

OFICI DE NATURALISTA

Els fosfats a les coves del Salnitre (Collbató)

Enric Queralt i Creus* & Meritxell Riera Vilaró*

Rebut: 05.10.00

Acceptat: 14.12.00

Resum

En el massís de Montserrat hi ha un sistema càrstic encaixat en conglomerats dominantment calcaris: les coves del Salnitre. En aquestes coves, en què antigament s'hi havia explotat salnitre, s'hi troben tres tipus de mineralitzacions fosfatades: *a*) en crostes de brushita, formades per reemplaçament d'estalactites de calcita; *b*) en disseminacions estratoligades (leucofosfita, francoanel·lita, apatita, crandal·lita i brushita), formades per diagènesi en argiles de descalcificació càrstica; *c*) en vetes (leucofosfita, monetita i brushita), produïdes per infiltració de fluids fosfatats. L'origen del fòsfor, i molt possiblement, del nitrat que hi hagué a les coves, és la lixiviació per aigua meteòrica d'excrements de ratpenats.

MOTS CLAU: fosfats, nitrats, Collbató, guano.

Abstract

The phosphates of the Salnitre caves (Collbató)

In the Montserrat massif there is a karst system in predominantly calcareous conglomerates: the

* Facultat de Geologia. Departament d'Estratigrafia i Paleontologia. c/ Martí i Franquès, s/n. 08028 Barcelona.

Salnitre Caves. In these caves, where saltpetre was exploited in the past, there are three different kinds of phosphatic mineralizations: *a*) in brushite crusts, generated by substitution of calcareous stalactites; *b*) in disseminations (leucophosphite, francoanellite, apatite) formed by diagenesis in karstic decalcification clays, and *c*) in veins (leucophosphite, monetite and brushite), generated by infiltration of phosphatized fluids. The origin of the phosphorus – and possibly of the nitrate that was in the caves – is the leaching of bat excrement by meteoric waters.

KEYWORDS: Phosphates, nitrates, Collbató, guano.

Resumen

Los fosfatos en las Cuevas del Salnitre

En el macizo de Montserrat existe un sistema kàrstico encajado en conglomerados mayoritariamente calcáreos: las Caves del Salnitre. Es estas cuevas, donde antiguamente se había explotado el salnitre, hay tres tipos de mineralizaciones fosfatadas: *a*) en costras de Brushita, generadas por reemplazamiento de estalactitas de calcita; *b*) en diseminaciones estratoligadas (leucofosfita, francoanellita, apatita), generadas por diagènesis en arcillas de descalcificación càrstica, *c*) en filones (leucofosfita, monetita y brushita), generadas por infiltración de fluidos fosfatados. El origen del

fósforo y muy posiblemente, del nitrato que hubo en las cuevas, es la lixiviación por agua meteórica de excrementos de murciélago.

PALABRAS CLAVE: Fosfatos, nitratos, Collbató, guano

Introducció

Les coves del Salnitre estan situades al massís de Montserrat, dins el terme municipal de Collbató, el més septentrional de la comarca del Baix Llobregat (província de Barcelona).

Aquestes coves són de les més importants de Catalunya i inclouen diverses mineralitzacions càrstiques. Clavés (1980) va fer una primera descripció d'un fosfat (brushita), i va suggerir la formació del mineral a partir de guano de ratpenats. L'objectiu del nostre treball és aprofundir en la descriptiva dels minerals de la cova, així com en el seu procés de formació en relació amb l'activitat de colònies de ratpenats.

Situació geològica

La conca o depressió de l'Ebre és una unitat morfoestructural de primer ordre de la península Ibèrica, que forma l'avantpaís dels Pirineus. La Depressió Central Catalana, reomplerta des de l'Eocè a l'Oligocè (Paleogen), en forma part.

El massís de Montserrat, situat al marge sud oriental de la conca de l'Ebre, es troba constituït per potents paquets de conglomerats en què predominen els clastes carbonatats i el seu ciment també és carbonàtic. Els conglomerats formen part d'un ventall al·luvial que cap a Òdena passen lateralment a margues marines i a Vacarisses passen a argiles (Anadón, 1979).

L'erosió diferencial de la serralada entre conglomerats, gresos i argiles que tingué lloc a partir del Neogen és la responsable de la

particular geometria de Montserrat. Les famílies de diàclasis que travessen el relleu s'atribueixen a l'assentament de la massa conglomeràtica i generen també, vies preferents d'erosió.

Les coves anomenades del Salnitre són la cavitat més gran del relleu de Montserrat i s'han format per dissolució càrstica del conglomerat calcari. Pel que fa al salnitre, aquest es forma per evaporació de solucions nítriques. És un mineral inestable i altament soluble en aigua. Està documentat històricament que el salnitre va ser explotat fa segles, però actualment no queda cap rastre de la seva presència. Això pot haver estat causat perquè s'hagi dissolt per un augment de la humitat relativa a la cova, per a canvis globals seculars, o a canvis microclimàtics lligats a l'activitat humana dels darrers segles.

L'home i les coves de Salnitre

La presència humana a la cova és molt antiga. Una peça de sílex i uns braçalets de carei de l'edat de bronze ho justifiquen. A més a més, es va trobar ceràmica ibèrica i campaniana al costat d'un fragment de crani humà.

A Montserrat s'obriren camins aproximadament cap a finals del segle XIII principis del XIV. Cap al 1500, Miquel Muntadas ja fa constar a l'Arxiu de Montserrat la presència de salnitre a les coves de Collbató, més tard dites també coves del Salnitre. Aquest mineral s'utilitzà per a fabricar pólvora.

Al voltant de les coves també s'han generat llegendes i històries de gent que hi ha viscut o s'hi ha amagat. Com a exemples podem destacar el bandoler Mansuet (s. XVIII-XIX), la llegenda de l'home dels nassos o la del rei Moro.

L'any 1789 es dibuixaren els primers plànols de la cova. L'any 1843 es féu la primera visita turística encapçalada pel general Prim.

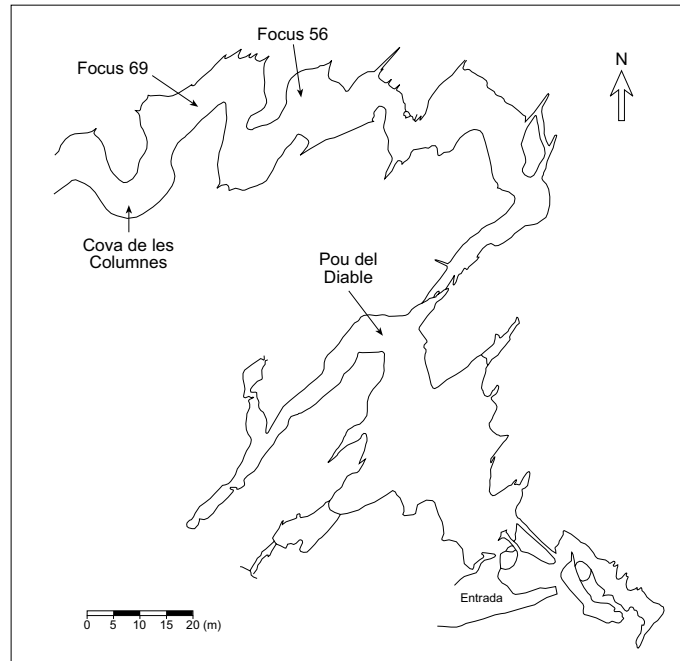


FIGURA 1. Mapa de la cova.
Cave map.

L'any 1934 s'obriren les coves, condicionades per a ser visitades amb guies. Durant la guerra civil es tancaren i posteriorment es reobriren amb unes condicions precàries, i així van quedar fins que el 1984 es condicionaren un cop més per obrir-les gran públic, de manera continuada fins als nostres dies.

Els quiròpters

Els ratpenats formen part de la família dels quiròpters. L'etimologia del mot quiròpter prové de *kheir* que vol dir «mà» i de *pterón* que significa «ala». Els quiròpters o ratpenats són mamífers adaptats al vol actiu, generalment crepusculars o nocturns. Són els únics

mamífers que han desenvolupat un autèntic vol, gràcies a unes ales formades per dues membranes de pell (extremitats anteriors transformades amb el patagi) que inclouen conductes i nervis, i que tenen a l'interior una estructura esquelètica corresponent al braç i la mà que les suporten (Wimsatt, 1970).

L'alimentació varia segons les espècies i pot consistir en insectes i altres artròpodes, fruites, nèctar, pol·len, flors, petits vertebrats terrestres, peixos, etc.

Als Països Catalans s'han citat vint-i-quatre espècies diferents de ratapinyades de les trenta-tres que constitueixen la fauna europea. No s'ha estudiat a quina espècie pertany el ratpenat que ocasionalment entra a les coves del Salnitre.

Guano i materials derivats

Les acumulacions de guano són jaciments de fosfats generats a partir d'acumulacions d'excrements. Aquestes són generalment d'aus però també n'hi ha de morses i de ratpenats. Els animals que acumulen majors quantitats d'excrements són els cormorans i els pelicans (Ríos, 1970).

El guano és, juntament amb les restes d'ossos, un dels adobs més vells coneguts. Els fosfats de tipus illa, bé de les costes sudamericanes occidentals, bé de les illes del Pacífic, entraren en ús industrial a finals del segle passat.

Els dipòsits de guano, com a tals, necessiten un procés de meteorització que els converteixi en materials fosfàtics. Sovint aquest procés es completa amb un altre de substitució a les roques infrajacentes (Ríos, 1970). Les calcàries i les roques volcàniques són les que reaccionen més fàcilment amb els soluts del guano. En línies generals, l'oxalat d'amoni de l'excrement es transforma en fosfat d'amoni $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$, que reacciona amb el carbonat de calci CaCO_3 de les roques subjacentes per a donar fosfat de calci $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. La calcària queda fosfatitzada i els productes solubles són rentats i arrossegats. Després, i sota la influència de l'aigua carregada de gas carbònic, el fosfat queda concentrat i es concreciona en les cavitats com a colofanita, al mateix temps que metasomatitza la calcària generant una textura i estructura que a vegades es conserva.

El guano acabat de dipositar conté al voltant del 4 % de P_2O_5 però, per un procés natural de dessecació i pèrdua de volàtils, que es dona ràpidament en els climes àrids (calurós i sec) on s'acumula preferentment, es converteix en guano fosfàtic, el contingut del qual és del 10 al 12 % de P_2O_5 . Consegüentment es distingeixen dos tipus de guano diferents: el nitrogenífer i el fosfatífer (Ríos, 1970).

Els dipòsits de guano són freqüents a costes i illes. Destaquen les zones amb abundant vida marina capaces d'alimentar grans quantitats d'aus ictiòfagues. Un altre tipus de dipòsit semblant és el continental, que es dona en països carstificats amb abundants cavernes en les que als habiten animals cavernícoles: aus i ratpenats. L'acumulació a les coves i cavitats dels seus excrements i restes òssies desenvolupen dipòsits semblants als anteriors. N'hi ha arreu del món, com ara als Alps, prop del Mixnitz: A Estíria (Àustria) es van produir fins a 30.000 t de guano de ratpenat amb el 13,5 % de P_2O_5 i centenars d'esquelets (Ríos, 1970).

Les defecacions aïllades són normalment aprofitades per espècies sapròfagues estrictament cavernícoles, però les grans acumulacions de guano suporten una fauna molt diferent i especialitzada en aquest substrat.

Les comunitats de les masses de guano tenen poc a veure amb la fauna cavernícola. De fet, les comunitats que trobem a les coves són pràcticament iguals a les que es poden observar a les acumulacions de guano d'altres medis no cavernícoles, com per exemple els medis urbans.

Dipòsits de nitrats en coves

En les cavitats on la població de ratpenats és abundant, es produeix l'acumulació de sediments d'origen coprogènic que es troba sota el sostre d'on es penegen els quiròpters. Aquests sediments són molt rics en compostos nitrogenats, on predomina la diamida de l'àcid carbònic, també dita urea (corresponent al producte final de la degradació de proteïnes), així com l'àcid úric.

La urea és un compost fàcilment hidrolitzable, obtenint-se així NH_3 i CO_2 (Babor & Ibarz, 1968). No obstant això, és necessària la intersecció de l'enzim ureasa, que es troba

present en alguns grups de bacteries perfectament preparats per efectuar aquesta reacció. Aquests microorganismes són capaços de degradar la urea i l'àcid úric i suportar la forta alcalinitat que adquireix el medi després d'aquest procés. A partir d'aquest punt, l'amoníac pot transformar-se en àcid nítric HNO_3 per via orgànica o inorgànica.

Els nitrats que s'obtenen en coves són típicament alcalins. Tenen unes condicions de cristallització restringides ja que necessiten coves de temperatura càlida o temperada. Els calen temperatures per sobre dels 12 graus centígrads i humitats baixes a causa de la seva alta solubilitat. Precipiten en forma d'agregats cristal·lins, que a vegades són de morfologia acicular, d'altres en eflorescències i fins i tot formant crostes o petites estalactites. Abunden en coves dels Apalatxes, a Brasil i USA. Molts d'aquests dipòsits han estat explotats per a la fabricació de pólvora.

Metodologia d'estudi de mostres de fosfats i de restes esquelètiques

Les mostres de fosfats van ser estudiades a partir de microscòpia òptica de llum transmesa. Les mateixes làmines van ser analitzades amb microscopi electrònic amb analitzador d'energies i amb difracció de pols de raigs X als Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona.

El mètode emprat per estudiar les restes esquelètiques ha estat el següent: en primer lloc, s'han atacat les mostres amb solució d'àcid acètic del 10 %. S'han deixat reposar una setmana, ja que es tracta d'una reacció lenta i s'ha anat canviant l'àcid. Aquest procés ha durat tres setmanes. En segon lloc les mostres han estat netejades per a separar-ne els sediments més fins. El material sobrant s'ha tornat a tractar amb àcid acètic amb les

condicions anteriors. Finalment s'han tamisat les restes amb un tamís de 0.5 mm de diàmetre de malla. Arribats a aquest punt, les restes que poden interessar, ja netes, han estat escollides i separades amb lupa binocular.

Descripció dels afloraments

L'estudi de camp s'ha fet al llarg de tota la cova del Salnitre. S'han pres mostres dels punts més significatius per analitzar-les al laboratori. A continuació es descriuen els afloraments de major interès de cara a la distribució dels fosfats. Vegeu la figura 1 per a la situació dels afloraments.

Pou del Diable

A la zona coneguda com el Pou del Diable, s'han estudiat un seguit de capes situades sota els conglomerats calcàris. Es descriuen de base a sostre (vegeu figura 2).

Nivell 1 És un paquet d'uns 12 cm de potència constituït principalment per argila amb un 30 % de nòduls de francoanelúlita de color blanc intercalats. També hi ha llims intercalats de coloració fosca.

Nivell 2 Capa formada per una proporció elevada d'argila. Té una potència de 10 cm. S'observen, igual que al nivell anterior, nòduls blancs de francoanelúlita amb tamanys que oscil·len entre 1 mm i 1 cm però en una proporció més baixa (25 %).

Nivell 3 Amb una potència de 7 cm és un nivell semblant a l'anterior. En aquest cas la proporció de nòduls de francoanelúlita respecte l'argila torna a augmentar. Hi ha una laminació llimosa de leucofosfita intercalada.

Nivell 4 Aquest nivell el podem dividir en dos subnivells: 4.1 i 4.2.

El 4.1 té una potència de 3 cm. És material

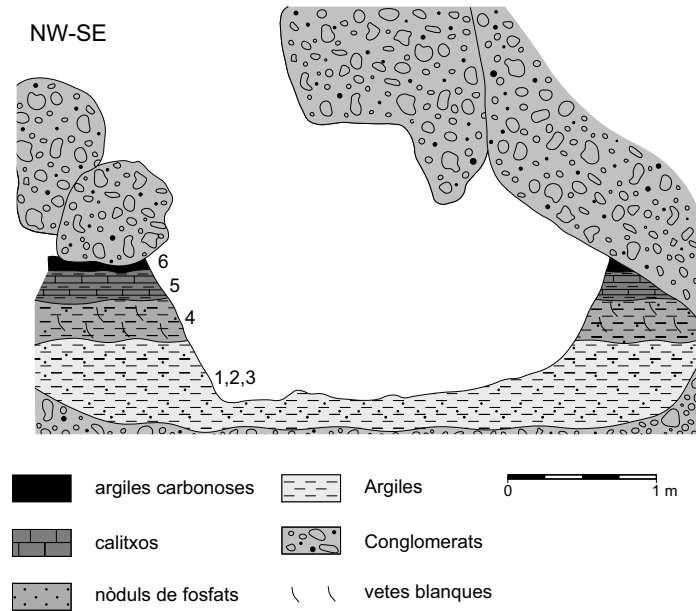


Figura 2. Pou del Diablé.
Pou del Diablé.

argilós laminat de color fosc. És un sediment fàcilment disgregable i té intercalades vetes blanques i nòduls blancs de francoanelúlita.

El 4.2 té una potència de 4 cm. És argila estratificada de color més vermellós amb nivells laminars negres i ocres no continus. Aquest material es troba plegat a causa d'una pressió lenta però continuada.

S'observa que en alguns casos el tamany de gra és també de mida arena, això implica, d'una banda, que el material té dos orígens i, de l'altra, es dedueix que hi ha moments de corrents més energètics que transporta material de mida més gran

Nivell 5 La potència de la capa és d'uns 6 cm. És material calcari amb intercalacions d'argiles vermelles. Tant al sostre com a la base és com una crosta que forma petites ondulacions. Inclou fragments de carbó. Les argi-

les són descalcificades ja a que la roca es dissol parcialment mentre que la part del llim no dissolt cau en el medi càrstic.

Nivell 6 És el nivell superior i està situat sota el nivell calcari estalactític. El forma un material d'aspecte granular que podria ser carbó i té una potència que varia entre 2 mm i 4 mm.

A la zona del Pou del Diablé apareixen restes òssies diverses incloses en un sediment terrigen. S'hi han reconegut dues dents de ratpenat, un incisiu de rossegador, algunes vèrtebres (n'hi ha una de caudal), possibles restes de fusta carbonitzada i falanges, de les quals no s'ha pogut determinar a quina espècie pertanyen. Les mostres han estat estudiades pel Dr. J. De Porta (Departament d'Estratigrafia i Paleontologia, Universitat de Barcelona).

El nombre d'ossos trobats ha estat molt alt en proporció al nombre de dents. La majoria

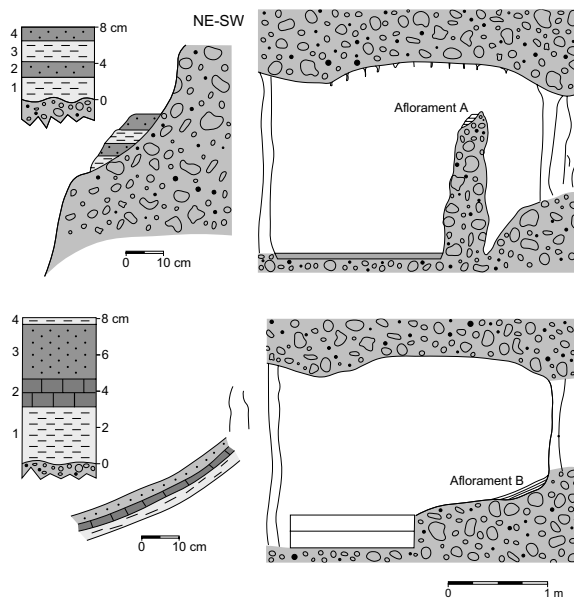


Figura 3. Focus 56.
Floodlight nú 56.

d'ossos estan disposats en la seva posició de màxima estabilitat, paral·lels al pla d'estratificació de les argiles que els inclouen. Els ossos són fins, allargats i buits; són menys densos que les dents i per tant, hi ha hagut un transport de baix règim suficient per seleccionar-los, dispersar-los i desarticular-los però no prou per trencar-los.

Focus 56

En aquest focus s'observa un bloc de conglomerat d'aproximadament 4 m de llarg per 3,5 m d'alçada. En algunes zones el bloc té una pàtina d'un material blanc i recobert per una fina capa d'un material de color grogós.

En aquest bloc hi ha dues fissures molt ben diferenciades (a i b) que es tallen (vegeu la figura 4). La *Fissura a*: té uns 6 cm d'ample i

està formada per argila laminada amb alguns petits plecs causats pels relleus interiors de la fissura. Hi ha laminacions de fosfat (brushita) intercalades en l'argila, hi ha també monetita i quars. Pel que fa la *Fissura b* comença a la part superior del bloc i finalitza prop de terra. Està formada per argila i nòduls de fosfat (brushita i monetita) igual que la fissura *a*, però en aquesta l'argila no està estratificada a causa del pendent que té la fissura (vegeu la figura 5a).

Cova de les Columnes

La zona de la cova de les Columnes és una petita cavitat on el sostre i la base són conglomeràtics i les parets estan revestides de concrecions estalactítiques i estalagmítiques molt desenvolupades. A un costat de la cova

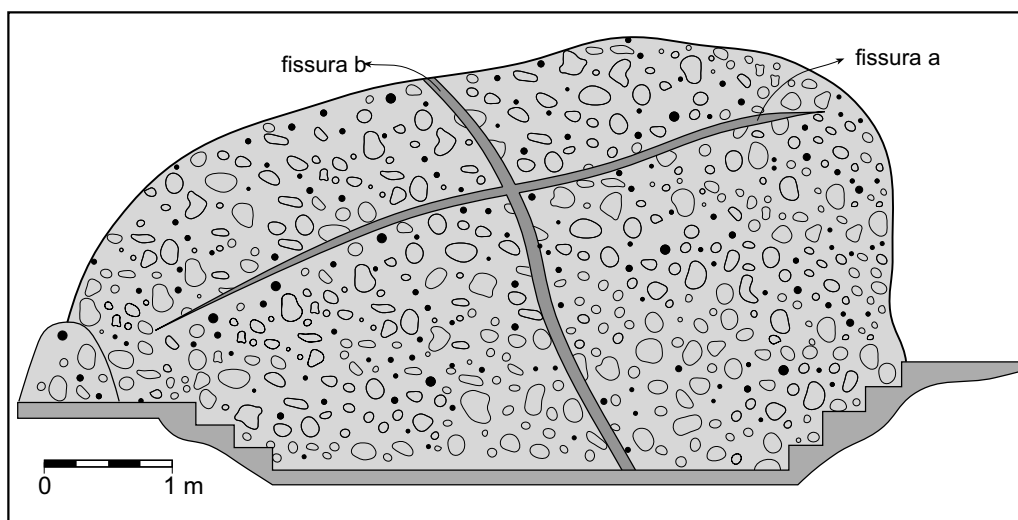


Figura 4. Cova de les Columnes.
Cova de les Columnes.

hi ha un bloc de conglomerat caigut. A la seva superior hi ha una zona còncava, de manera que es forma una superfície de poca pendent semblant a un relleix. És aquí on s'hi han dipositat una sèrie de capes horitzontals (vegeu la figura 4). L'aflorament A es pot definir com una alternança de capes d'argila i fosfat. Té una potència d'uns 8 cm. Les capes que hi ha de la base al sostre són:

Capa 1: argila vermella, molt massiva i cohesiva, d'uns 2,5 cm de potència que reposa sobre el bloc de conglomerat.

Capa 2: nivell fosfatat de color blanc, de granulometria molt fina d'1,5 cm de potència. Té nivells mil·limètrics (2 mm) d'argila intercalats. Aquest paquet està format per leucofosfita, crandalúlita, brushita i quars (vegeu figura 5b).

Capa 3: argila vermella de 2,5 cm de potència.

Capa 4: d'aspecte similar a la capa B, capa de 1,75 cm de potència de color blanc i gra fi poc compactat i massiu. Es tracta d'apatita, bassanita i quars (vegeu la figura 5c).

L'aflorament B, també en aquesta zona, està format per capes fines situades a sobre del conglomerat. Té una potència de 8 cm i podem distingir-hi diferents capes de base a sostre:

Capa 1: argila marronosa molt cohesiva bastant saturada d'aigua. La potència és de 3 cm.

Capa 2: concreció calcària de 1,5 cm i un to vermellós causat per impureses argiloses.

Capa 3: capa de 3 cm de gra fi bastant compactat d'un color rosat, format per quars i apatita (vegeu figura 5d).

Capa 4: de potència igual a 3 mm. Làmina d'un color marró fosc i amb un gra molt fi no compactat.

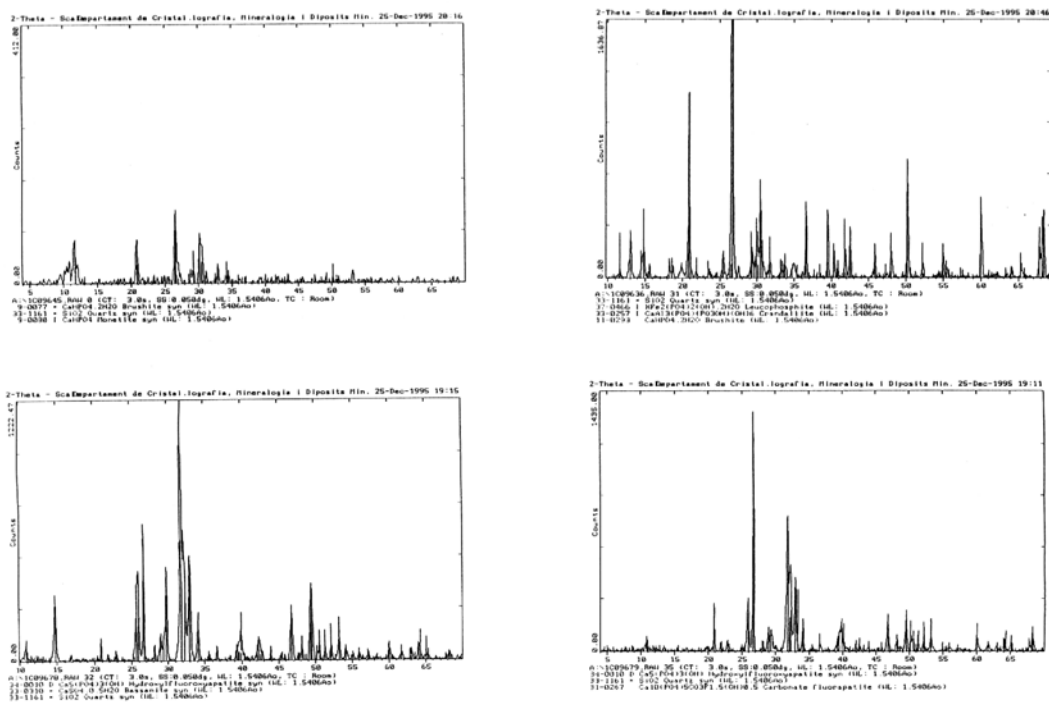


Figura 5. Difracció de pols de raigs X corresponent a: a) Focus 56; b) Cova de les Columnes, aflorament A, capa 2; c) Cova de les Columnes, aflorament A, capa 4; d) Cova de les Columnes, aflorament B, capa 5.

X-ray diffraction tof: a) floodlight nú 56; b) Cova de les Columnes, outcrop a, layer 2; c) Cova de les Columnes, outcrop a, layer 4; d) Cova de les Columnes, outcrop b, layer 5.

Focus 69

En aquesta zona hi ha un conglomerat d'1,1 m de color vermellós recobert d'argila i concrecions carbonatades, i un altre conglomerat de 2 m recobert d'una capa calcítica que també té material argilós, però en proporcions inferiors a l'anterior. Per sobre es troben nòduls argilosos i fosfatats. La difracció de pols de raigs X d'aquests mòduls indica que estan constituïts per francoanelúlita. Seguidament hom troba mig metre de calcària, recoberta per una capa mil·limètrica de material ocre. Tots aquests materials estan tallats per una veta de calcita. En el límit entre la veta i el conglomerat també s'hi poden apreciar fosfats

en aquest cas hidroxilapatita. També s'observen nòduls a les argiles, constituïts per bassanita, epsomita i monetita.

Resultats i conclusions

La mineralització de fosfats a les coves del Salnitre es troben principalment de tres formes diferents:

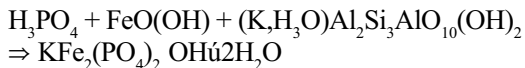
- estratolligada en argiles
- vetes
- reemplaçament

La mineralització estratolligada en argiles es va formar per processos diagenètics, en

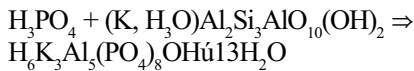
una diagènesi primerenca sobre sediments típics del medi càrstic entre les argiles de descalcificació.

Els fosfats que es troben en aquestes argiles es formen per la reacció de l'àcid fosfòric (alliberat dels excrements de ratpenat) amb el sediment. El sediment està format per minerals de les argiles com la ilúlita (filúsilicat amb K i Al) i òxids de ferro. El fosfat format heretarà aquesta composició primària. Cal esperar, doncs, fosfats potàssics, fèrrics, aluminics (respectivament, leucofosfita i francoanel·lita). Les reaccions poden escriure's de la manera següent:

àcid fosfòric + goethita + ilúlita \Rightarrow leucofosfita



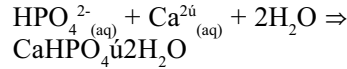
àcid fosfòric + ilúlita \Rightarrow francoanelúlita



Per tant, el fosfat dominant en les argiles vermelles és la leucofosfita, que apareix a l'interior de la capa argilosa en forma de nòduls o de fines vetes. La francoanelúlita, en canvi, forma la part central de les vetes. Aquesta dada sembla reflectir una major mobilitat de l'alumini respecte del ferro durant els processos diagenètics en roques argiloses i en presència d'àcid fosfòric.

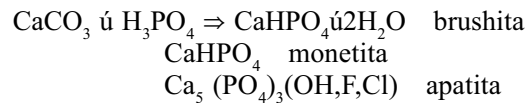
La mineralogia de les vetes es caracteritza per la presència de sulfats i fosfats càlcics. Això es deu al fet que les vetes es formen sobre el substrat rígid de conglomerat; és a dir, en un substrat carbonàtic. Per tant, la circulació de fluids d'origen supergènic amb àcid fosfòric per fractures sobre conglomerats i amb clasts de calcària i ciment de calci ha produït la precipitació de fosfats càlcics en

aquestes fissures, per la reacció:



Podem observar que aquesta reacció es veu afavorida quan s'elimina el CO_2 , cosa que la fa desplaçar cap a la dreta. Com a que la reacció es produeix en un medi molt superficial, a pressió atmosfèrica i en fractures obertes, l'eliminació del CO_2 és fàcil, i provoca que els conglomerats carbonàtics es converteixin en roques molt reactives davant dels fluids àcids amb fosfat.

Els reemplaçaments es donen a les crostes estalactíques constituïdes per calcita o aragonita, i es produeixen per reacció d'aig, es que lixivien excrements de ratpenat sobre estalactites o estalagmites. La reacció produeix fosfats càlcics (apatita, brushita o monetita).



Com a conclusió, les associacions minerals formades reflecteixen la composició primària del substrat sobre el qual interaccionen els fluids fosfòrics derivats d'excrements de ratpenat: fosfats càlcics als conglomerats i espeleotemes (estalactites i estalagmites), i ferricoaluminics a les argiles.

Agraïments

Agraïm la col·laboració desinteressada dels Serveis Científicotècnics i del Servei de Làmina Prima de la Universitat de Barcelona, que ens han ajudat en les anàlisis de les mostres al laboratori.

Al Dr. J. C. Melgarejo del Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals de la UB a François Fontan de la Universitat de Paul Sabatier de Toulouse i al catedrà-

tic Jaume de Porta del Departament d'Estratigrafia i Paleontologia de la UB.

Al poble de Collbató per la seva hospitalitat, i especialment a Ponis, Adriana Solà, Maria Izquierdo i Meritxell Lozano, ja que sense la seva ajuda no hauríem ni començat ni acabat.

Finalment, agraïm la col·laboració de la Dra. Rosa Domènec del Departament d'Estratigrafia i Paleontologia de la UB.

Bibliografia

- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; ANTANACH, P.; SOLÉ SUGRAÑES, L. 1979. Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. *Acta Geológica Hispánica*, 14:242-270.
- BABOR, J. A. & IBARZ, J. 1987. *Química general moderna*. Ed. Manuel Marín y cia. Barcelona.
- FERNÁNDEZ, E. et al. 1995. *Introducción a la geología c-rstica*. Federación Española de Espeleología.
- GUIMERÀ, J. et al. 1992. *Història Natural dels Països Catalans II: Geomorfologia*. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- RIOS, J. M. 1970. *Estudios de los criaderos y yacimientos de rocas fosfáticas del mundo y sus génesis*. Instituto Nacional de Industria. Empresa Nacional de Investigaciones Mineras. Madrid.
- WIMSATT, W. A. 1970. *Biology of bats*. Academic Press. Nova York.