

2. ESTUDI GEOLÒGIC I MINERALÒGIC DE MINES DE L'ÈPOCA NEOLÍTICA A LA SERRA DE LES FERRERES (MINES DE GAVÀ)

Joan Carles MELGAREJO

M^a Carme CIRERA

Joaquín PROENZA

UNIVERSITAT DE BARCELONA. FACULTAT DE GEOLOGIA.

DEPARTAMENT DE CRISTAL·LOGRAFIA, MINERALOGIA I DIPÒSITS MINERALS

Aquest estudi s'ha efectuat en dues fases, seguint el desenvolupament de les obres que van donar lloc a les intervencions arqueològiques. El primer estudi va ser efectuat per Carme Cirera, sota la direcció de Joan Carles Melgarejo, i va tenir lloc durant els treballs

d'excavació de la mina número 83. El segon estudi va ser efectuat posteriorment pel mateix Joan Carles Melgarejo i per Joaquín Proenza, i va tenir lloc durant els treballs d'excavació de les mines números 84 i següents.

1. Mina 83

Introducció

Es tractava, segons els resultats de l'estudi arqueològic, d'un conjunt de cavitats subterrànies corresponents a una mina d'època neolítica. L'objectiu del seu estudi geològic i mineralògic era establir la geologia de la zona on havia estat excavada, així com conèixer la mineralogia dels seus materials, per tal d'aportar informació sobre el/s possible/s usos d'aquesta mina¹.

Característiques morfològiques de la mina

L'àrea excavada constava d'una única entrada, un pou des del qual s'accedia a una petita galeria superior i també a un nivell més inferior, on es trobava una cambra circular i una altra galeria (vegeu la figura 1). El sostre de la part

inferior de la mina sols es preservà en un tram del de la galeria inferior, mentre que la resta de coberta es va perdre a causa de les obres realitzades en el solar on es trobava aquesta mina. Aquest fet provocà que la cambra i gran

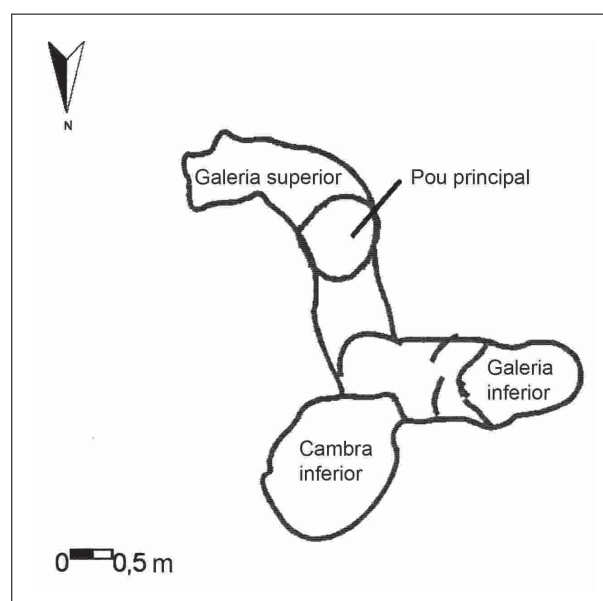


FIGURA 1. ESQUEMA EN PLANTA DE LA MINA NEOLÍTICA NÚMERO 83, ON ES DIFERENCIEN LES DIFERENTS GALERIES, EL POU D'ACCÉS I LA CAMBRA INFERIOR.

¹ Volem donar les gràcies al Museu de Gavà, en especial al seu conservador l'arqueòleg Dr. Josep Bosch, per l'interès en què aquest treball seguís endavant i per les facilitats proporcionades per a la seva realització, així com per les nocions d'arqueologia que m'ha ensenyat. També vull agrair als Serveis Científicotècnics de l'Institut Jaume Almera de la Universitat de Barcelona, la rapidesa en el treball. I no em vull oblidar de tots aquells incondicionals que m'han ajudat en un moment o altre durant la realització de l'estudi, gràcies a tots.

part de la galeria inferior estiguessin exposades en superfície en el moment d'efectuar el seu estudi.

- Pou d'accés: té la boca circular i un metre de diàmetre aproximadament, que havia estat segellada amb una gran roca per impedir l'accés a les galeries.
- Petita galeria superior: el seu terra estava situat a un 150 cm de fondària respecte a la boca del pou. Va ser excavada en direcció est, amb una longitud de també uns 150 cm i una amplada d'uns 50 cm aproximadament.
- Galeria inferior: el seu terra es trobava aproximadament a uns 2 m per sota del nivell de la boca del pou. Va ser excavada en direcció oest, amb una lleugera inclinació que arriba a un pendent d'uns 10°. Fa aproximadament uns dos metres de longitud, un d'amplada i, en el tram on es conserva el sostre, també un metre d'alçada.
- Cambra inferior: el seu terra és una mica més alt que el de la galeria inferior, amb el que forma un graó. La seva forma és circular, amb un diàmetre entre 150 i 200 cm. No s'ha conservat el sostre i, per tant, se'n desconeix l'alçada. En aquesta cambra es van trobar restes humanes, juntament a diferents objectes d'aixovar, que n'indiquen un us funerari.

Geologia i cartografia del sector de la mina 83

El sector on s'ha realitzat aquest estudi geològic està ubicat en l'entorn paleozoic del sistema mediterrani – sector central (Serralada Costanera Catalana) i comprèn materials d'edats entre el silurià i el devonià (vegeu la figura 2).

Els materials més antics que afloren són pissarres de color gris-ocre, a les quals es fa difícil associar-hi la direcció de l'estratificació (S0) perquè estan afectades per processos de plegament que provoquen l'existència d'un clivatge (S1) que modifica la S0. L'edat d'aquestes pissarres es situa en el silurià, en base a correlacions de litofàcies amb zones veïnes. És en aquest tram on s'associen nivells amb nòduls de chert subarrodons, mineralitzacions estratiformes de fosfats de color negre carbó amb morfologies "aboudinades" i alguna concreció d'apatita. Tots ells han resultat afectats per la deformació, ja que a l'igual que les pissarres també estan plegats.

A continuació de les pissarres i ascendint en la sèrie, hi ha unes calcàries noduloses de color gris o marronós, que poden arribar a potències d'ordre mètric i que es situen en el trànsit silúric-devònic (uns 400 milions d'anys).

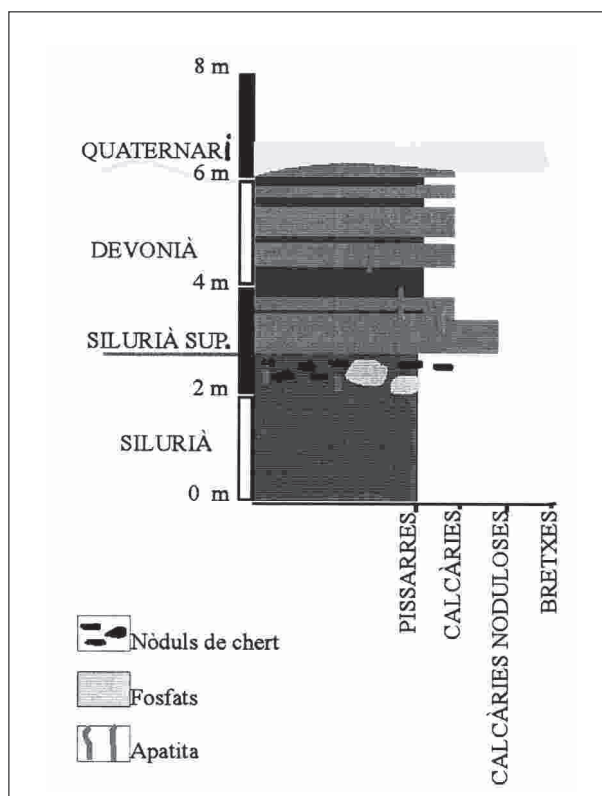


FIGURA 2. COLUMNA ESTRATIGRÀFICA ESQUEMÀTICA DEL SECTOR DE LA MINA NEOLÍTICA NÚMERO 83.

Per sobre d'aquest tram calcari més potent, segueix una alternança de paquets, uns amb materials calcaris de tons més grisos disposats en capes de 10 a 20 centímetres i altres amb sediments pissarrosos de coloració vermellosa-ocre de més potència (decamètrics). En algun paquet de calcàries s'han vist vetes de potències com a màxim centimètriques -generalment mil·limètriques i difícils de veure- d'apatita de color blanquinós-ocre. Acompanyen a aquesta alternança alguna passada de materials més fins, de tipus margós, que destaquen per la baixa duresa i poca resistència que oposen al martell, ja que es desfan amb molta facilitat. Aquesta alternança de paquets calcaris i pissarrosos s'associa al tram silurià-devonià (IGME 1987).

A continuació, per damunt de la sèrie paleozoica es diposita de manera discordant, mantenint un contacte irregular amb el material infrajacent, un paquet bretxificat format per còdols subangulosos-subarrodons polimíctics (de litologies varies, per exemple chert, quars, pissarres, ...) que estan cimentats entre si per una matriu fina de tipus calcarenític que li atorga un aspecte similar al d'una creta. L'edat d'aquests materials és, presumiblement, quaternària.

Un cop coneguda la geologia aflorant a la zona d'estudi, es procedí a realitzar una cartografia del sector on es localitza la mina neolítica. Segons aquesta cartografia (ve-

geu les figures 3 i 4, els materials més vells, que són els d'edat silúrica, es posen per sobre de materials més recents del silurià superior-devonià, a causa de l'existència d'un encavalcament que els posa en contacte. Aquests materials, igual que el pla d'encavalcament, es troben fortament plegats i generen una sèrie de plecs que de vegades tenen aparença de plecs tipus *king*, molt atapeïts.

Mineralitzacions – tipus de minerals

Segons la cartografia de la mina 83 i el seu sector, el tram més ric en mineralitzacions aflora en el silurià inferior més pissarrós. Entre les mineralitzacions d'aquest paquet silúric es poden distingir dos tipus principals de minerals: els nòduls de chert i els fosfats.

Chert:

Material de duresa considerable, amb una gamma de tonalitats que pot anar des del negre, passant pel gris, fins a tenir tons verdosos. El tipus de mineralització és irregular, es tracta de nòduls de mida entre centimètrica i decimètrica, disposats entre les capes de pissarres. Algun fragment d'aquests nòduls es troba formant part dels còdols polimíctics de les bretxes del quaternari que existeixen a l'entrada del pou de la mina.

Fosfats:

Dins d'aquest grup s'hi engloben els nòduls i les capes de color negre que afloren entre les pissarres, sobretot del talús vertical que separava els dos nivells de la mina neolítica. També s'hi engloben les vetes i les crostes mil·limètriques de color més blanquinós a les que es va considerar la possibilitat que es tractés d'apatita.

Per tal de conèixer amb exactitud la composició mineralògica d'aquests presumibles fosfats es va recórrer a l'estudi de laboratori. Es van recollir mostres de minerals del sector del talús esmentat (vegeu la figura 5) per tal d'analitzar-les posteriorment en el difractòmetre. Aquesta anàlisi fou portada a terme en els serveis científics de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera. A l'hora de fer-ne l'estudi de composició mineralògica es va optar per analitzar tres components distingits a partir de les mostres de mà.

G-1: Material de color negre, amb fractura concoide i molt exfoliable. Presenta una lluïssor vítria i brillant, l'aspecte és similar al del carbó.

G-2: Material de color negre molt fosc, amb lluïssor cerosa i amb una alta duresa. L'aspecte l'assimilava a un chert.

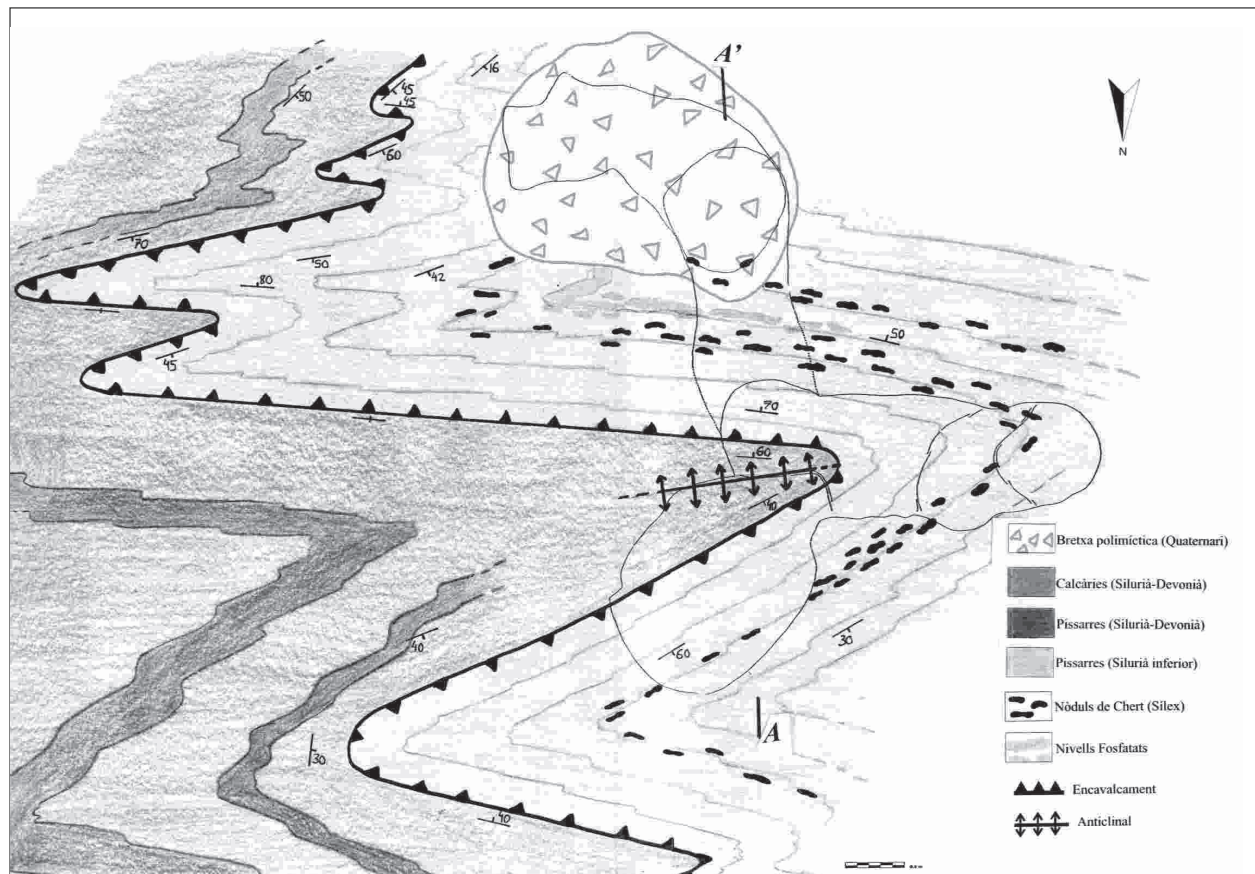


FIGURA 3. CARTOGRAFIA GEOLÒGICA DE LA MINA NÚMERO 83: PLANTA.

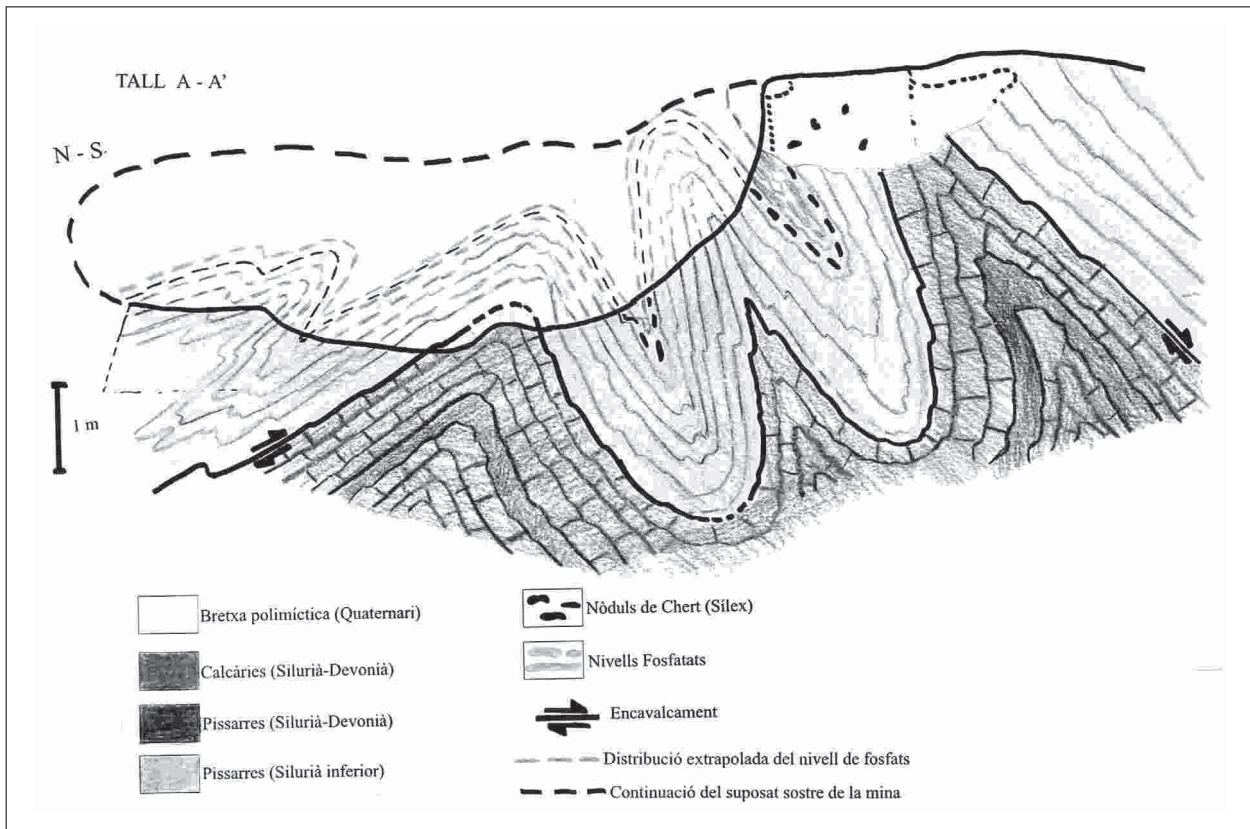


FIGURA 4. CARTOGRAFIA GEOLÒGICA DE LA MINA NÚMERO 83: TALL.

G-3: Material de color blanquinós-ocre que es trobava bàsicament omplint vetes mil·limètriques o com a crosques d'alteració.

Segons la interpretació de les difraccions efectuades, s'ha pogut confirmar que els tres components eren minerals del grup dels fosfats i que dins d'aquests es distingeixen dos subgrups: fosfats fèrrics i fosfats càlcics.

Al grup dels fosfats fèrrics pertanyen els minerals de color negre, inclosos tant el G-1 com el G-2. Tots dos presenten una composició que es correspon a la de la fosfocianita ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), tot i que la mostra G-2 també presenta cert contingut en sulfats (natrojarosita, $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$).

Al grup dels fosfats càlcics pertany la mostra de color blanquinós del component G-3. La difracció a corroborat el que ja s'havia suposat en el camp, que les patines i les vetes mil·limètriques eren mineralitzacions del grup de l'apatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$).

Origen de les mineralitzacions

L'origen i generació d'aquests tres fosfats degué ser semblant al d'altres mineralitzacions, amb característiques similars, existents a la zona del jaciment arqueològic de les Mines Prehistòriques de Gavà i ja estudiades anteriorment.

D'acord amb el coneixement actual, es pot pensar que en un primer moment es formà l'apatita, a partir de processos exhalatius. I que la formació dels fosfats fèrrics va ser posterior, en temps geològics recents, a causa de processos supergènics lligats a l'alteració metàdrica de pirites contingudes a les roques caixa (pissarres del silurià). Com a resultat de l'oxidació de les pirites, a través de les pissarres devien circular aigües amb una composició molt àcida.

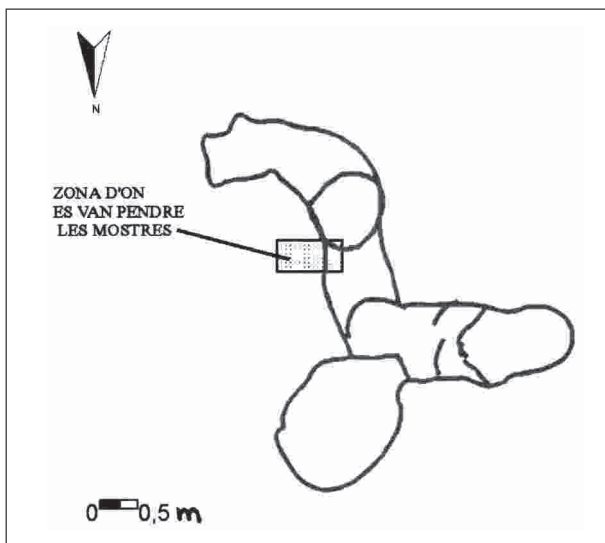


FIGURA 5. ESQUEMA EN PLANTA DE LA MINA NEOLÍTICA NÚMERO 83, ON S'INDICA LA LOCALITZACIÓ DEL LLOC EN QUE ES VAN PRENDRE LES MOSTRES DE MÀ.

Aquestes aigües devien lixiviar el ferro de les pissarres i per sobresaturació en ferro devien formar els fosfats fèrrics, arribant en alguns casos a pseudomorfitzar l'apatita.

Conclusions i discussió

El material paleozoic que aflora al sector de la mina 83 és d'edat silúrica-devònica. Es troba afectat per una deformació que generà plects molt atapeïts. El tram més mineralitzat és el de les pissarres del silurià inferior, en el que s'hi localitzen nòduls de chert i mineralitzacions fosfatades. Les mineralitzacions fosfatades són en alguns casos estratiformes, amb morfologies aboudinades característiques dels nivells de fosfosiderita. I també poden aparèixer, tal i com fan en el cas dels minerals del grup de l'apatita, amb morfologies més irregulars, com crostes i concrecions o vetes mil·limètriques.

Si observem l'estructura subterrània coneguda com a mina 83, amb accés a través d'un pou i senzill enreixat de galeries, podem pensar que té més l'aparença d'una mina que la d'una simple cambra funerària. Així ho han confirmat els resultats de l'estudi geològic i mineralògic, que indiquen com la intenció dels homes del neolític alhora d'excavar aquesta estructura devia ser clarament minera.

Si s'extrapola el nivell de fosfats ric en fosfosiderita identificat i es reconstrueix idealment com i on podien haver estat els sostres de la cambra i de la galeria inferior en la seva part destruïda, sembla lògic pensar que totes dues estaven excavades seguint nivells de fosfats. S'observa que just on hi devia haver hagut el sostre de la cambra hi devien aflorar nivells de fosfats.

L'estudi també ha mostrat com els miners del neolític devien utilitzar certs criteris d'exploració a l'hora d'obrir galeries. En primer lloc podien haver relacionat la variscita, l'element que els interessava explotar, amb els nivells negres de fosfats als quals, com s'ha demostrat amb estudis geològics anteriors a d'altres mines del complex de Gavà, la variscita està directament associada. Aquests nivells negres de fosfats, al ressaltar entre les pissarres, eren ben visibles i, potser, un cop localitzats els podien haver anat seguint confiats en trobar la variscita. També és possible, però, que en l'obertura de les galeries hagués influït la major o menor duresa de la roca. Sembla lògic pensar que amb les seves exploracions subterrànies, els miners del neolític perforessin en els nivells de roca més tous i fàcils d'excavar, que en aquest cas són les pissarres del silurià inferior i que, per altra banda, són justament aquells on afloren els fosfats negres. Això queda palès a la galeria superior, que finalitza just quan apareix el material calcari.

2. Mines 84 i 90

Introducció

Existeix un cert consens sobre quin era el tipus de material explotat a les mines de Gavà durant el neolític, la variscita, un fosfat d'alumini de color verd pàl·lid ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). En canvi, però, hi ha obertes moltes incògnites respecte dels mecanismes de l'explotació i el grau de coneixement de les mines i del seu entorn. En particular, algunes de les preguntes que cal fer-se són:

- Atès que en superfície no existeixen gaires afloraments de variscita, quin era el criteri d'obertura de galeries?
- Existien guies d'exploració dels filons de variscita? Quines eren? O es feia a l'atzar?
- Quines eren les guies d'explotació? Es treballava simplement seguint el filó un cop aquest havia estat descobert o hi havia algun criteri de tipus geològic o purament geomètric?
- Quines eren les formes d'explotació de les galeries? Es realitzà alguna mena d'apuntament? Quins riscos d'enfonsament existien? Es reemplenaren les mines? Per quines raons?
- Fins a quin punt els minaires del neolític van adquirir a través de la seva experiència un coneixement em-

píric de la geologia i la mineralogia del context de les mines?

Aquestes preguntes no tenen una resposta senzilla i caldrà analitzar en detall i de manera sistemàtica les futures descobertes de noves mines en la zona de Gavà per tal de poder obtenir informació addicional. Cal tenir en compte, a més, que el grau de coneixement de la geologia i la mineralogia que en tenien els minaires de la zona podia anar canviant a mida que s'anaven obrint noves mines i s'anaven, per tant, adquirint noves experiències.

L'objectiu concret d'aquest treball és la descripció de la geologia i la mineralogia d'un conjunt de mines descobertes l'any 2002 al sector serra de les Ferreres de les Mines Prehistòriques de Gavà. Amb aquest treball es pretén adquirir informació per tal d'anar resolent o replantejant algunes de les preguntes anteriors. Forma part d'un conjunt d'estudis interdisciplinars duts a terme entre geòlegs de la Universitat de Barcelona i arqueòlegs del Museu de Gavà. L'objectiu final és obtenir informació sobre la història del coneixement científic i miner, en un moment tant remot com és el neolític. Atesa la gran quantitat de mines existents a Gavà, aquest indret és probablement, si

no el millor, sí que un dels millors de tot el món que es coneix per a poder efectuar aquest estudi amb unes certes garanties d'èxit.

A tal fi, en aquest treball s'ha realitzat la cartografia geològica de les mines i del context geològic immediat, així com una sèrie de talls geològics. Els minerals s'han caracteritzat amb les rutines d'identificació habituals: visu i difracció de pols de raig X.

Situació geogràfica i geològica

La zona estudiada aquí s'emmarca en el massís de Garraf, a la comarca del Baix Llobregat, en un vessant de muntanya i a molt poques desenes de metres del lloc on va ser descoberta la mina número 83, anteriorment estudiada. Es situa en el sector central de les Serralades Costaneres Catalanes o Catalànides (vegeu la figura 6), que són una sèrie de relleus formats durant el cicle alpí. Tenen el seu origen en el moviment de falles amb una direcció aproximada NO-SE. El joc compressiu d'aquestes falles es produí durant el paleogen (eocè-oligocè). Tanmateix, la configuració actual dels Catalànides és deguda al joc de component normal de diverses falles, incloent-hi la reactivació d'algunes de les suara esmentades, en una etapa extensional durant el neogen (essencialment durant el miocè). Tot això determinà la formació de diversos horsts i grabens. D'aquesta manera els Catalànides es van compartimentar en

diverses unitats, que en el sector central es poden descriure com un horst al costat de la línia de costa i paral·lel a ella (Serralada Litoral), un graben intermedi, també paral·lel a la línia de costa (Depressió del Vallès-Penedès) i un altre horst situat més a l'interior (Serralada Prelitoral). Les mines de Gavà es situen a la Serralada Litoral.

La Serralada Litoral es subdivideix en dues grans unitats tecnoestratigràfiques, separades per una discordança angular que marca el final d'un cicle geològic: el basament hercinià i la cobertura triàsica. Les mines es situen al basament hercinià. El basament hercinià del massís de Garraf està constituït per sèries del paleozoic, metamorfitzades en grau molt baix, deformades durant l'orogènia herciniana i intruïdes per granitoides tarohercinians. Les sèries paleozoiques estan força completes en el sector oriental del massís de Garraf i abasten des de l'ordovicià superior fins al carbonífer inferior.

L'ordovicià està representat per potents paquets de pissarres grises-verdoses, en la part superior de les quals poden aparèixer passades de roques volcàniques (basalts alcalins d'intraplaca), volcano-sedimentàries i paquets de quarsites. De forma transicional, les sèries anteriors passen a unitats essencialment pelítiques, generalment de tipus *black shale* (pissarres negres) que poden presentar intercalacions de roques volcàniques cap a la base. Aquests trams de pissarres negres són característics del silurià. El

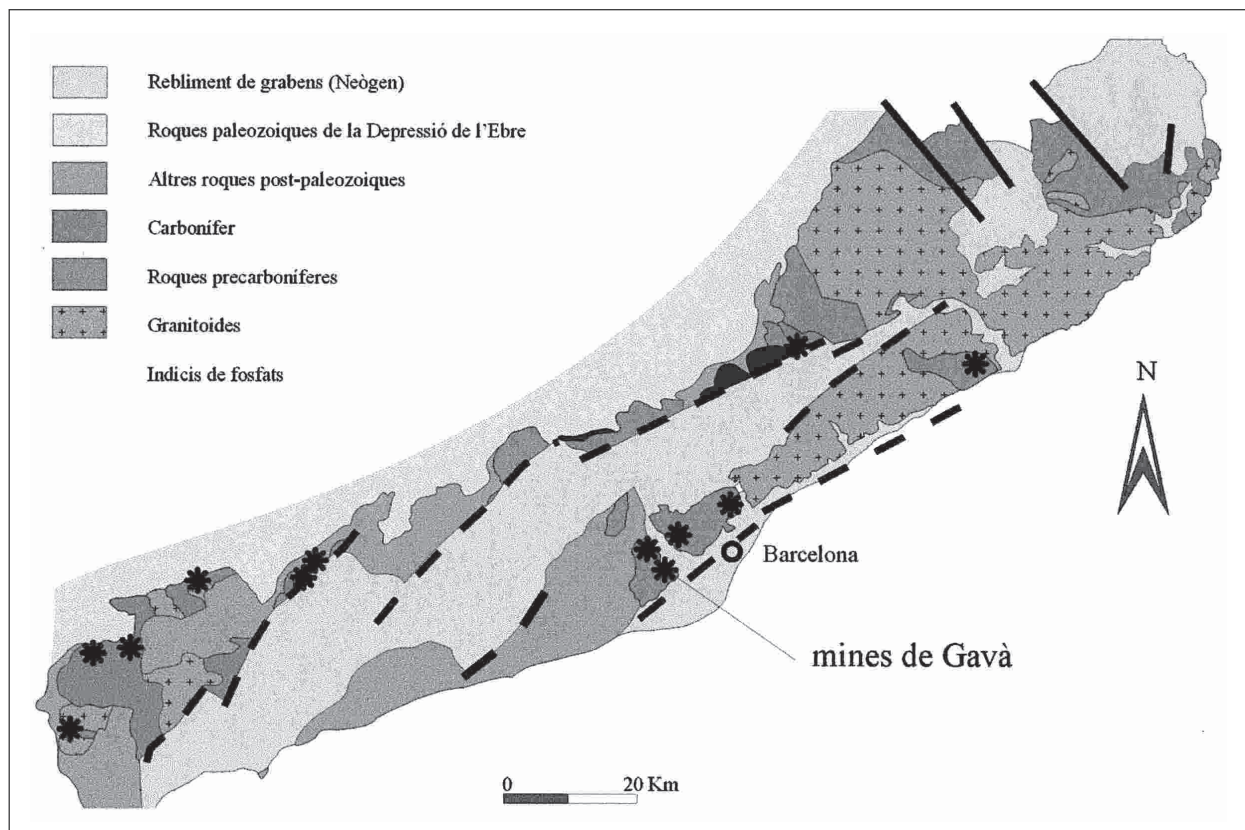


FIGURA 6. SITUACIÓ GEOLÒGICA DE LA ZONA ESTUDIADA I DISTRIBUCIÓ DELS INDICIS DE FOSFATS ALUMÍNICS EN ELS CATALÀNIDES.

trànsit amb el devonià és progressiu i implica l'aparició de nivells carbonàtics. Les sèries del devonià superior presenten certes afinitats turbidítics i consten d'alternances de pissarres verdes-marrones, margues, calcàries i dolomies. En tot aquest conjunt de roques és comú trobar restes fòssils que en permeten una datació acurada, malgrat la presència d'un metamorfisme que és baix.

El metamorfisme de les sèries paleozoiques situades al SO del Llobregat tingué lloc en l'epizona, de manera que el metamorfisme regional és en aquests sectors en grau baix i sols es produeixen recristal·litzacions importants en aquelles zones afectades per metamorfisme de contacte a causa de les intrusions granítiques, que no es donen a la zona de les mines de Gavà. Per aquesta causa, les roques metamòrfiques estan molt poc recristal·litzades i es tracta principalment de pissarres. Diferent és el cas del plegament hercinià, que és molt complex i comporta, almenys, dues fases de deformació. Cadascuna d'elles porta associada la formació de plects molt atapeïts, esquistositat de pla axial i encavalcaments. Atesa la importància de la deformació en el sector de les mines de Gavà, s'ha optat per fer una sèrie de talls geològics en l'entorn de les mines aquí estudiades per tal d'analitzar les interferències entre els plects. Això ha estat possible gràcies a l'obertura d'una gran tall vertical amb motiu de les obres d'edificació.

Estratigrafia dels materials silurians a les mines de la serra de les Ferreres

L'estructura geològica en el sector d'estudi és molt complexa, a causa de la deformació. Però s'ha pogut reconstruir en una zona de flanc normal d'un plec hercinià (vegeu la figura 7). S'han diferenciat tres unitats principals: un tram de lidites, un tram de pissarres grises i un tram de pissarres versicolors.

Tram de lidites

El contacte amb la resta d'unitats és per falla o apareix en el nucli de plects antiformes, per la qual cosa es suposa que es situa cap a la base. Es tracta d'un paquet de més de 40 metres de potència de pissarres grises, intercalades amb lidites que arriben a formar bancs de fins a 20 metres de gruix.

Trams de pissarres grises

La sèrie comença amb un tram de pissarres fosques (gris clar per meteorització) de més de 5 m de potència mínima reconeguda. Cap al sostre d'aquest tram de pissarres grises s'identifica un primer paquet amb nivells de fosfats, que en conjunt consta de dos nivells de fosfats, d'1 cm ca-

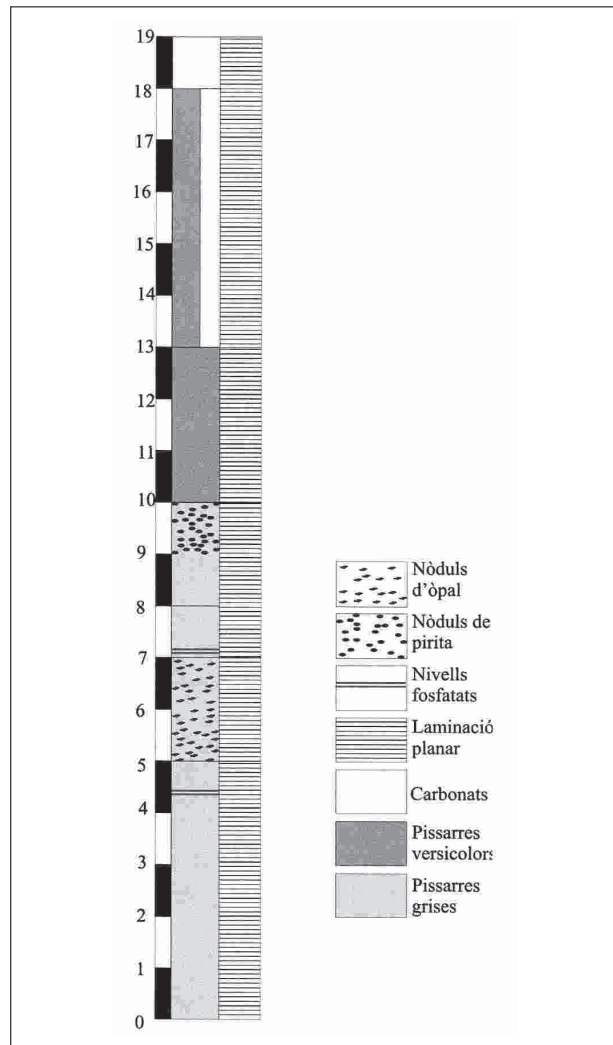


FIGURA 7. COLUMNA ESTRATIGRÀFICA DE SÍNTESI, RECONSTRUÏDA A PARTIR DE DIVERSOS AFLORAMENTS DE LES SÈRIES SILURIANES EN EL SECTOR CARTOGRAFIAT PER AQUEST ESTUDI.

dascun, separats per 3 cm de pissarres. Per sobre es troben uns 50 cm de pissarres grises estèrils.

Segueix un tram de 2 m de potència de pissarres anàlogues, però amb abundants nòduls d'òpal CT. Aquests nòduls d'òpal presenten formes molt irregulars i, tot sovint, es pot veure que estan molt afectats per la deformació. Per altra banda, les seves dimensions són molt variables, des de pocs centímetres fins a gairebé un metre. Al sostre del nivell de nòduls existeixen passades entre mil·limètriques i centimètriques de nivells de fosfats, típicament dos nivells de fins a 1 cm de potència separats entre si per fins a 3 cm de pissarres grises. Aquests nivells es reconeixen al camp per presentar un color negrós, una lluisor greixosa i una duresa baixa.

Per sobre de la unitat anterior hi ha un paquet de pissarres grises estèrils de fins a 1 m de potència. Segueix un tram de fins a 2 m de potència de pissarres grises riques en disseminacions i nòduls de pirita. La pirita es presenta

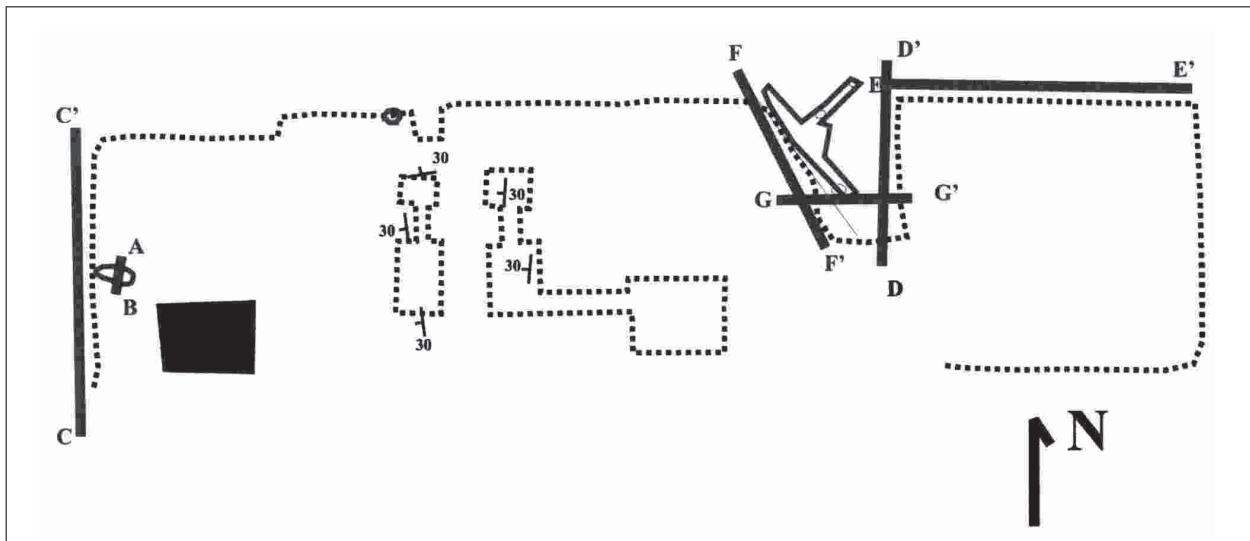


FIGURA 8. CARTOGRAFIA (NO A ESCALA) D'ALGUNS DELS ELEMENTS DE L'ESTRUCTURA GEOLÒGICA DEL SOLAR ESTUDIAT, AMB LA SITUACIÓ DELS TALLS GEOLÒGICS. LÍNIA DISCONTÍNUA: CONTORN DE LES EXCAVACIONS DE L'OBRA. EN NEGRE: ZONA JA COBERTA PER CIMENT EN EL MOMENT EN QUÈ ES VA FER LA CARTOGRAFIA. LÍNIA RECTA ENTRE LLETRES MAJÚSCULES: SITUACIÓ DELS TALLS GEOLÒGICS REPRESENTATS A LES FIGURES POSTERIORIS. CONTORNS DE LÍNIA CONTÍNUA: MINES NEOLÍTIQUES DEL SOLAR. S'HI INDIQUEN, TAMBÉ, FALLES I CABUSSAMENTS DE LES CAPES DE PISSARRA.

en forma de cristalls idiomorfs dispersos en la roca, de fins a 1 mm d'aresta i amb una mitjana d'unes 500 micres. Els nòduls de pirita són de forma el·lipsoidal, aixafats segons l'esquistositat i de dimensions mil·limètriques a centimètriques. En general presenten una meteorització avançada i es troben reemplaçats quasi completament per jarosita criptocristal·lina de color groc o verdós. En alguns casos, aquest mineral ha desaparegut i queden sols els fantasmes dels cristalls de pirita.

Tram de pissarres versicolors

Es superposa de forma concordant amb l'anterior. Comença amb un tram de fins a 3 m de potència de pissarres versicolors, típicament marronoses o violàcies, riques en hematites. Segueix un tram de fins a 5 m de potència, d'alternances de pissarres fosques amb nivells decimètrics de carbonats més massissos de fins a 1 m de potència. Tots aquests nivells de carbonats són ankerítics i per oxidació presenten tonalitats marronoses; probablement representen la part superior de la sèrie siluriana en el seu trànsit cap al devoniana.

La deformació

Com a la resta dels Catalànides, la deformació a la zona estudiada ha estat produïda per la suma de dos episodis orogènics: l'orogènia herciniana i l'orogènia alpina, tot i que no es poden descartar alguns episodis deformadors

anteriors. Donada la gran complexitat de la deformació herciniana i per tal de reflectir el millor possible l'estructura geològica de la zona estudiada, s'optà per efectuar una sèrie de talls geològics a mesoescala (a escala d'aflorament) i amb diferents orientacions. En la figura 8 s'indica la situació d'aquests talls en el solar on es troben les mines aquí estudiades. A partir d'aquests talls s'han diferenciat, com a mínim, 4 fases de deformació principal. Aquest és un important aspecte a tenir en compte, doncs la gran deformació complica extraordinàriament la geometria i la distribució dels nivells estratificats portadors de fosfats.

Fase 1

És una fase de plegament. En el tall F-F' (vegeu la figura 9) apareix reflectida la geometria dels plecs d'aquesta primera fase. Aquests plecs són esquistosos amb una esquistositat de pla axial S1, que esdevé amb un cabussament molt suau en aquest tall.

Els plecs de fase 1 són ajaguts, isoclinals, molt atapeïts i amb el seu pla axial sovint horitzontal. En general, es tracta de plecs visibles a mesoescala, de desenes de metres de radi o fins i tot molt superiors. La morfologia dels plecs està molt emmascarada per les fases posteriors. De vegades, es pot observar el desenvolupament de rods de quars en les superfícies axials dels plecs.

L'edat d'aquest episodi de deformació és difícil d'establir exclusivament amb aquestes dades. Els plecs tenen els seus eixos i superfícies axials molt variables per la interferència d'altres plecs posteriors, per la qual cosa caldria un estudi detallat d'una àrea més gran per tal d'aproximar l'estructura de la zona. Tanmateix, els eixos observats no semblen coincidir amb els que corresponen a la deformació herciniana, els quals han pogut ser més ben establerts

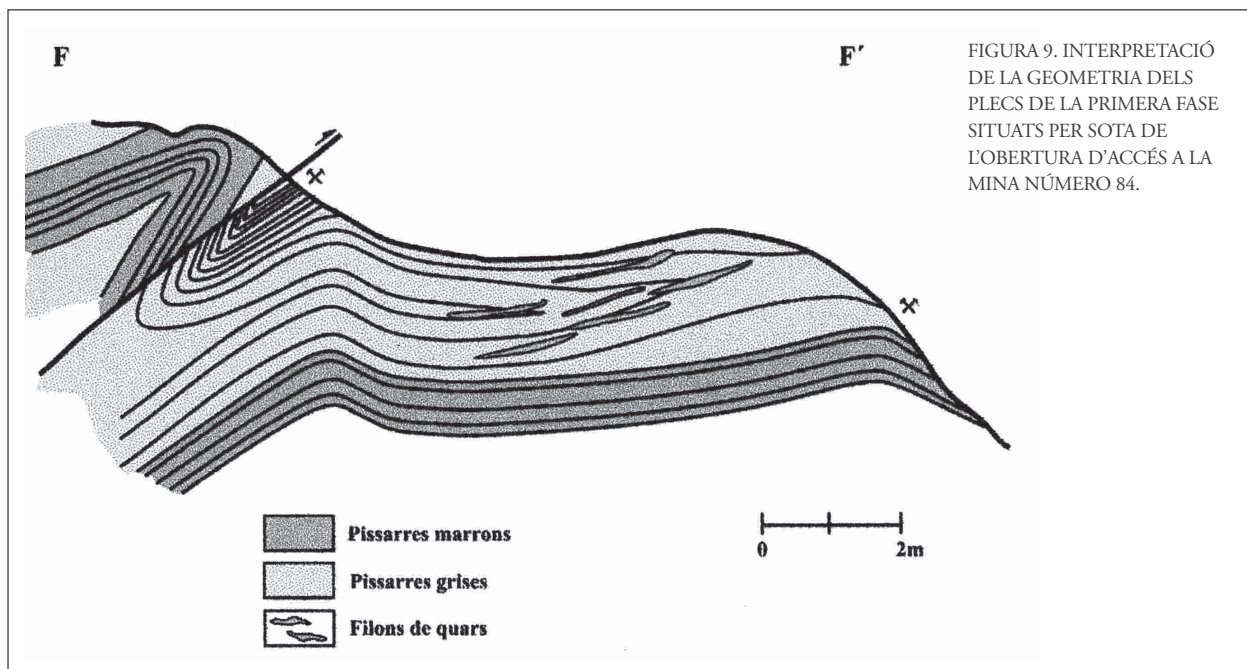


FIGURA 9. INTERPRETACIÓ DE LA GEOMETRIA DELS PLECS DE LA PRIMERA FASE SITUATS PER SOTA DE L'OBERTURA D'ACCÉS A LA MINA NÚMERO 84.

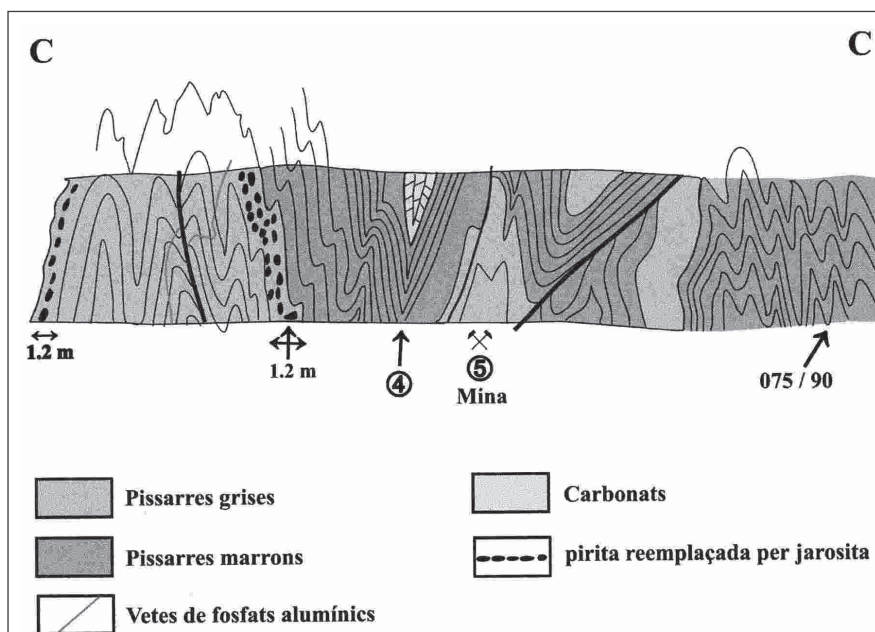
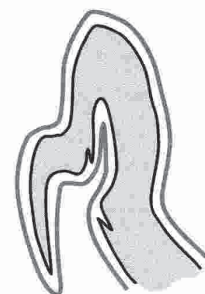
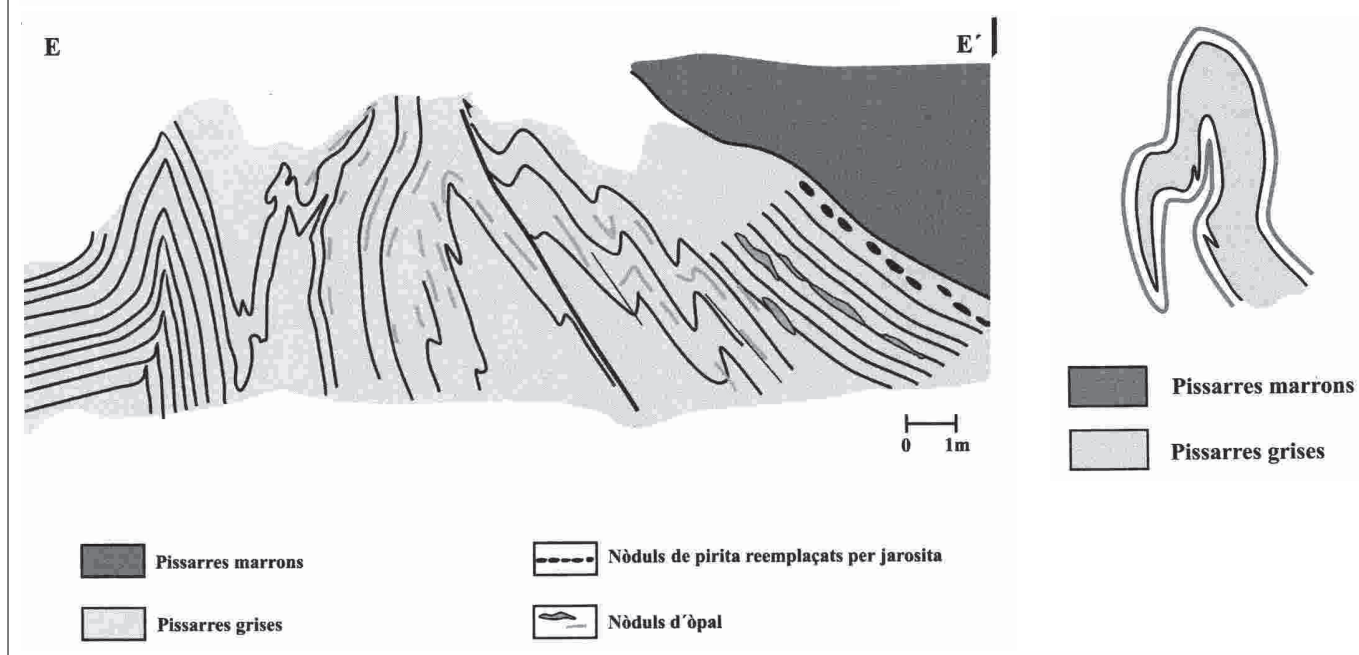


FIGURA 10. ESQUEMA D'UN AFLORAMENT AMB PLECS DE LA SEGONA FASE DE PLEGAMENT, QUE AFECTA ELS MATERIALS HERCINIANS DE LES FERRERES, SEGONS AFLORAMENT EN EL SOLAR ESTUDIAT.

FIGURA 11. TALL E-E'. A REMARCAR ELS PLECS DE LA FASE 2 DE DEFORMACIÓ, QUE PORTEN ASSOCIADA UNA GENERACIÓ D'ENCAVALCaments EN LES SEVES SUPERFÍCIES AXIALS.

FIGURA 12. MODEL D'INTERFERÈNCIA ENTRE ELS PLECS DE FASE 1 I DE FASE 2.



Pissarres marrons
 Pissarres grises

en d'altres zones dels Catalànides i que essencialment són NO-SE. Per tant, i tenint en compte que els plecs posteriors sí que semblen correlables amb els que s'identifiquen en materials carbonífers d'arreu de Catalunya, i que es corresponen amb la fase 1 del carbonífer, és lícit sospitar aquí la presència d'etapes de deformació pre-carboníferes.

Fase 2

Segona fase de plegament. L'estructura dominant queda determinada per una sèrie de plecs de fase 2 que tenen el pla axial molt verticalitzat, però amb una lleugera vergència cap al SO. Són plecs també atapeïts i amb una esquistositat de pla axial molt més penetrativa que l'anterior. Els plecs de la fase 2 són els més comuns en el solar estudiat. Alguns bons exemples d'aquests plecs es poden veure en els tall C-C' (figura 10) i E-E' (figura 11). Com es pot apreciar en aquests dos tall, els plecs de la segona fase porten associada una generació d'encavalcaments. I, com en el cas de la fase anterior, no és rar el desenvolupament de rods de quars associats a les superfícies d'esquistositat. El model d'interferència que es genera a partir de la generació de plecs de les fases 1 i 2 és complex, de tipus III i queda representat a la figura 12.

És difícil avaluar l'edat d'aquesta deformació només amb les dades d'aquest solar, però sembla equivalent a la primera fase de deformació herciniana, doncs és comparable en quant a direccions i vergències dels plecs a la fase de plegament que s'observa en materials carbonífers al SO dels Catalànides.

Fase 3

És una etapa de formació d'encavalcament. Aquestes estructures tenen superfícies d'encavalcaments que cabussen uns 30° cap al SO. Es tracta d'una etapa de deformació molt penetrativa, molt ben representada en els afloraments del solar estudiat. Algunes d'aquestes estructures es poden apreciar a les figures 9 a 12 i a la figura 13. En associació a alguns d'aquests encavalcaments, també hi poden haver mineralitzacions filonianes de quars, generalment en forma de vetes mil·limètriques en què el quars es troba molt deformat. En algunes d'aquestes vetes s'hi han localitzat mineralitzacions de variscita o d'altres fosfats, sempre en petites quantitats.

És difícil avaluar l'edat d'aquests encavalcaments només amb les dades del solar estudiat, però sembla equivalent a la de diversos encavalcaments registrats al SO dels Catalànides, que corresponen a darrera fase herciniana. Cal tenir en compte, però, que en aquesta darrera zona els encavalcaments estan associats a una fase de plecs de tipus xebró de direcció NO-SE i vergència NE, aspecte aquest darrer

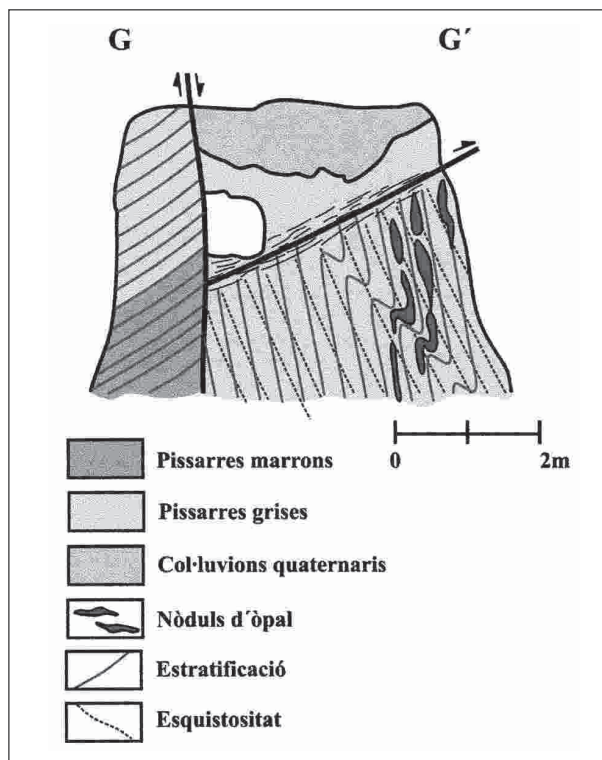


FIGURA 13. TALL G-G'. ENCAVALCaments DE FASE 3 (HERCINIANA) I ESTRUCTURES FRÀGILS POSTERIORES DE FASE 4 (ALPINA), QUE TALLEN PLECS DE LA FASE 2 (HERCINIANA), DELS QUALS SE'N APRECIA UN FLANC INVERTIT I ESQUISTOSITAT DE PLA AXIAL.

que no ha pogut ésser comprovat fins al present als afloraments silurians de les mines neolítiques del solar estudiat.

Fase 4

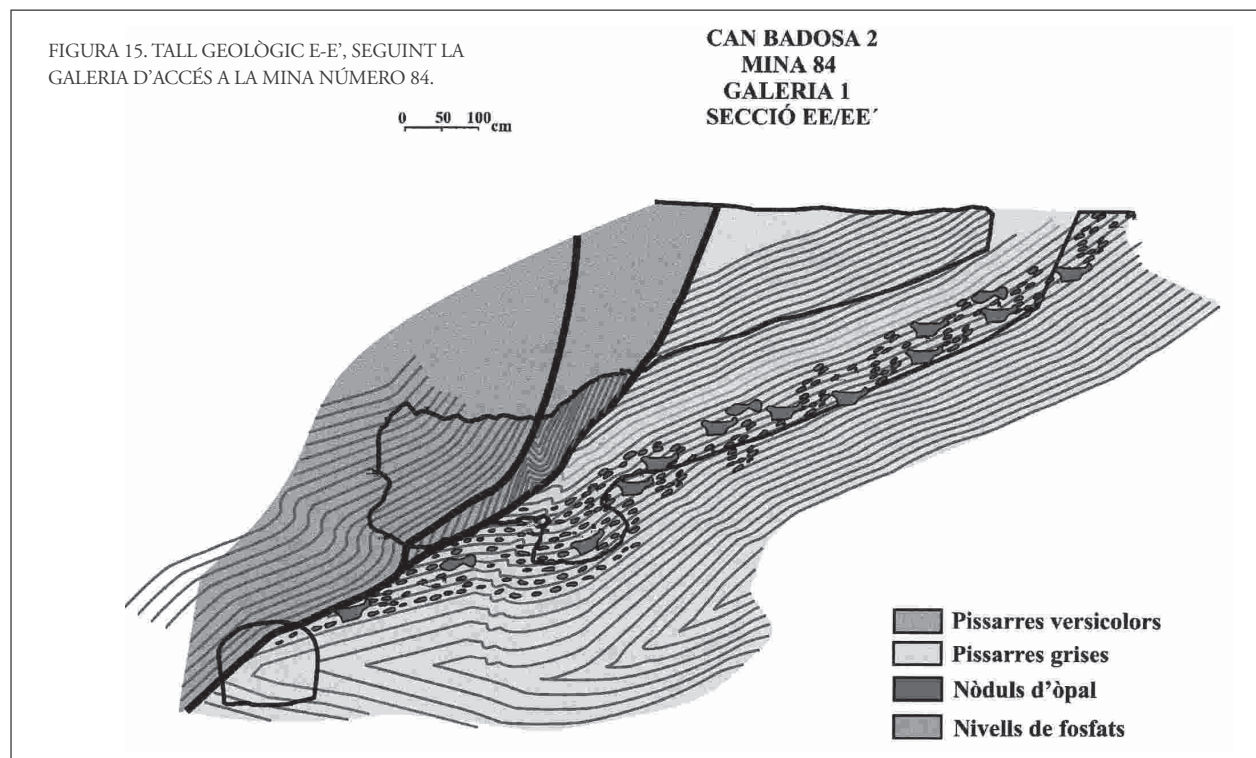
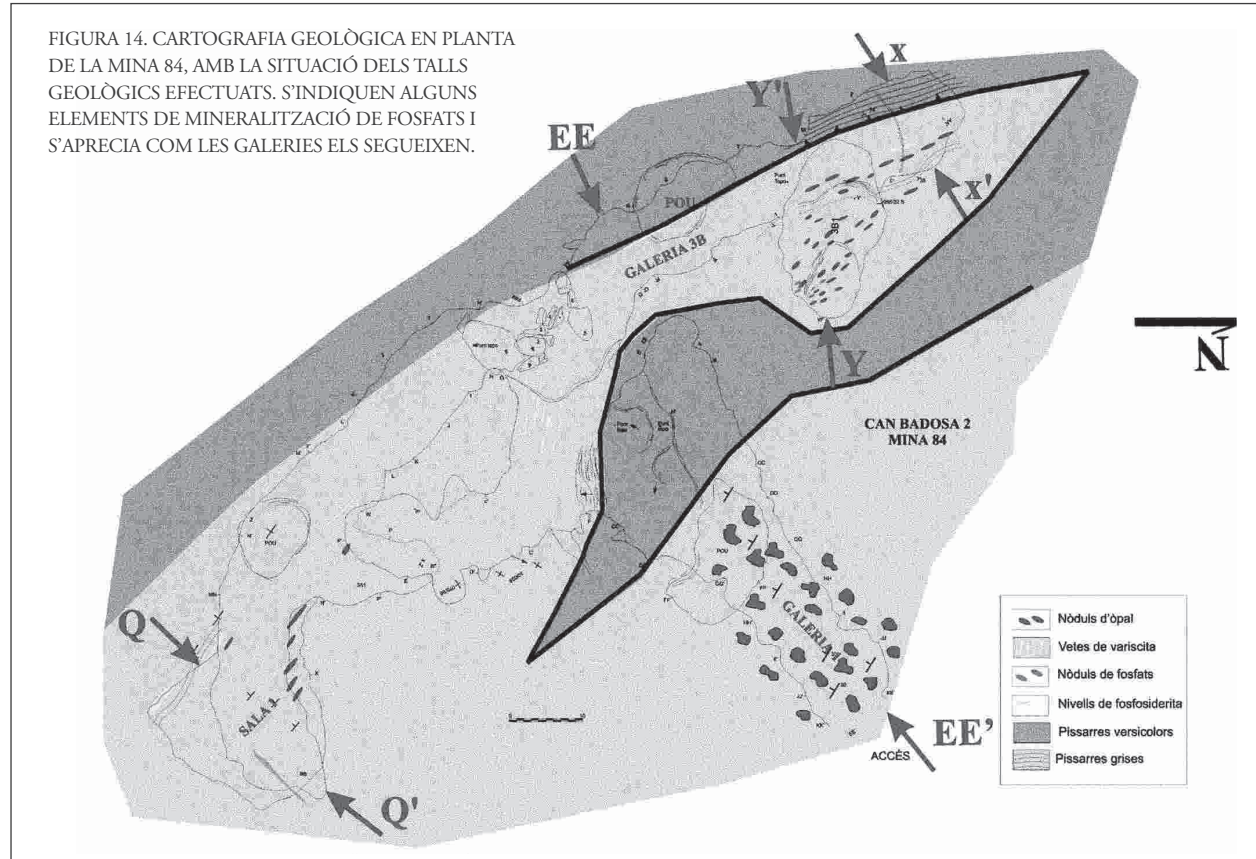
Aquesta és una fase molt tardana i de tipus fràgil. Es caracteritza per presentar falles de direcció variable, típicament alpines, com la N140, de cabussament vertical i amb les superfícies molt ben definides. Totes aquestes dades suggereixen que aquestes falles són d'edat alpina. Un exemple es pot apreciar al tall G-G' (vegeu la figura 13), on s'aprecia com un pla de falla subvertical talla un encavalcament de la tercera fase de deformació.

Amb les dades de què es disposa és difícil calcular el sentit del moviment d'aquestes falles, però, en base a la geometria de les capes afectades, sembla que el darrer joc d'aquestes falles és normal, la qual cosa s'adiu amb el funcionament general de les falles alpines dels Catalànides. No s'han observat mineralitzacions associades a aquestes falles. Per altra banda, existeixen diversos sistemes de diaclats subvertical, en diverses direccions, que podrien estar associats genèticament i espacialment a aquest sistema de falles. És en aquest sistema de diaclasi que es troben mineralitzacions de fosfats en vetes. Aquestes vetes no tenen indicis d'haver estat deformades, per la qual cosa es podrien haver format amb posterioritat a les fases més tardanes de la deformació alpina.

Geologia de la mina 84

La representació en planta de la geologia de la mina 84 és complicada, ja que les galeries es troben a diferents nivells topogràfics. Per aquest motiu s'optà per representar en el mapa geològic en planta de la mina sols els elements més

generals: les grans unitats de pissarres fèrtils i les estèrils, les estructures principals i les mineralitzacions filonianes verticals de variscita. Aquest mapa es reproduïx a la figura 14. Al mapa s'indica la situació de tota una sèrie de talls geològics que van ser efectuats, amb l'objectiu de mostrar l'estructura geològica.



Aquesta mina, com la número 83, té l'interès de tenir una única entrada, la qual cosa ajuda a determinar el sentit en què es van anar traçant les galeries, així com quin dels materials que afloren en superfície podien haver determinat l'emplaçament de la mina.

Aquesta mina en conjunt encaixa en les pissarres, i la major part de les seves galeries es va obrir seguint, preferentment, les pissarres grises que són les portadores de mineralitzacions de fosfats a totes les mines de variscita conegudes fins ara a Gavà.

Dels diferents talls geològics efectuats, el que resulta més interessant és l'E-E' (vegeu la figura 15), efectuat seguint la galeria d'accés a la mina, fins arribar a la galeria de creuer. En aquest tall s'aprecia com la galeria d'accés va ser oberta sobre un tram de pissarres grises i com la major part del recorregut transcorre dins d'aquesta unitat. També s'observa com el traçat de la galeria segueix el d'uns nivells de fosfats de color fosc que probablement afloraven en superfície, malgrat que aquests nivells de fosfats no són de variscita ni de cap altre mineral que hagués pogut ser objecte de l'exploració. Aquesta mateixa observació va ser feta anteriorment amb l'estudi de la mina 83. Finalment, s'observa com a la part baixa d'aquesta galeria afloren localment els nivells de nòduls d'òpal CT.

Els nivells de fosfats d'aquesta galeria (galeria 1) presenten un cabussament força regular i relativament suau, d'un 25° cap al SO. D'acord amb això, la galeria que els segueix baixa en forma de rampa. La galeria segueix aquests nivells fins a arribar a un encavalcament de la fase 3 de deformació. Aquí es troba de cara amb pissarres versicolors, amb alguns nivells de carbonats, materials que són mineralògicament estèrils. En aquest punt, els minaires del neolític deixaren d'excavar aquesta galeria com ho venien fent des de la boca de la mina, la qual cosa suggereix que no esperaven localitzar mineralitzacions de variscita en aquest tram de pissarres marrons. En un primer moment, van practicar un pouet (pou 1) que no arriba a un metre de profunditat, en el terra de pissarres grises amb nòduls d'òpal CT. Però la labor no va anar més enllà. Fet això van sobrepassar aquest pouet i sobre les pissarres grises, en direcció lateral a l'encavalcament, cap a l'esquerra de la galeria d'accés, van practicar una petita cambra descendent (sala 2), probablement com a resultat de l'exploració de diversos filonets subverticals de variscita que tallen les pissarres grises situades per sota de l'encavalcament i dels quals encara en queden algunes restes en el terra de la mina (representats en la planta de la figura 14).

A partir d'aquest moment l'excavació es bifurca i constitueix una segona galeria, en creu i perpendicular respecte a la primera. Aquesta nova galeria segueix les direccions

dels filons de variscita i d'altres fosfats, per un costat, i es manté sempre sobre els materials fèrtils, les pissarres grises (vegeu la figura 14). S'han distingit dues branques en aquesta segona galeria, una en direcció NO (galeria 3b) i l'altre en direcció oposada cap al SE (galeria 3a).

A l'entrada de la branca en direcció SE, que havia estat convertida en cambra sepulcral, van ser trobades en el moment de l'excavació arqueològica varies lloses de carbonat amb les que hauria estat tancada aquesta entrada. Aquestes calcàries són d'edat corresponent al límit silurià-devonià i no afloren a cap punt de la mina. Van haver de ser transportades, per tant, des d'un aflorament situat a alguns metres de distància, segurament per la resistència superior a la de les pissarres. Una llosa molt similar tapava la boca d'accés des de l'exterior a aquesta mina 84 i unes altres lloses del mateix material van ser trobades a l'entrada de la cambra funerària de la mina 83.

Galeria perpendicular. Branca NO (galeria 3b)

La branca NO de la galeria perpendicular o en creu a la d'accés, va ser excavada seguint un encavalcament de fase 3, en què les pissarres marrons estan superposades a les grises. La superfície axial d'aquest encavalcament cabussa uns 45° al SO. A les parets d'aquesta branca NO afloren dos tipus de mineralitzacions: estratiforme una i filoniana l'altra.

Mineralització estratiforme:

La mineralització estratiforme consta de dos nivellats d'estrengida de color roig marronós fosc, de mida de gra criptocristal·lina. Aquests nivellats, afectats per la fase de formació 1, es repeteixen per plegament a la galeria (vegeu les figures 16 i 17). Aquests nivells, solidàriament amb el nivells de pissarres que els encaixen, queden tallats per l'encavalcament de fase 3 que constitueix el mur SO de la mina. La galeria sembla que segueix aquests nivellats i, de fet, sembla que s'hagués fet una exploració a la base de la galeria per a resseguir la capa d'estrengida del flanc invertit del plec (veure capítol 1).

Mineralització filoniana:

La mineralització filoniana consta d'un filonet de quars de molt poca potència (menys de 5 mm) que té associades petites quantitats de variscita. Els filonets o vetes estan situats a les superfícies d'esquistositat de pla axial de fase 1, de cabussament subhoritzontal en aquesta zona de la mina. Les vetes tenen direcció també aproximadament paral·lela a la galeria, però són de poca magnitud i es perd la seva continuïtat. La variscita hi apareix en fragments irregulars i angulosos, de menys de 1 mm de diàmetres i de color verd poma pàl·lid. La variscita és de mida de

gra criptocristal·lí. Aquests filons no semblen tenir, però, gaire continuïtat, i no han estat localitzats en tota l'extensió de la galeria. Cal remarcar que en totes aquestes mineralitzacions s'hi aprecien les marques deixades per les eines de treball dels minaires neolítics.

En la branca NO (galeria 3b) de la galeria perpendicular, però, no s'hi ha apreciat mineralització de variscita en ve-

tes lligades a diàclasi subverticals, paragènesi que sembla que és la que a nivell del conjunt del jaciment de variscita de Gavà, podia donar cossos de variscita més grans i, per tant, més susceptibles de ser treballats. Podem dir, doncs, que la variscita d'aquesta galeria no devia tenir la qualitat suficient per ser explotada.

Galeria perpendicular. Branca SE (galeria 3a)

A les parets de la branca SE de la galeria perpendicular no s'hi aprecia mineralització, però sí a la seva entrada des del final de la galeria d'accés on, com hem indicat, es troben uns filonets de variscita. Aquesta branca, doncs, discorre per estèrils, amb només petites quantitats de fosfats secundaris molt verticalitzats al sostre de la galeria.

Aquesta galeria desemboca en una nova cambra, probablement en origen d'explotació i posteriorment habilitada com a cambra sepulcral. Està excavada en un plec sinforme de la primera fase de plegament, que plegà les pissarres grises amb alguns nivells de fosfats i els trams amb òpal CT. Hi existeixen, també, alguns petits filons de variscita de color relativament bonic a efectes decoratius (vegeu la figura 18), que semblen estar associats a filonets de quars en l'esquistositat de pla axial del plec.

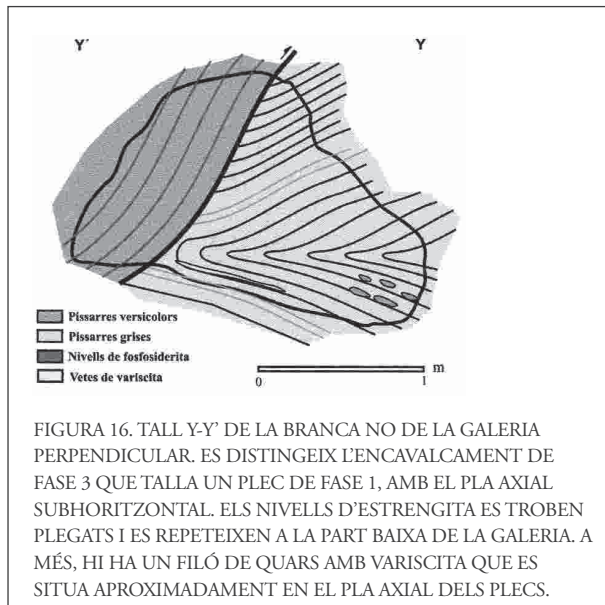


FIGURA 16. TALL Y-Y' DE LA BRANCA NO DE LA GALERIA PERPENDICULAR. ES DISTINGEIX L'ENCAVALCAMENT DE FASE 3 QUE TALLA UN PLEC DE FASE 1, AMB EL PLA AXIAL SUBHORIZONTAL. ELS NIVELLS D'ESTRENGITA ES TROBEN PLEGATS I ES REPETEIXEN A LA PART BAIXA DE LA GALERIA. A MÉS, HI HA UN FILÓ DE QUARS AMB VARISCITA QUE ES SITUA APROXIMADAMENT EN EL PLA AXIAL DELS PLECS.

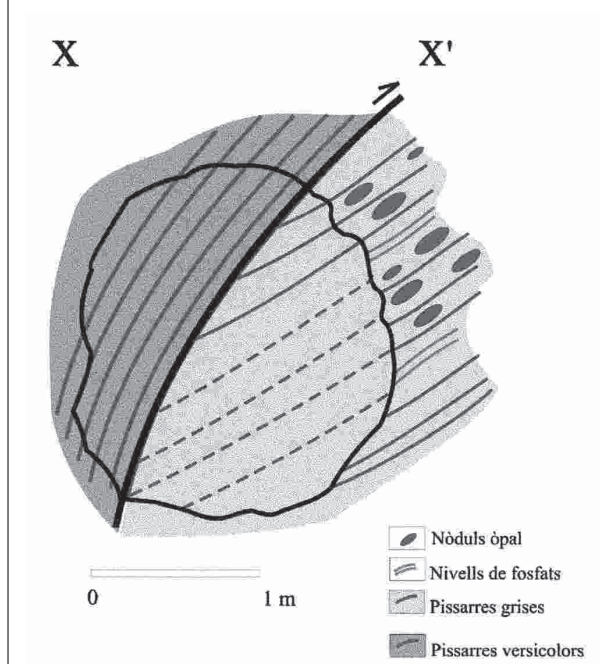


FIGURA 17. UN ALTRE TALL DE LA MATEIXA BRANCA NO DE LA GALERIA PERPENDICULAR, CAP AL SEU FINAL. EN ASCENDIR LLEUGERAMENT LA GALERIA, ES PASSA D'ESTAR EN PART EN EL FLANC INVERTIT A ESTAR EN EL FLANC NORMAL I ES VEU SOLS LA GEOLOGIA D'UN DELS FLANCS DEL PLEC, ON HI ESTAN COMPRESOS ELS NIVELLS DE NÒDULS D'ÒPAL CT I ELS NIVELLS D'ESTRENGITA. EL CONJUNT QUEDA TALLAT PER L'ENCAVALCAMENT DE FASE 3 QUE FA DE MUR DE LA GALERIA I QUE LIMITA L'EXTENSIÓ DEL JACIMENT MINERALÒGIC VERS AL SO.

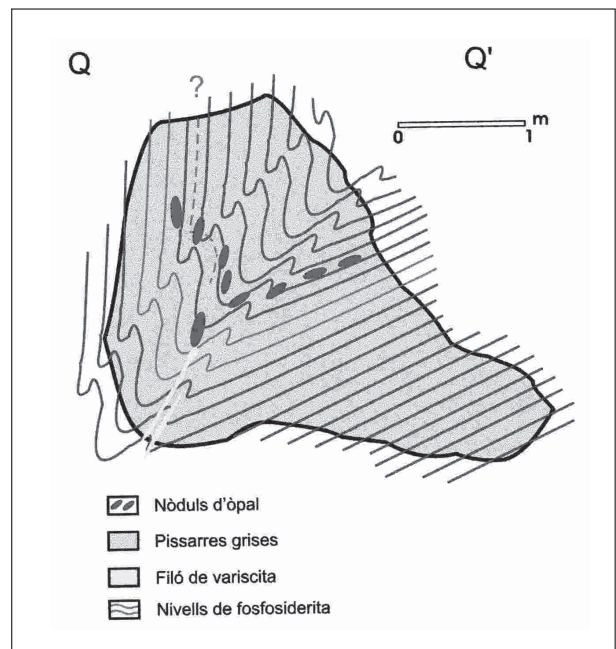


FIGURA 18. TALL Q-Q'. CAMBRA AL FINAL DE LA BRANCA SE DE LA GALERIA PERPENDICULAR. ES MOSTRA UN PLEC DE PRIMERA FASE QUE REPLEGA NIVELLS DE FOSFATS MOLT ALTERATS I QUE PRESENTA MINERALITZACIÓ FILONIANA DE VARISCITA A LA SEVA SUPERFÍCIE AXIAL. LA FORMA ALLARGADA DE LA CAMBRA EN EL COSTAT Q' ES DEGUDA A TREBALLS PER EXPLOTAR DIVERSOS FILONETS DE FOSFATS SECUNDARIS QUE REPLENEN DIÀCLASIS PERPENDICULARS A LES DE VARISCITA. ELS NIVELLS DE NÒDULS D'ÒPAL C-T, EN CANVI, NO VAN SER EXPLOTATS.

Aquests filonets de quars amb variscita porten la direcció de la galeria. Tanmateix, aquestes vetes estan una mica alterades i, per tant, són de baixa duresa. Per altra banda, aquestes vetes són de potència escadussera (menys de 4 mm) i no semblen tenir gaire continuïtat. És possible que aquestes limitacions haguessin estat un dels causants de l'abandonament de l'exploració.

En la mateixa cambra es van realitzar diverses gratallades segons la direcció de les capes d'estrengita, les quals també van ser tallades en aquesta cambra, tot i estar molt replegades i alterades. També s'han reconegut, a petita escala, alguns filonets de fosfats secundaris, que es disposen de forma perpendicular als de variscita, sense interès però pels minaires del neolític (vegeu el tall Q-Q' a la figura 18).

Galeria de reconeixement

A la mina 84 hi ha una tercera galeria (galeria 2), que surt de la mateixa cambra on coincidien la galeria d'accés i la perpendicular a aquesta galeria, que hem anomenat de reconeixement. És de poca alçada i de poca amplada, comparada amb les altres dues, i el seu recorregut és curt. Primer segueix una direcció est, però de seguida gira cap al sud, en direcció cap a la branca SE de la galeria perpendicular. Potser buscant algun dels filons de variscita localitzats en aquella galeria. Està excavada en un tram de pissarres més negres i en ella no hi aflora mineral de cap mena.

A les parets d'aquesta galeria, així com en d'altres parts de la mina, hi ha algunes excavacions de petites dimensions (uns 10-20 cm de diàmetre i generalment d'una profunditat de menys de 20 cm). Estan disposades perpendicularment a les parets i de forma intermitent cada metre o menys. Semblen haver estat fetes expressament per col·locar-hi alguns estris, potser llànties per a la il·luminació de les cavitats.

Geologia de la mina 90

En el solar on es trobava la mina 84 va ser estudiada una altra mina, la número 90, situada a l'extrem oest d'aquest solar. Aquesta mina havia estat malmesa per les obres de construcció i només en va poder ser estudiada una part, la part inferior. Estava encaixada en les pissarres grises, que en aquest indret afloren en el nucli d'un anticlinal molt atapeït. No apareix mineralització de variscita, però sí uns filonets d'estrengita vermella, de molt poca potència (com a màxim de 3 mm d'amplada), els quals són seguits per la galeria conservada (vegeu la figura 19).

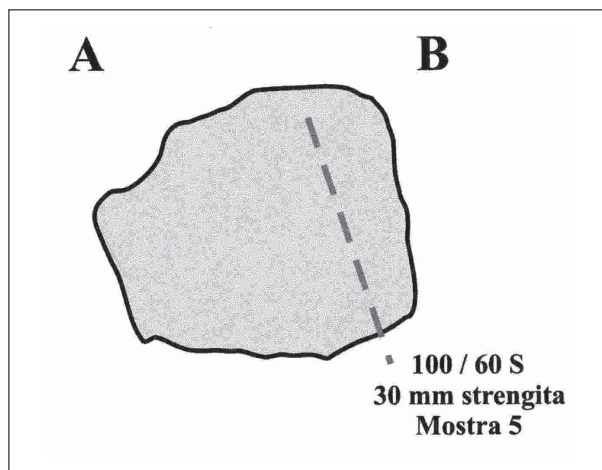


FIGURA 19. TALL GEOLÒGIC DE LA GALERIA DE LA MINA 90, EN QUÈ S'APRECIA EN LA SEVA PARET SUD UN FILONET SUBVERTICAL DE MOLT Poca POTENCIA DE ESTRENGITA ENCAIXADA EN PISSARRES GRISDES DEL SILURIÀ. AQUEST FILONET ENCAIXA EN UNA DIÀCLASI I CONTÉ ESTRENGITA CRIPTOCRISTAL·LINA DE COLOR VERMELLÓS.

Altres mineralitzacions en el solar

Escampades per tot el solar estudiat, hi havia altres mineralitzacions de fosfats. Per un costat existien algunes mineralitzacions filonianes de petites dimensions (vetes) de estrengita en la paret de roca entre els punts F' i D de la planta de la figura 11, per la banda de l'extrem sud de la cambra de la mina 84 reutilitzada funeràriament. Per altra banda, hi ha diverses mineralitzacions filonianes subverticals de fosfats secundaris (crandal·lita) prop de la mina de l'oest del solar (la número 90). Aquests filonets són de poca amplada i la crandal·lita es presenta en agregats criptocrystal·lins de color blanc rosat.

Aquestes mineralitzacions omplen diàclasi subverticals, que poden correspondre a fractures obertes en els darrers estadis de l'orogènia alpina. Els filonets són de direcció 100/60 S. La cavitat filoniana no acaba d'estar completament plena de mineral, essent per tant molt elevada la porositat. Aquest aspecte concorda amb la hipòtesis d'una edat molt recent de la mineralització. Algunes datacions absolutes realitzades en mineralitzacions de la zona propera de Rocabrúna, molt similars a les suara descrites, donen antiguitats de l'ordre d'1,5 Ma.

Caracterització mineral

Les mostres de mineral que es van recollir han estat analitzades mitjançant difracció de pols de raig X, després de l'anàlisi de visu. La tècnica triada va ser aquesta, atès que és la més fiable i precisa en la identificació rutinària dels minerals, sempre que es disposi

de suficient quantitat de mostra (generalment un mínim d'un centímetre cúbic).

Les mostres es van irradiar en un difractòmetre SIEMENS als Serveis Científicotècnics de la Universitat

de Barcelona i es va efectuar un escombrat de 20 de 1°/minut, entre 4 i 65°.

Els espectres de difracció de raig X es van analitzar amb el programa de determinació EVA.

Discussió i conclusions

La cartografia geològica de les mines 84 i 90 posa de manifest els següents fets:

- a. Les galeries d'aquestes mines segueixen els nivells o les vetes de fosfats, tal i com s'havia constatat en altres mines neolítiques de Gavà.
- b. L'entrada a la primera galeria de la mina 84 es realitza sobre un nivell de fosfats de ferro estratiformes de color fosc, els quals en altres mines es troben associats a la variscita. Per tant, es pot considerar que la guia de recerca de la variscita eren els afloraments d'aquests fosfats foscos. Aquest criteri d'exploració sembla haver estat utilitzat també a la mina 83, descoberta en un solar adjacent al d'aquesta mina. Les zones amb fosfats de ferro estratiformes (estreguita o fosfosiderita) es reconeixen pel color fosc (vermell o negre) i a la mina número 8 de can Tintorer es troben associades a vetes verdes de variscita.
- c. Els minaires seguien les capes de pissarra gris, a les que van associades les mineralitzacions de fosfats, i evitaven amb pous o galeries laterals els nivells de pissarres versicolors, estèrils. Per tant, una guia d'exploració era també el propi color gris de les pissarres.

d. En general, els encavalcaments semblen haver estat aprofitats com a galeries d'avenç lateral, probablement atès que són zones de fàcil excavació. També són, però, zones inestables, la qual cosa potser provocà algun enfonsament. Aquest fet ja va ser observat anteriorment a la mina número 8 de can Tintorer.

e. A la cambra funerària de la mina 84 (sala 1) hi ha variscita a la vista. El mineral que es troba en aquests punts no és de mala qualitat, tot i que les seves vetes són fines. En qualsevol cas, la mina ni va ser feta en fals ni es va exhaurir. Aquesta observació ens fa plantejar un seguit de preguntes:

- La mina a la qual s'ha donat el número 84 va ser tancada per la competència d'una altra mina contemporània més antiga que proporcionava un millor mineral? En aquest cas, si ja hi havia una mina que proporcionava mineral bo, per què se'n va obrir una altra?
- La mina 84 es tancà per manca de demanda de mineral?
- La mina 84 es tancà per defunció dels qui l'explotaven.
- Per què es dipositaren els difunts en una part de la mina on hi ha mineral i no en una altra on no n'hi ha o on aquest és més pobre o de pitjor qualitat?

Bibliografia

CAMPRUBÍ, A., COSTA, F., SALVANY, M. C., SÁEZ, G., ARCAS, A. I MELGAREJO, J. C. (1993): "Neolithic mines in the Gavà area, Catalonia, Spain: Aims of exploitation and technical aspects", Pòster efectuat pel certamen de *Jóvenes Investigadores*.

I.G.M.E. (1987): *Mapa Geológico de España*, escala 1:200.000, fulla 42-Tarragona. Primera edició.

I.G.M.E. (1995): *Mapa Geológico de España*, escala 1:50.000, fulla 448-Prat de Llobregat. Segunda serie. Primera edició.

