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,9254	66 Dy 162,50	67 Ho 164,9304	68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967	
87 Fr 223	88 Ra 226,0254	89 Ac 227,0278	90 Th 232,0377	91 Pa 231,036	92 U 238,0289	93 Np 237,0482	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 252	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 262	

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

1

Taula periòdica dels elements químics i el seu origen. Font: Elaboració pròpia.