
Les mineralitzacions de ferro del massís paleozoic del Montnegre

Josep M. Carmona, Manuel Viladevall i Xavier Font

*Departament de Geoquímica, Petrologia
i Prospecció Geològica
Facultat de Geologia
Universitat de Barcelona*

Entre Calella i Malgrat de Mar existeixen tres tipus de mineralitzacions de ferro situades entre materials silurians i genèticament relacionades entre si: nivells estratiformes de pirrotina; nivells estratolligats d'òxids i hidròxids de ferro; i jaciments massius d'òxids i hidròxids de ferro.

Els primers es formen pel metamorfisme de nivells de pirita d'origen volcànic-exhalatiu dipositats en una conca sedimentària sota condicions reductores. L'alteració supergènica dona lloc a la seva oxidació, i es produeixen els nivells estratolligats de ferro. Alhora es formen productes àcids rics en ferro dissolt que provoquen la substitució de roques calcàries per siderita. En condicions oxidants, la siderita s'oxida i dona lloc a les masses d'òxids i hidròxids de ferro que en algunes ocasions s'han explotat a les mines de Malgrat de Mar.

Introducció

Les concentracions de ferro del massís paleozoic del Montnegre es troben repartides sobre una superfície aproximada d'uns 15 km² des de la població de Malgrat de Mar fins a Can Carreres, a Calella (figura 1).

Aquestes mineralitzacions són de tres tipus, les característiques diferenciadores de les quals són determinades per criteris petrogràfics, mineralògics, estructurals i genètics (Carmona i Viladevall, 1985):

a) Concentracions de sulfurs de ferro en la zona de Pineta de Mar: nivells de pirrotina, principalment, encara que també hi ha pirites i indicis d'arsenopirita.

b) Concentracions estratolligades d'òxids i hidròxids de ferro en la zona de Malgrat de Mar, Santa Susanna i Pineta de Mar: goethita, sobretot, i de vegades pirita.

c) Jaciments massius de substitució, que principalment es troben en la zona de Malgrat de Mar i Santa Susanna: hematites i limonita, bàsicament, poca pirita, una mica de siderita en profunditat i indicis de coure. Són els únics dipòsits que han arribat a formar jaciments explotables en l'època moderna, especialment en la zona del barranc del Mas Palomeres a Malgrat de Mar (figura 1), fet que queda reflectit per l'abundància de treballs miners existents (figura 2). Allà es van explotar unes quantes masses alineades en direcció NW-SE, la més important de les quals tenia un volum de més de 100.000 m³, amb una llei variable de 44 a 48% en ferro. S'ignora la quantitat total de mineral extret exactament, però es creu que és força petita. Aquestes explotacions van quedar paralitzades a final de la Segona Guerra Mundial.

De tots aquests dipòsits, els oxidats es limiten quasi exclusivament al sector oriental del massís paleozoic del Montnegre, encara que hi ha concentracions i indicis similars en nombrosos punts de la Serralada Litoral Catalana: Gavà, Santa Creu d'Olorda, Montcada i Reixac i Barcelona.

Pel que fa a les característiques geològiques més significatives de la zona, cal destacar-ne les següents:

La sèrie estratigràfica és formada per esquists, fil·lites del cambrià-ordovicià, fil·lites i fil·lites negres de l'ordovicià, fil·lites negres i lidites amb nòduls de fosfat del silurià, calcàries del silurià-devonià, i conglomerats, grauwaques, fil·lites, calcàries i lidites del carbonífer (Carmona i Viladevall, 1983). Detalls suplementaris sobre els aspectes estratigràfics de la zona es troben, dins d'aquesta mateixa monografia, a la comunicació «Els materials del massís paleozoic del Montnegre», realitzada pels mateixos autors.

Totes les mineralitzacions de ferro es troben en el trànsit de les fil·lites negres a calcàries (silurià) i, per tant, estan relacionades espacialment amb les lidites amb nòduls de fosfats, formats fonamentalment per fluorapatita i carbofluorapatita criptocristal·lines en una matriu pelítica o síl·lica (Carmona, 1982).

Antecedents. Breu història de la mineria de ferro de la zona

Època antiga: en aquesta àrea, ja des de molt antic és probable que s'haguessin dut a terme treballs miners per beneficiar la gamma de roques i minerals existents: lidites per a la fabricació d'estris de treball, i ocre per a pigments

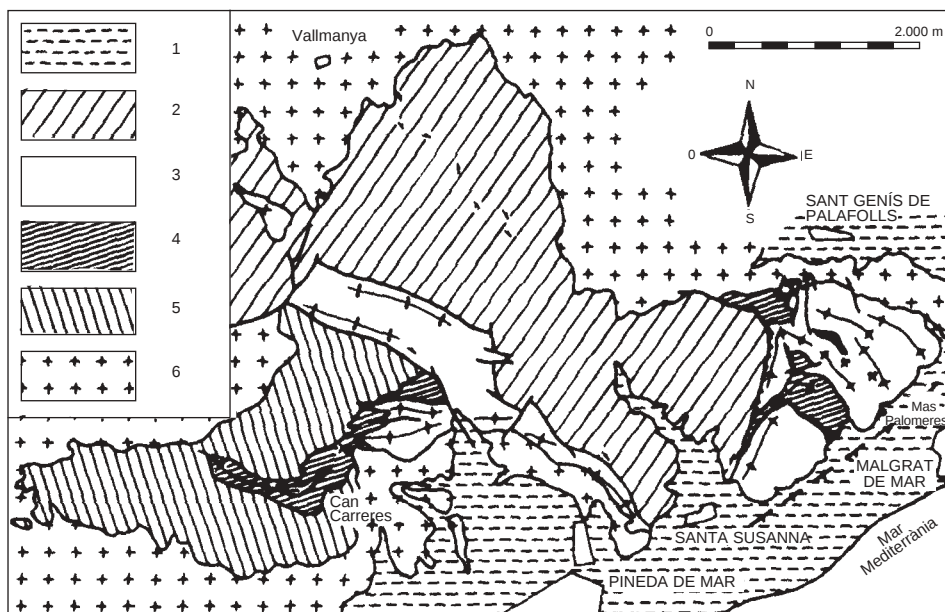


Figura 1. Mapa geològic de l'àrea en què es troben les mineralitzacions. 1. Quaternari; 2. Carbonífer; 3. Silurià i devonià; 4. Ordovicià-ashgílià; 5. Cambrià-ordovicià; 6. Granitoides tardo-hercinians. Segons Carmona (1982).

durant el neolític; i pel que fa als òxids i hidròxids de ferro a partir de l'edat del ferro, tal com ha succeït en altres zones de la zona costanera catalana amb característiques geològiques similars, com, per exemple, a Gavà.

Època moderna: aquesta època es podria dividir en tres etapes. La primera etapa coincideix amb les primeres notícies escrites sobre aquestes explotacions de ferro, les quals fan referència a la segona meitat del segle passat. En aquests escrits s'esmenta la seva existència en uns informes miners de Bauza (1861) i Sánchez (1861). Posteriorment, A.H. (1876) també parla de grans masses de mineral de ferro en la zona de Malgrat de Mar i Santa Susanna.

Més tard, Maureta *et al.* (1881) són els primers que aporten dades sobre la seva explotació, i indiquen que els principals treballs se situaven al Mas Palomeres, el turó d'en Serra i les Comes a Malgrat de Mar, i al turó de la Guàrdia (Pineda de Mar).

Assenyalaven, també, que fins llavors els jaciments havien estat explotats ja en diverses ocasions. Tenint en compte que les comunicacions amb l'exterior i la seva situació geogràfica eren excel·lents, cal suposar que l'explotació es devia iniciar des de molt antic.

Comenten que el mineral extret sortia de Malgrat de Mar amb el ferrocarril o amb vaixell, i que s'hi van arribar a construir instal·lacions per extreure el ferro a partir del mineral a la mateixa zona d'explotació, però que, almenys en aquella època, mai no van funcionar.

Calderón (1910) i Vidal (1910) únicament n'esmenten l'existència, encara que, segons sembla, en aquells anys, i per causes desconegudes, l'explotació ja estava dèntinguda i abandonada.

Respecte a la segona etapa, ja en el nostre segle, Almera (1913) indica que llavors es tornaven a explotar, i menciona l'existència de les masses mineralitzades de Malgrat de Mar, i les del Pla Gros i Sant Pere de Riu.

Aquests treballs esmentats per Almera (1913) s'haurien d'emmarcar entre els realitzats de 1911 a 1914 per

l'anomenada Société des Mines de Fer de Malgrat, i dels quals dona notícia l'IGME (1941), que apunta que les principals labors es duïen a terme a Mas Palomeres, encara que també se'n feien a Montagut. Al mateix temps, indicaven que hi havia mineralitzacions des del turó d'en Roca fins a la riera de Sant Genís de Palafolls.

L'IGME (1941) assenyalava l'existència d'una galeria d'investigació en direcció N en el turó d'en Roca (Santa Susanna) que talla calcàries un xic tenyides d'òxids de ferro.

En aquesta època, es van explotar masses de limonita i hematites sobre el Mas Palomeres, on la mineralització forma tres masses que marquen tres línies paral·leles amb orientació NW-SE, de les quals la central va ser la més important.

L'explotació es va realitzar tallant les masses a partir de cinc nivells situats a cotes 53, 68, 78, 89 i 104. Les explotacions realitzades des de la cota de 53 m van trobar el nivell freàtic actual a 30 m de profunditat, coincidint amb la presència de carbonats de ferro, en el quals es va suspendre l'explotació, ja que en aquella època tenien un mercat reduït. Per tant, només es va explotar la zona oxidada del jaciment.

L'extracció es va realitzar a partir del nivell de la cota 53 fins al barranc del Mas Palomeres. Per una via general, es portaven els minerals fins a un dipòsit amb tremuges de càrrega a uns 8 m sobre la carretera general (que avui dia encara es pot reconèixer), i d'aquí a un sistema bicable aeri que descarregava directament a un abocador sostingut per un piló de formigó sobre una roca emplaçada a uns 200 m de la costa a Malgrat de Mar, que encara existeix. Allà podien carregar vaixells de fins a 4.000 tones de desplaçament.

Aquesta etapa en la història de les mines va concloure en començar la Primera Guerra Mundial, en què van ser abandonades, aspecte curiós, ja que va ser durant aquesta època que es van reactivar tots els jaciments de ferro dels Pirineus, propers tant a la frontera francesa com a ports importants, a causa de les necessitats imperioses de la guerra.

La tercera i última etapa de la història d'aquest jaciment

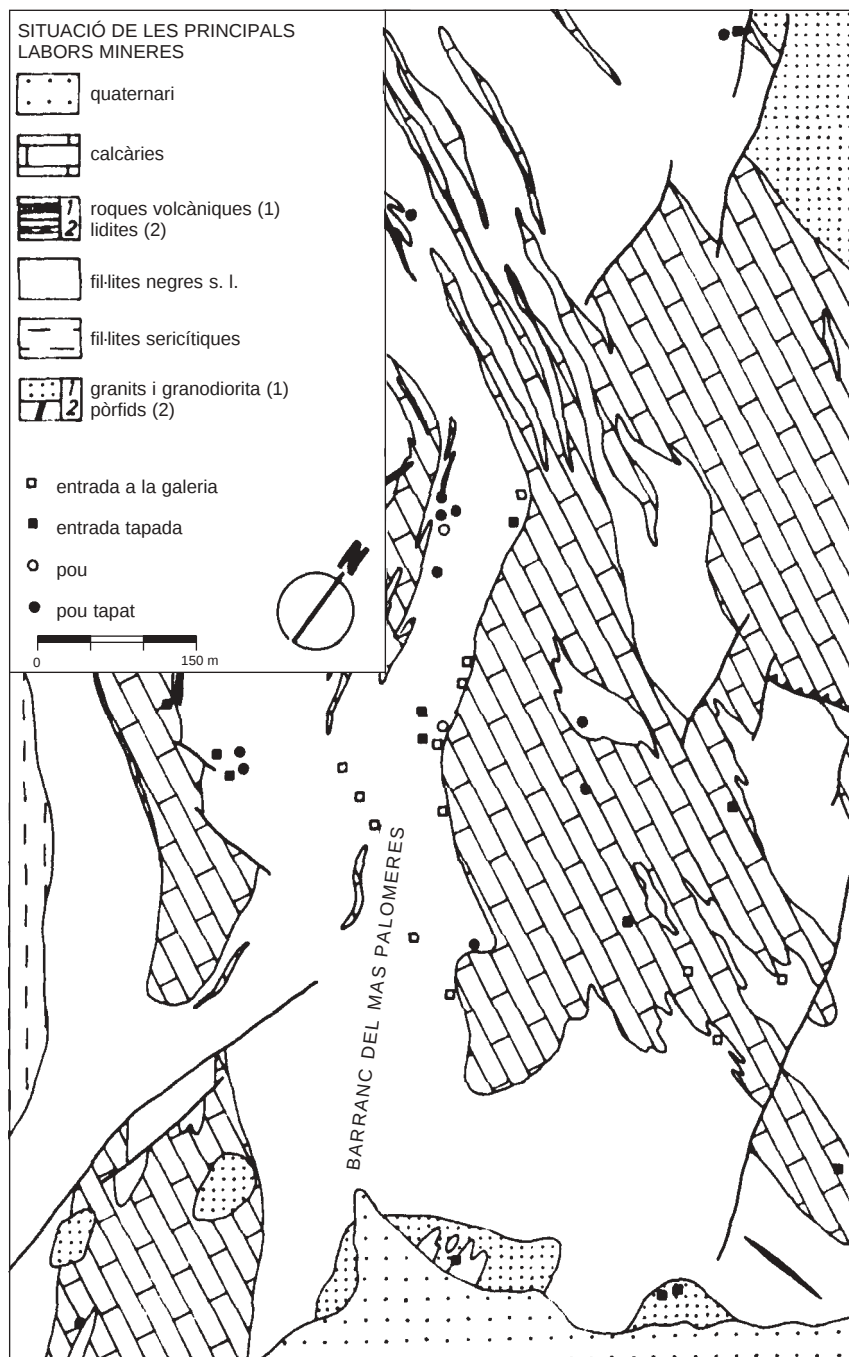


Figura 2. Situació de les principals labors mineres en el sector del barranc de Mas Palomeres (Malgrat de Mar). Segons Carmona (1982).

s'obre i es tanca definitivament amb la Segona Guerra Mundial. Efectivament, segons dades de la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya, es dedueix que després de 1914, any en què es va abandonar l'explotació, no tornen a reprendre's els treballs fins a la Segona Guerra Mundial. Durant aquesta guerra, la societat italiana Ansaldo l'explota, i a la fi de la guerra, la societat entra en crisi i l'explotació és abandonada definitivament.

En aquesta última etapa, la mina abasta un seguit de labors que s'estenen sobre unes 300 ha al voltant del barranc del Mas Palomeres. Es continuen explotant les tres masses principals de la segona etapa. L'explotació es realitzava per cambres i pilars sense terraplens ni apuntalament. Es van construir nous nivells i es van aprofitar els antics, i van quedar galeries a cotes 30, 45, 47, 53, 68, 78, 96, 104 i 124.

Se sap, però, que hi ha nivells fins i tot més baixos, que podrien ser de temps anteriors a la segona etapa.

L'extracció es realitzava pel nivell de la cota 30 m. A prop de l'entrada de la galeria, hi havia un forn de calcinació per al carbonat de ferro extret, però només en perdia un 8%, ja que hi havia molta sílice. De la mina, el mineral s'enviava a dues tremuges de 10.000 tones, i d'aquí, per un transportador aeri (com a la segona etapa), es descarregava en vaixells a Malgrat de Mar. El transportador aeri podia portar 300 t/h.

Aquestes dades no són gaire congruents amb la reduïda cubicació indicada en l'informe de la Société Minière et Métallurgique de Peñarroya, amb una cambra principal formada per masses de petites dimensions: 60 m de llargada, 30 d'amplada i 70 de profunditat. Aquest fet només es

pot deure a una planificació desastrosa en els mitjans d'extracció i comercialització, atribuïble a un error, per excés, en el càlcul inicial de les reserves del jaciment.

Concentracions de sulfurs de ferro

Són acumulacions de pirrotina, principalment, que també pot acompanyar-se de calcopirita de forma molt accessible, i fins i tot d'arsenopirita. Corresponen, probablement, a antics dipòsits singenètic-diagenètics submarins de piritites d'origen volcànic-exhalatiu formats en les condicions sedimentàries i geoquímiques dominants durant el trànsit ordovicià-silurià, i que, en les condicions del metamorfisme de contacte de grau mitjà (500° de temperatura) induït pels granitoides del batòlit del Maresme, s'haurien transformat en pirrotina.

Es troben quasi exclusivament a l'àrea de Pineda de Mar. Formen cossos lenticulars de dimensions molt variables (poden arribar a tenir una longitud de 300 m), repartits a diferents alçades dins el trànsit de les fil·lites negres a calcàries (silurià).

Aquests cossos, de potències molt variables, que poden arribar a assolir un gruix decimètric, són formats en realitat per trams més o menys discontinus de sulfurs de no més de 2 cm de gruix, alternants i concordants amb trams de fil·lites negres grafitoses.

Les microestructures originals han estat obliteratedes a causa del metamorfisme soferit, però a nivell de mostra de mà s'observen estructures que poden tenir un origen disposicional, com ara les bandes alternants, els canvis laterals en la composició mineralògica i les interdigitacions. Totes aquestes estructures permeten considerar aquests cossos minerals com d'origen singenètic amb la roca fil·lítica encaixant i, per tant, amb una evolució diagenètica i metamòrfica comuna.

Concentracions estratoligades d'òxids i hidròxids de ferro

Es tracta d'acumulacions d'òxids i hidròxids de ferro, molt abundants a Malgrat de Mar, amb goethita com a mineral dominant, i hematites, limonita i quars com a accessoris; poden presentar molt localment cristalls cúbics de pirita en estat d'oxidació. També, ocasionalment es poden trobar com a trànsit lateral a sulfurs de ferro, tal com passa a Pineda de Mar.

Són cossos lenticulars de dimensions molt variables, repartits també en diferents alçades dins el mateix nivell estratigràfic que els cossos de sulfurs. Formen nivells discontinus, de vegades alternants, dins de les fil·lites i concordants amb elles. Els gruixos que presenten varien des de pocs centímetres fins a més d'un centímetre. Poden tenir des de pocs metres fins a dos-cents metres de longitud, i llavors presenten potències de fins a 0,5 m, com també nombroses intercalacions de fil·lites negres. Els cossos més grans se situen en les fil·lites negres a prop de les calcàries silurianes.

En les zones de xarnera dels plecs poden presentar un gruix exagerat, i en els flancs poden presentar-se amb estructures de tipus *boudin*. No obstant això, no s'hi observen microestructures d'origen tectònic, com ara esquistositat, estries de falla, etc. Tampoc no s'hi observen estructures de tipus sedimentari, diagenètic o metamòrfic, ja que totes

elles es troben obliteratedes per la formació mateixa d'aquestes concentracions.

Les úniques estructures internes que presenten són pròpies de precipitació d'òxids de ferro hidratats, degudes a circulació d'aigües carregades d'ions de ferro i solucions col·loïdals a través d'una xarxa de fissuració que també pot trobar-se reblerta de mineral. El resultat d'això és un conjunt de bandes d'òxids i hidròxids de ferro, més o menys difús, amb microestructures botrioïdals i creixements concèntrics al voltant d'un nucli.

El contacte entre els nivells mineralitzats i l'encaixant sol presentar-se com un canvi gradual, i apareix una impregnació d'òxids i hidròxids de ferro en les fil·lites negres adjacents, com també una forta alteració que disminueix en allunyar-se dels nivells mineralitzats, i que en les fil·lites negres es tradueix en sericitització, caolinització, descarbonització i lateritització.

Freqüentment, aquesta alteració ha utilitzat com a via d'infiltració la xarxa de diàclasi i de fracturació existent. Fins i tot ha utilitzat de vegades els plans d'esquistositat, havent-hi un reemplaçament per goethita, a nivell molecular, en la fil·lita negra que no ha obliterated l'esquistositat preexistent.

És normal que el nivell estratigràfic en què es troben aquestes concentracions es trobi recorregut per esquerdes reblertes per òxids i hidròxids de ferro (goethita i hematites), com també que localment s'observi la presència de cristalls de guix en aquestes esquerdes.

Pel que fa a l'edat de formació d'aquestes concentracions respecte a l'encaixant, s'ha de fer notar que les estructures internes observades i acabades de referir, com també la mateixa existència de fàcies oxidades dins d'un medi originàriament reductor com són les fil·lites negres, indiquen que són posteriors a la roca encaixant, és a dir, una formació epigenètica, la qual se situaria amb posterioritat a qualsevol episodi tectònic, fins i tot els més tardans, essent perfectament verosímil situar-la en una edat geològicament recent.

La procedència de les solucions mineralitzants que donen lloc a aquestes concentracions s'hauria de relacionar amb l'oxidació de nivells de sulfurs de ferro similars als que es troben a Pineda de Mar, on precisament s'observa que les concentracions d'òxids i hidròxids passen en profunditat a nivells de sulfurs de ferro, i representen el «terreny mort de ferro» o *gossan*, i conserven, generalment, la forma externa dels dipòsits originals sulfurats.

Jaciments massius d'òxids i hidròxids de ferro

Descripció general

Els jaciments més importants d'aquest tipus es troben a la zona de Malgrat de Mar, encara que també n'hi ha indicis a Pineda de Mar, però sempre en l'extrem més oriental i pròxim a la costa.

De longitud i potència variables (fins a 100.000 m³ de volum), se situen, en general, a la base de les calcàries silurianes, encara que també poden situar-se parcialment en les fil·lites negres calcàries.

Es tracta de masses d'òxids i hidròxids de ferro amb indicis de carbonats de ferro, més o menys allargades seguint els eixos sinclinals que formen els materials calcaris, i fins i tot poden adoptar la forma sinclinal d'aquests, ja que es formen pel reemplaçament de les calcàries ja plegades.

El seu origen s'ha de trobar en la circulació a través de les calcàries de solucions supergèniques mineralitzants carregades de ferro (Carmona, 1982).

Els minerals dominants són l'hematites i la limonita; la calcita-dolomita, el quars i els carbonats de ferro en avançat estat d'oxidació es troben com a accessoris; de vegades també hi ha piritita amb indicis de calcopiritita.

Aquests jaciments passen de manera progressiva a les calcàries, i a escala microscòpica s'observa un procés, més o menys avançat, de substitució isomorfa de cristalls de calcita-dolomita per cristalls romboèdrics d'anquerita-siderita (conservant perfectament la microestructura de la calcària metamòrfica). Aquesta substitució es realitza a partir de venes reblertes per òxids i hidròxids de ferro, que recorren tant les calcàries i les fil·lites com aquestes masses minerals, i que lateralment poden passar a ser anquerita-siderita.

El contacte entre les masses minerals i les calcàries és sempre difús, i s'observa una disminució progressiva (microscòpicament, mesoscòpicament i macroscòpicament; figura 3) en la porció d'òxids, hidròxids de ferro i carbonats de ferro, en favor del carbonat càlcic i/o magnèsic.

En canvi, amb l'encaixant fil·lític poden presentar contactes nets, o més o menys difusos. En línies generals, el contacte serà més net com més silícic sigui l'encaixant. Així, dins de les masses minerals s'observen nivells centimètrics de lidites, fil·lites silícies, vetes de quars, i fins i tot antigues superfícies estilolítiques (identificables també a les calcàries) acompanyades de material silícic (clorites i quars, essencialment).

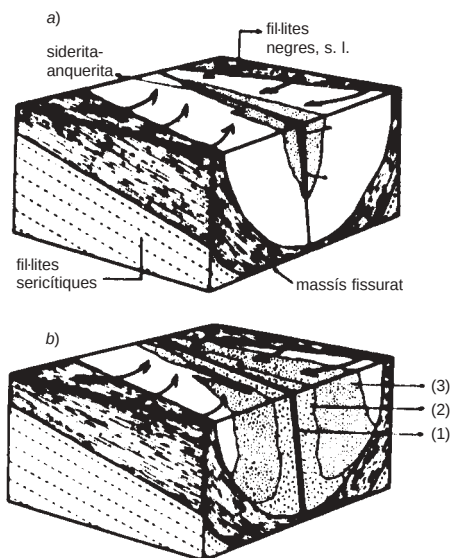


Figura 3. Etapes successives (a i b) en la formació dels dipòsits massius. Xarnera d'un sinclinal amb difícil drenatge. Es produeix una substitució de la calcària per carbonats de Fe a partir d'esquerdes reblertes d'hidròxids de ferro. (1) Hidròxids de ferro, que posteriorment poden passar en part a òxids. (2) Siderita, convertida actualment en òxids i hidròxids de Fe. (3) Siderita-anquerita, convertida actualment en òxids i hidròxids de Fe. (4) Direcció seguida per les solucions mineralitzants. (5) Fractura idealitzada, a la qual convergeixen les solucions mineralitzants. Segons Carmona (1982).

Hidrodinàmica de les solucions supergèniques mineralitzants

Pràcticament des de l'inici de l'exhumació dels materials pre-carbonífers del Montnegre, s'individualitzen dos aqüífers: un d'essencialment poc permeable i constituït pels materials fissurats esquistosos i fil·lítics, i un altre format

per les masses calcàries silurianes fissurades i potencialment carstificables.

Tots dos aqüífers s'originen a partir de la fissuració prèviament adquirida durant les etapes de tectònica fràgil posteriors a les fases de deformació dúctil. A través d'aquest massís, poden circular amb relativa dificultat les aigües d'infiltració, incloent-hi les aigües àcides formades durant la meteorització dels sulfurs, que produeixen l'alteració de les roques per les quals circulen. Aquesta alteració a partir de la xarxa de fissuració produeix en les calcàries d'un carst més o menys desenvolupat que incrementa considerablement la seva permeabilitat, mentre que els materials fil·lítics fissurats continuen essent essencialment poc permeables.

Aquests aqüífers es troben, al seu torn, interrelacionats entre si, i es recarreguen mútuament a causa de les relacions estratigràfiques existents entre els materials que els formen, i també a causa de l'estructura tectònica adquirida (Carmona, 1982).

D'aquesta manera, en els dos aqüífers es crea un flux d'aigua, procedent de l'escolament superficial i subterrani cap al mar. El flux subterrani és més important en l'aqüífer càrstic, i es veu afavorit per la inclinació general cap al mar dels eixos dels plecs dels materials que formen el massís paleozoic del Montnegre.

Discussió de la gènesi

La seva situació en zones de xarnera de sinclinals, preferentment en el contacte amb les fil·lites negres, com també el fet que continguin intercalacions silícies típicament sedimentàries dins de la massa mineral, fa suposar que es tracta de dipòsits epigenètics en els quals les masses minerals s'han produït per una substitució de nivells de calcàries i dolomies per carbonats de ferro.

Els carbonats de ferro actualment es troben pràcticament oxidats a causa de l'alteració supergènica, i han donat lloc a les masses d'òxids i hidròxids de ferro. Respecte a això, cal dir que els antics minaires esmentaven la presència de carbonats de ferro en el fons de les estructures sinclinals mineralitzades.

D'altra banda, s'observa una relació espacial entre aquests jaciments i les concentracions estratoligades d'òxids de ferro. A més, en algunes esquerdes hi ha tapisos de cristalls de guix. Aquest guix s'ha format a causa de l'atac de les aigües àcides sobre la calcària.

Tot això mostra que la substitució de les calcàries per masses d'òxids i hidròxids de ferro s'ha produït a causa de l'atac sobre calcàries d'aigües àcides carregades de ferro i que circulen a partir d'una xarxa de fractures que crea un sistema càrstic en el qual no falten cavitats i bretxes reblertes en els dos casos de mineral, i que són demostratives de l'existència d'aquest tipus de circulació.

La procedència d'aquestes aigües àcides s'ha de buscar en la meteorització de nivells de sulfurs preexistents, els quals a la vegada donen lloc, també, a les concentracions estratoligades d'òxids i hidròxids de ferro, a manera de gossans superficials dels nivells de sulfurs.

El fet que es formin carbonats simples o compostos de ferro (associats a Ca^{2+} i Mg^{2+}) depèn de la naturalesa de la roca encaixant, i sobretot del fet que a la zona hi manqui un drenatge adequat. Si les solucions circulen lliurement no és probable que es formin siderita o anquerita en grans quantitats. Quan les solucions penetren en les calcàries, i quan encara presenten un cert caràcter àcid i Fe^{2+} que no va tenir

temps d'oxidar-se, es recullen en zones profundes amb difícil drenatge (àrees quasi estancades a causa de la impermeabilització del substrat fil·lític) i es formen CO_3 (Fe, Ca, Mg) o CO_3Fe segons els casos (figura 3). Avui dia només queden restes quasi totalment oxidades per l'alteració supergènica.

Conclusions

Els nivells estratiformes de pirrotina s'han format a partir d'acumulacions singenètico-diagenètiques submarines de pirita, que, sota les condicions del metamorfisme de contacte, s'han transformat en pirrotina.

Les concentracions d'òxids i hidròxids de ferro es troben íntimament relacionades entre si quant a la seva gènesi, ja que es formen a partir de la meteorització de nivells preexistents de sulfurs de ferro.

Així, els nivells estratol·ligats es formen per la precipitació d'hidròxids de ferro principalment, procedents de l'alteració meteòrica, en època probablement recent, d'antigues concentracions estratiformes de pirrotina, i després d'un procés d'oxidació de la massa sulfurada. Es tracta, per tant, d'uns dipòsits epigenètics d'origen supergènic.

Aquesta meteorització genera simultàniament la circulació de solucions àcides carregades de ferro, gran part de les quals penetren en les calcàries, les ataquen i precipiten òxids i carbonats de ferro. Aquests últims són els més abundants, es formen en zones reductores existents en les calcàries, situades per sota el nivell freàtic en el moment de la seva formació (parts baixes del massís del Montnegre properes a la costa, on es recullen les solucions mineralit-

zants, i en particular en les zones de xarnera dels sinclinals de calcàries). Posteriorment, i mitjançant un procés d'alteració supergènica, aquests carbonats s'han desestabilitzat i han donat lloc a les masses d'òxids i hidròxids de ferro.

Bibliografia

A.H., D. (1986): «Minerales de hierro de España», *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, 3: 369-386.

Bauza, F. (1861): «Informe de la visita verificada al distrito minero de Barcelona», *Bol. Oficial del Ministerio de Fomento*, 40.

Carmona, J.M., (1982): *Las mineralizaciones de hierro de Malgrat-Pineda (comarca del Maresme) y su contexto geológico*. Tesi de llicenciatura. Universitat de Barcelona.

Carmona, J.M.; M. Viladevall (1983): «Estudio geológico del sector oriental del macizo paleozoico del Montnegre (provincia de Barcelona)», *Rev. Inv. Geol.*, 36: 83-96.

Carmona, J.M.; M. Viladevall (1985): «Morfología y mineralogénesis de las concentraciones de hierro del macizo paleozoico del Montnegre. Malgrat-Calella (provincia de Barcelona)», *Rev. Inv. Geol.*, 40: 65-86.

Maureta, J.; S. Thos y Codina (1881): «Descripción física, geológica y minera de la provincia de Barcelona», *Mem. Com. Map. Geol. Esp.*, 9 (13): 487-496.

Sánchez, E. (1861): «Noticias sobre la riqueza minera de Cataluña», *Bol. Oficial del Ministerio de Fomento*, 40.

Société Minière et Métallurgique de Peñarroya (posterior a 1945, però sense data): *Informe sobre la viabilitat dels jaciments de ferro de Malgrat de Mar*. Inèdit.