



# 4

## **Els minerals de la mina Eureka: descripció**

**Joan Abella i Creus  
Montgarri Castillo i Oliver  
Jordi Ibáñez Insa  
Jose A. Soldevilla González  
Cristina Villanova de Benavent  
Lisard Torró i Abat  
Marc Campeny Crego**

## 4.1. Introducció

En el capítol anterior hem vist que a la mina Eureka es poden trobar nombroses espècies minerals, algunes d'elles molt rares o excepcionals, i s'han descrit en relació als diferents estadis de formació perquè el lector menys avesat es familiaritzi amb la complexitat dels nombrosos processos que poden fer que un mineral es formi. Al present capítol tornem a fer una mirada als minerals de la mina Eureka, però des d'una perspectiva diferent. El text que us proposem a continuació pretén ser un apartat de consulta on es destaquen les característiques més rellevants dels minerals que s'han descrit a la mina Eureka i que poden ajudar a localitzar-los i identificar-los.

Val a dir que la major part de minerals trobats a la mina Eureka són de mida de gra molt fi (menys d'1 mm), i s'han identificat a partir de microscòpia òptica o, fins i tot, amb ajuda del microscopi electrònic. A més, molts dels minerals presents al dipòsit tenen unes característiques físiques que els fan assemblar a d'altres també presents, de manera que, per a poder identificar-los correctament, ha calgut efectuar mesures analítiques precises amb moltes altres tècniques més complexes, com ara la microscòpia electrònica amb anàlisi d'energies de raigs X, la microsonda electrònica, la difracció de raigs X en pols, o l'espectroscòpia Raman (podeu trobar una breu explicació sobre el funcionament d'aquestes tècniques analítiques als annexos del capítol 5). El gruix d'aquestes mesures s'ha dut a terme als Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona i a l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera del CSIC.

Com ja s'ha indicat al capítol anterior, els minerals de la mina Eureka apareixen de quatre maneres diferents: (1) dispersos en els gresos que encaixen la mineralització, (2) associats a les capes de carbó, (3) en petites vetes que la tallen o (4) en crostes superficials i eflorescències en les galeries de la mina. La complexitat del sistema mineralitzant i la diversitat de processos que s'han produït en aquest entorn han afavorit una gran varietat d'espècies minerals. El llistat complet de totes les espècies trobades a la mina Eureka i que, en aquest moment, supera àmpliament el centenar, el podeu consultar a la Taula 4.1. Com ja hem comentat, moltes espècies són de mida de gra molt fi i difícilment identificables a ull nu, però presenten un gran interès científic. Amb tot, un visitant poc experimentat que visiti el dipòsit fàcilment podria localitzar fàcilment, almenys, una desena d'aquests minerals.

## 4.2. Descripció dels minerals

Procedim a continuació a descriure alguns dels minerals més rellevants que s'han trobat a la mina Eureka. En aquest apartat, les descripcions dels minerals estan ordenades a partir de la classificació sistemàtica de Dana (Dana et al., 1997) i per anomenar les diferents espècies s'ha utilitzat la nomenclatura proposada per Garrido i Ybarra (2010).



ESPÈCIE	FÒRMULA	SISTEMA CRISTAL·LÍ	COLOR	ABUNDÀNCIA A LA MINA EUREKA
Abellaïta	$\text{NaPb}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})$	hexagonal	blanc / incolor	molt rara
Aguilarita	$\text{Ag}_4\text{SeS}$	monoclínic	gris	rara
Albita-Anortita	$(\text{Ca},\text{Na})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	triclínic	blanc	comuna
Anatasa	$\text{TiO}_2$	tetragonal	negre blavós	rara
Andersonita	$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	trigonal	groc/verd	rara
Anglesita	$\text{PbSO}_4$	ortoròmbic	blanc	rara
Anilita	$\text{Cu}_7\text{S}_4$	ortoròmbic	blau/gris	molt rara
Ankerita	$\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	trigonal	marró clar	comuna
Annabergita	$\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	verd	rara
Annita-Flogopita	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	monoclínic	negre/marró	comuna
Antlerita	$\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$	ortoròmbic	verd	rara
Aragonita	$\text{CaCO}_3$	ortoròmbic	blanc/verd	rara
Argent natiu	$\text{Ag}$	cúbic	gris	molt rara
Arsenuranilita	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc llimona	rara
Atzurita	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	monoclínic	blau marí	rara
Autunita	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc	rara
Barita	$\text{BaSO}_4$	ortoròmbic	blanc	rara
Bayleyita	$\text{Mg}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	groc verdós	molt rara
Billietita	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc/taronja	molt rara
Bismut natiu	$\text{Bi}$	trigonal	gris vermellós	rara
Boltwoodita	$(\text{K},\text{Na})(\text{UO}_2)(\text{SiO}_3\text{OH}) \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	verd groguenc	molt rara
Bornita	$\text{Cu}_5\text{FeS}_4$	ortoròmbic	coure/porpra	comuna
Brochantita	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$	monoclínic	verd	rara
Calcantita	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	triclínic	blau elèctric	rara
Calcita	$\text{CaCO}_3$	trigonal	blanc/gris	comuna
Calcocita	$\text{Cu}_2\text{S}$	monoclínic	gris fosc	rara
Calcopirita	$\text{CuFeS}_2$	tetragonal	groc daurat	comuna
Carnotita	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	groc verdós	comuna
Cechita	$\text{PbFeVO}_4(\text{OH})$	ortoròmbic	negre	molt rara
Čejkaita	$\text{Na}_4(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3$	triclínic	groc pàlid	molt rara
Chenevixita	$\text{Cu}(\text{Fe},\text{Al})(\text{AsO}_4)(\text{OH})_2$	monoclínic	verd	molt rara
Clausthalita	$\text{PbSe}$	cúbic	gris plom	molt rara
Cobaltita	$\text{CoAsS}$	ortoròmbic	gris	rara
Coffinita	$(\text{U},\text{Th})(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_{4x}$	tetragonal	negre	comuna
Compreignacita	$\text{K}_2(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc	rara
Covellita	$\text{CuS}$	hexagonal	blau intens	rara
Cuprosklodowskita	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{SiO}_3\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	triclínic	verd herba	rara
Demesmaekerita	$\text{Pb}_2\text{Cu}_5(\text{UO}_2)_2(\text{SeO}_3)_6(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	triclínic	verd	molt rara
Devillina	$\text{CaCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	blau turquesa	rara
Digenita	$\text{Cu}_9\text{S}_5$	trigonal	gris	rara
Djurleïta	$\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$	monoclínic	gris	molt rara
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	trigonal	blanc/gris	comuna

ESPÈCIE	FÒRMULA	SISTEMA CRISTAL·LÍ	COLOR	ABUNDÀNCIA A LA MINA EUREKA
Epidota	$\text{Ca}_2\text{FeAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$	monoclínic	verd festuc	comuna
Eritrita	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	rosa pàl·lid	comuna
Esfalerita	$(\text{Zn},\text{Fe})\text{S}$	cúbic	marró/negre	rara
Fluorapatita	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	hexagonal	blanc	rara
Francevillita	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc/taronja	molt rara
Galena	$\text{PbS}$	cúbic	gris metàl·lic	molt rara
Gersdorffita	$\text{NiAsS}$	cúbic	gris	rara
Goethita	$\text{FeO}(\text{OH})$	ortoròmbic	marró/negre	comuna
Gordaita	$\text{NaZn}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	trigonal	incolor	molt rara
Guilleminita	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_3(\text{SeO}_3)_2(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc	molt rara
Guix	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	blanc	rara
Haynesita	$(\text{UO}_2)_3(\text{SeO}_3)_2(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc canari	molt rara
Heinrichita	$\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	groc verdós	molt rara
Hematites	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	trigonal	gris/vermell	comuna
Hidrozinçita	$\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$	monoclínic	blanc	rara
Johannita	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	triclínic	verd	molt rara
Kählerita	$\text{Fe}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	tetragonal	groc	molt rara
Ktenasita	$\text{Zn}(\text{Cu},\text{Zn})_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	blau/verd	molt rara
Langita	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	blau cel	rara
Lavendulana	$\text{NaCaCu}_5(\text{AsO}_4)_4\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	blau cel	rara
Lecoqita-(Y)	$\text{Na}_3\text{Y}(\text{CO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	hexagonal	blanc	molt rara
Liebigita	$\text{Ca}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	ortoròmbic	groc llimona	molt rara
Malaquita	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	monoclínic	verd fosc	molt rara
Metamunirita	$\text{NaVO}_3$	ortoròmbic	incolor	molt rara
Metatorbernitita	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	tetragonal	verd	comuna
Metazeunerita	$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	tetragonal	verd	comuna
Mimetita	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$	hexagonal	groc	molt rara
Monazita	$(\text{Ce},\text{La},\text{Nd},\text{Sm})(\text{PO}_4)$	monoclínic	marró	molt rara
Montroseïta	$(\text{V},\text{Fe})\text{O}(\text{OH})$	ortoròmbic	negre	molt rara
Moscovita	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	monoclínic	blanc/platejat	comuna
Natrouranospinita	$(\text{Na}_2,\text{Ca})(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	tetragonal	incolor/groc verdós	molt rara
Natrozippeïta	$\text{Na}_5(\text{UO}_2)_8(\text{SO}_4)_4\text{O}_5(\text{OH})_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	groc sofre	molt rara
Naumannita	$\text{Ag}_2\text{Se}$	ortoròmbic	gris/negre	molt rara
Olivenita	$\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$	monoclínic	verd oliva	rara
Òpal	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	amorf	blanc	rara
Ortoclasa	$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	monoclínic	blanc	comuna
Picrofarmacolita	$\text{Ca}_4\text{Mg}(\text{AsO}_4)_2(\text{HAsO}_4)_2 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$	triclínic	blanc	rara
Pirita	$\text{FeS}_2$	cúbic	blanc daurat	rara
Pirolusita	$\text{MnO}_2$	tetragonal	negre/marró	comuna
Posnjakita	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	monoclínic	blau	rara
Quars	$\text{SiO}_2$	trigonal	blanc/incolor	molt comuna
Ramsbeckita	$(\text{Cu},\text{Zn})_{15}(\text{SO}_4)_4(\text{OH})_{22} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	monoclínic	verd	molt rara

ESPÈCIE	FÒRMULA	SISTEMA CRISTAL·LÍ	COLOR	ABUNDÀNCIA A LA MINA EUREKA
Roscoelita	$K(V,Al)_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	monoclínic	verd/marró	molt comuna
Rútil	$TiO_2$	tetragonal	marró	rara
Sanrománita	$Na_2CaPb_3[CO_3]_5$	hexagonal	verd	molt rara
Schorl	$Na(Fe_3)Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_3(OH)$	trigonal	negre	molt rara
Schröckingerita	$NaCa_3(UO_2)(CO_3)_3(SO_4)F \cdot 10H_2O$	triclínic	verd clar	molt rara
Sengierita	$Cu_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 6H_2O$	monoclínic	verd	rara
Siderita	$FeCO_3$	trigonal	marró vermellós	comuna
Spionkopita	$Cu_{39}S_{28}$	trigonal	blau	molt rara
Tenorita	$CuO$	monoclínic	negre	molt rara
Tennantita-Tetraedrita	$Cu_6[Cu_4(Fe,Zn)_2(As,Sb)_4S_{13}]$	cúbic	gris fosc	rara
Thénardita	$Na_2SO_4$	ortoròmbic	blanc	rara
Torbernita	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 12H_2O$	tetragonal	verd herba	molt comuna
Trögerita	$(H_3O)(UO_2)(AsO_4) \cdot 3H_2O$	tetragonal	verd pàl·lid	molt rara
Tyuyamunita	$Ca(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 5-8H_2O$	ortoròmbic	groc llimona	comuna
Uraninita	$UO_2$	cúbic	negre	molt comuna
Uranofana-alfa	$Ca(UO_2)_2(SiO_3OH)_2 \cdot 5H_2O$	monoclínic	groc pàl·lid	comuna
Uranopilita	$(UO_2)_6(SO_4)O_2(OH)_6 \cdot 14H_2O$	monoclínic	groc	rara
Valentinita	$Sb_2SO_3$	ortoròmbic	blanc/incolor	molt rara
Vanadinita	$Pb_5(VO_4)_3Cl$	hexagonal	marró	molt rara
Vandendriesscheïta	$PbU_7O_{22} \cdot 12H_2O$	monoclínic	taronja/ambre	molt rara
Vanuralita	$Al(UO_2)_2(V_2O_9)(OH) \cdot 11H_2O$	monoclínic	groc canari	molt rara
Volborthita	$Cu_3(V_2O_7)(OH)_2 \cdot 2H_2O$	monoclínic	verd groguenc	rara
Weeksita	$K_2(UO_2)_2(Si_5O_{13}) \cdot 4H_2O$	ortoròmbic	groc	molt rara
Wittichenita	$Cu_3BiS_3$	ortoròmbic	gris plom	molt rara
Wulfenita	$Pb(MoO_4)$	tetragonal	taronja/groc	molt rara
Xenotima	$(Y,Yb)(PO_4)$	tetragonal	marró	molt rara
Yarrowita	$Cu_9S_8$	trigonal	blau/gris	rara
Zeunerita	$Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot 12H_2O$	tetragonal	verd	comuna
Zircó	$Zr(SiO_4)$	tetragonal	incolor/marró	rara

Taula 4.1. Llistat alfabètic dels minerals identificats a la mina Eureka. S'especifica la fórmula i el sistema cristal·lí de cada espècie així com el seu color característic i l'abundància al dipòsit Eureka. Font: Elaboració pròpia.



#### 4.2.1. Elements nadius

##### *Argent* Ag

L'argent o plata nativa és un mineral rar a la mina Eureka, però que es pot trobar en cristalls d'hàbit filiforme de mida inframil·limètrica. Apareix associat a cristalls de quars i es desenvolupa sobre altres minerals preexistents que es troben molt meteoritzats, com pot ser el cas de la tennantita, un mineral que pot contenir petites quantitats de plata i de la que, probablement, en resulta per la seva descomposició.

##### *Bismut* Bi

És l'element natiu més comú en el jaciment. Es troba formant petits cristalls de 10 micres de diàmetre, tot i que puntualment pot assolir mides superiors, de fins a 100 micres, on s'hi arriba a apreciar una lluïssor metàl·lica molt intensa i un color gris vermellós. En general, els grans d'aquest mineral són subidiomorfs i sovint es troben associats a sulfurs de coure, com la covellita.

#### 4.2.2. Sulfurs, selenurs i sulfosals

##### *Bornita* $Cu_5FeS_4$

Aquest mineral de coure és relativament abundant respecte d'altres sulfurs d'aquest metall. Es reconeix per tenir un color similar al del coure, però que sols es pot observar a les superfícies recentment fracturades, ja que tendeix a alterar-se fàcilment per a donar lloc a unes tonalitats irisades violàcies molt característiques (Fig. 4.1). La seva lluïssor és metàl·lica. Es presenta dispers en els gresos encaixants i forma cristalls allotriomorfs de



Figura 4.1. Cristall irisat de bornita sobre el qual creixen petits agregats aciculars de goethita (camp 1.3 mm).  
Fotografia de Jose A. Soldevilla.

mida mil·limètrica i, sovint, fracturada. També se n'ha trobat dins de vetes d'ankerita, on pot arribar a assolir 1 cm. En molts dels grans que s'han pogut descriure s'ha produït un reemplaçament per digenita, a través de les vores del gra i de fractures. En casos excepcionals, a les vetes, la bornita forma cristalls amb morfologies ben desenvolupades, on hi destaca la forma de la bipiràmide ròmbica. Normalment, però, forma pàtines sobre la calcopirita.

#### **Calcopirita** $\text{CuFeS}_2$

La calcopirita és un mineral relativament comú a la mina Eureka. El podem identificar com a petits grans al·lotriomorfs d'ordre mil·limètric d'un intens color groc daurat; tenen lluïssor metàl·lica. Es diferencia de la pirita per presentar un color groc més intens i ser més tova (la calcopirita es ratlla amb el ganivet i es produeix una ratlla pulverulenta de color verd groguenc olivaci). Pot estar dispersa als gresos encaixants o bé en petites vetes. Aquests cristalls es troben sovint associats a coures grises (tennantita i tetraedrita) i estan reemplaçats per bornita, calcocita, covellita i carbonats de coure, com ara la malaquita i l'atzurita.

#### **Calcocita** $\text{Cu}_2\text{S}$

És un mineral que es presenta en cristalls de gra molt fi (ordre mil·limètric). És de color gris fosc, amb lluïssor metàl·lica i sense exfoliació; la seva formació és relativament tardana i, generalment, es troba reemplaçant altres sulfurs de coure, com la calcopirita o la bornita.

#### **Clausthalita** $\text{PbSe}$

Els selenurs i, particularment, la clausthalita, són molt freqüents a la mina Eureka. La clausthalita apareix en forma de cristalls al·lotriomorfs aïllats de poques micres de diàmetre, de manera que és difícil de poder-la reconèixer en mostra de mà. En tot cas, és un mineral de lluïssor metàl·lica i color gris plom, amb exfoliació. Per les seves característiques podria confondre's amb la galena, un mineral molt més comú a la natura. Paradoxalment, a la mina Eureka és molt més comuna la clausthalita que la galena. La clausthalita pot aparèixer en vetes associada a tennantita o reemplaçant covellita i altres sulfurs de coure.

#### **Covellita** $\text{CuS}$

S'hi localitza com a cristalls subidiomorfs de color blau molt intens i lluïssor metàl·lica d'entre 20 i 100 micres de diàmetre, que reemplacen parcialment o completament cristalls de digenita. De manera més freqüent, es troba en forma de pàtines sobre altres minerals de coure, principalment bornita, tetraedrita i calcopirita.

### **Digenita** $\text{Cu}_9\text{S}_5$

Es tracta del sulfur de coure més abundant a la mina Eureka. S'hi reconeixen cristalls subidiomorfs d'hàbit equidimensional. És de color gris i lluïssor metàl·lica en mostra de mà. El seu diàmetre oscil·la entre 10 i 500  $\mu\text{m}$  i acostuma a presentar macles de morfologia laminar.

### **Galena** $\text{PbS}$

És un mineral poc abundant a la mina Eureka. Generalment, es localitza reomplint la part interna de vetes d'anckerita, i constitueix bandes massives que poden arribar a tenir fins a 2 mm d'amplada però que normalment són molt més fines. Apareix més rarament disseminada, com a ciment dels gresos encaixants de la mineralització. Es reconeix pel seu color gris metàl·lic i la seva exfoliació cúbica. Es pot trobar reemplaçada per bornita i altres sulfurs de coure, principalment digenita.

### **Gersdorffita** $\text{NiAsS}$ / **Cobaltita** $\text{CoAsS}$

Els minerals d'aquesta sèrie es troben entre les menes metàl·liques més comunes del dipòsit Eureka, tot i que solament han estat reconeguts al microscopi perquè tenen poques micres de diàmetre. D'aquesta manera, s'identifiquen cristalls d'ordre micromètric que reemplacen la pirita a través de les nombroses fractures que aquesta presenta. Tanmateix, és també molt freqüent que en la porositat es desenvolupin cristalls implantats idiomorfs, amb formes d'octaedre. Aquests cristalls poden presentar zonacions composicionals per canvis a les proporcions de níquel i cobalt.

### **Pirita** $\text{FeS}_2$

La pirita és un dels minerals més comuns i coneguts pel seu característic color daurat i la seva lluïssor metàl·lica. És un dels primers minerals en formar-se a la mina Eureka. Es troba en forma de cristalls idiomorfs d'hàbit equidimensional amb la típica forma cúbica, d'algunes desenes de micres de diàmetre, que poden arribar a formar agrupacions en forma de niu de dimensions molt més grans, de vegades d'ordre centimètric. Es reconeix pel seu color groc llautó, la manca d'exfoliació i la seva alta duresa, ja que el ganivet no la pot ratllar. Molt sovint es troba fracturada i reemplaçada parcialment o totalment per altres minerals metàl·lics i per goethita pulverulenta de color entre ocre i marronós.

### **Tennantita** $\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe},\text{Zn})_2]\text{As}_4\text{S}_{13}$ / **Tetraedrita** $\text{Cu}_6[\text{Cu}_4(\text{Fe},\text{Zn})_2]\text{Sb}_4\text{S}_{13}$

Els minerals de la sèrie tennantita-tetraedrita (també anomenats coures grisos) apareixen en diverses zones del dipòsit Eureka, i formen generalment grans de mida mil·limètrica dispersos en els gresos, però poden assolir 1 cm en algunes vetes. Es tracta de minerals de lluïssor metàl·lica, sense exfoliació i de color gris fosc. Acostumen a reemplaçar altres menes, principalment alguns sulfurs de coure, raó per la qual són típicament al·lotri-



morfs. Sovint estan zonats, i presenten composicions molt variables, més o menys riques en antimoni, arsènic, zinc, bismut i plata. De fet, alguns dels grans de coures grisos s'acostarien al terme extrem zincotennantita, cosa que és poc freqüent. A més, s'ha detectat que aquests cristalls incorporen proporcions comparativament molt elevades de bismut, cosa que tampoc acostuma a passar a les tetraedrites. Aquesta varietat és molt rara, i seria similar al que antigament es coneixia com a *annivita* (actualment, coneguda com a tetraedrita bismútica).

#### 4.2.3. Òxids i hidròxids

##### *Anatasa* $\text{TiO}_2$

Aquest òxid de titani es troba com a petits cristalls idiomorfs (entre 5-30 micres), de color negre i llüissor molt intensa, i mostra una morfologia bipiramidal molt característica. Es concentren principalment a les vores dels grans dels gresos encaixants del dipòsit.

##### *Billietita* $\text{Ba}(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6 \cdot 4-8\text{H}_2\text{O}$

És un mineral força rar. De fet, la mina Eureka és el primer jaciment on ha estat citada a Catalunya. La billietita apareix com a producte de l'alteració de la uraninita i ve associada a d'altres espècies minerals com la cuproskłodowska, la uranofana-alfa o la vandendriesscheïta. El més habitual és trobar-la en forma de cristalls tabulars de morfologia pseudo-hexagonal de color entre groc ambre, daurat i ataronjat. Els cristalls poden ser des de completament transparents a translúcids, amb les arestes de vegades parcialment dissoltes. Més rarament, aquest mineral pot formar cristalls aïllats idiomorfs que, a vegades, s'agreguen formant macles de repetició cíclica.

##### *Compreignacita* $\text{K}_2(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Aquesta espècie mineral està considerada com a molt rara a nivell mundial. La compreignacita és de color groc i presenta una característica llüissor sedosa, a més d'una fluorescència moderada de color groc en llum ultraviolada d'ona curta i lleugerament més intensa en ona llarga. Els exemplars trobats a la galeria superior de la mina Eureka tenen un aspecte pulverulent tot i que, en realitat, són cristalls subidiomorfs, de mida micromètrica i aspecte esferoïdal. A la galeria inferior de la mina també s'han trobat cristalls idiomorfs de morfologia hexagonal i hàbit laminar de fins a 0.04 mm. Aquests són de color groc llimona i llüissor nacrada i, tot sovint, es presenten aïllats, desenvolupats sobre boltwoodita.

##### *Uraninita* $\text{UO}_2$

La uraninita és el mineral d'urani més abundant a la mina Eureka i va ser el principal mineral que es va tenir en compte per avaluar l'explotació d'aquest metall a la Vall Fosca. Pot formar agregats massissos d'aspecte

bandejat o globular d'alguns mil·límetres d'amplada i llargada centimètrica, de color gris-negre i de lluïssor vellutada. La uraninita es troba associada a nivells de carbó, on en detall s'aprecia que forma morfologies en niu de petits grans arrodonits. També pot trobar-se reemplaçant la roscoelita. Sovint aquestes masses d'uraninita poden estar travessades per vetes de minerals secundaris d'urani.

***Vandendriesscheïta***  $\text{PbU}_7\text{O}_{22} \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Aquesta espècie és molt rara a la mina Eureka, però la podem trobar a l'interior de petites fissures en els gresos que encaixen la mineralització, juntament amb cuprosklodowskita i uranofana-alfa, que de vegades la recobreixen completament. També apareix en les venes de minerals secundaris associats a la uraninita acompanyant a billietita, amb la que sovint pot ser confosa. Presenta un color entre taronja, ambre i rogenc, mentre que la seva pols és de color groc palla. El mineral és opac, té una lluïssor vítrica i no manifesta fluorescència en ser exposada a la radiació ultraviolada. A simple vista sembla formar nòduls d'aparença ovoide però, en realitat, es tracta d'agregats de cristalls subidiomorfs de mida submil·limètrica de fins a 0.65 mm. Es troba també en forma de cristalls d'idiomorfs a subidiomorfs de fins a 0.12 mm, i formant agregats escamosos i intercremada amb malaquita i uranofana-alfa.

#### 4.2.4. Carbonats, nitrats i borats

***Abellaïta***  $\text{NaPb}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})$

L'abellaïta és una espècie extremadament rara, descrita per primera vegada a la mina Eureka. Degut a la seva importància científica, dedicarem el proper capítol exclusivament al seu descobriment. Tot i així, us avancem que l'abellaïta és un carbonat bàsic de plom i sodi, que cristal·litza com a eflorescències en les galeries de la mina Eureka. En detall, es veu que les eflorescències estan constituïdes per cristalls hexagonals d'hàbit laminar que rarament superen els 0.03 mm. És incolora o blanca i els seus cristalls, de lluïssor nacrada, són de transparents a translúcids i amb presència d'iridescències molt particulars. Es caracteritza per ser un mineral extremadament fràgil i friable, insoluble en aigua i que no presenta fluorescència. Està associada a d'altres espècies extremadament rares, com l'andersonita o la čejkaïta, de les quals tractarem seguidament.

***Andersonita***  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

L'andersonita és una rara espècie mineral, trobada a la mina Eureka per primera vegada a Catalunya. Aquest és un dels minerals de neoformació, en forma d'eflorescències, més abundants a les parets de les galeries de la mina. L'estudi d'aquest mineral ha posat de manifest la presència de tres generacions de cristalls. Una primera generació està representada per

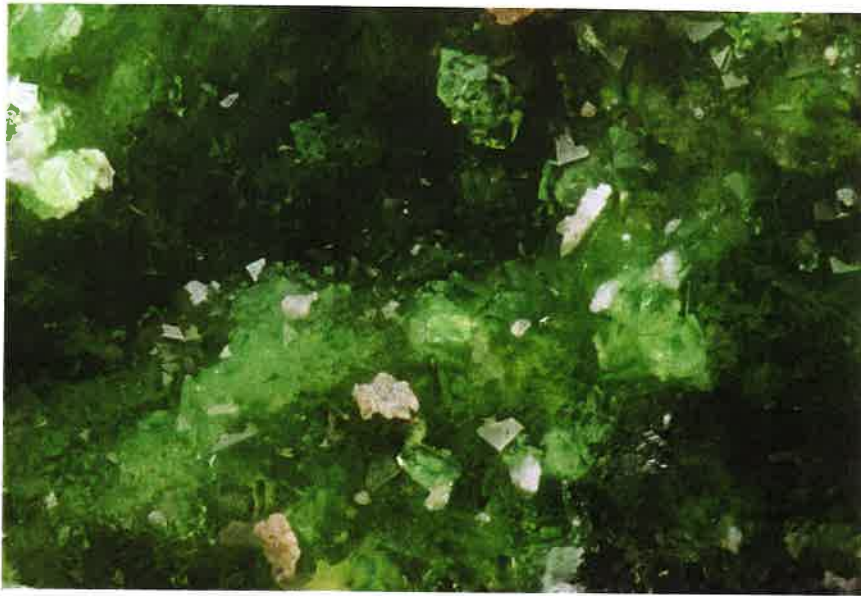


Figura 4.2. Drusa de cristalls d'andersonita d'un intens color verd i lluïssor vitrica (camp 1,2 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

cristalls idiomorfs d'un color verd molt intens. Una segona generació està formada per agregats criptocristal·lins d'aspecte globular d'un color verd festuc amb lluïssor de cera. La tercera generació és la més abundant i la que ens permet distingir cristalls tabulars idiomorfs agrupats en druses d'un color verd pàl·lid i lluïssor subadamantina (Fig. 4.2 i 4.3). Els cristalls individuals no solen superar els 0.5 mm. L'andersonita presenta una intensa fluorescència de color verd brillant en ser exposada a la radiació ultraviolada d'ona llarga, que és lleugerament més intensa sota llum ultraviolada d'ona curta. De fet, a l'interior de la galeria es pot gaudir d'un veritable espectacle, ja que les formacions d'andersonita a les seves parets són molt significatives i, degut a la fluorescència d'aquest mineral, utilitzant una làmpada de llum ultraviolada tota la paret mostra una intensa fluorescència verda de gran bellesa (Fig. 4.4). Cal remarcar, finalment, que aquest mineral és soluble en aigua i que ha estat trobat associat amb l'abellaïta, la čejkaïta i l'eritrita, entre d'altres espècies.

#### **Ankerita** $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$

Aquest mineral del grup dels carbonats es troba en forma de cristalls mil·limètrics d'hàbit romboèdric i un color marró clar molt característic, reomplint vetes encaixades en les roques detrítiques. Tanmateix, també pot formar part del ciment dels gresos. És el mineral no metàl·lic més comú, i va acompanyat per algunes menes de coure, com la calcopirita, la bornita o la tennantita-tetraedrita, entre d'altres. L'ankerita sovint s'altera a goethita, de gra molt fi, que es forma seguint els plans d'exfoliació de l'ankerita.



Figura 4.3. Cristall idiomòrfic d'andersonita en el qual s'aprecia la seva morfologia piramidal. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.

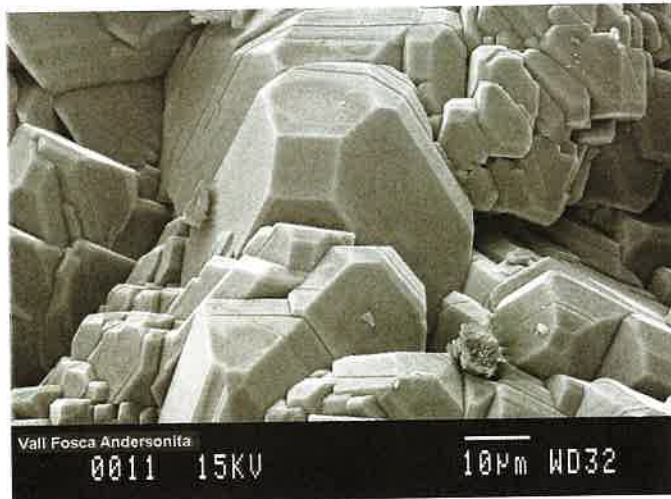


Figura 4.4. Aflorament d'andersonita a l'interior de la galeria de la mina Eureka. Comparativa entre la vista amb llum visible, on s'aprecia l'andersonita d'un color verd-groguenc característic (a dalt) i la mateixa vista de l'aflorament amb llum ultraviolada, on es pot apreciar la intensa fluorescència del mineral (a baix). Fotografies de Joan Abella.

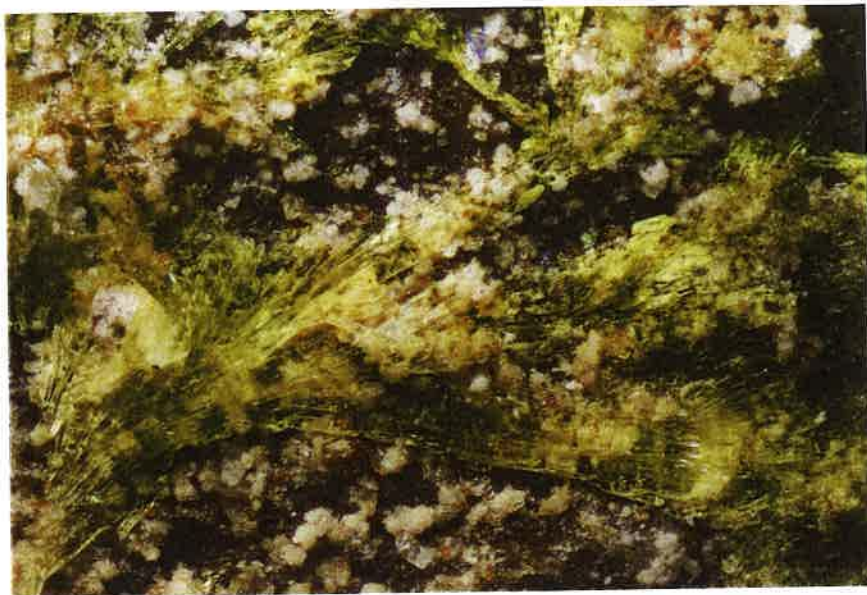


Figura 4.5. Agregat radial de cristalls tabulars de bayleyita d'un característic color groc (camp 4 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

**Bayleyita**  $Mg_2(UO_2)(CO_3)_3 \cdot 18H_2O$

Apareix en eflorescències, associada a la resta d'espècies de neoformació, sempre en cristalls idiomorfs d'hàbit prismàtic, tabular (Fig. 4.5) o acicular de fins a 1 mm i que sovint tendeixen a formar agregats radials. El color és groc, lleugerament verdós, però pot passar a blanc si el mineral està deshidratat. Presenta una fluorescència de dèbil a moderada de color verd en ser exposada a la radiació ultraviolada d'ona llarga, i moderada de color verd grogós sota llum ultraviolada d'ona curta. Típicament es troba associada a la liebigita.

**Čejkaïta**  $Na_4(UO_2)(CO_3)_3$

La mina Eureka va ser el segon jaciment a nivell mundial on va descriure's aquesta espècie mineral, després de ser descoberta a la mina Svornost de Jáchymov (Rep. Txeca) l'any 1997. De la mateixa manera que l'abellaïta i l'andersonita, a la qual es troba associada, s'ha desenvolupat a les parets i sostres de la mina Eureka com a producte de la percolació de les aigües meteòriques en contacte amb els minerals uranífers preexistents. Aquest mineral, davant un primer reconeixement a ull nu, es podria descriure com d'aspecte terrós, mat i de color groc. Un estudi més acurat utilitzant microscopi electrònic ens permet diferenciar uns agregats d'aspecte esfèroïdal, formats per cristalls micromètrics d'hàbit tabular i morfologia hexagonal amb les arestes arrodonides. Els agregats són de color groc sofre, amb lluïssor de cera, i presenten fluorescència dèbil de color verd groguenc, tant en ona curta com en ona llarga. També distingim una segona generació de cristalls idiomorfs de fins a 0.2 mm que formen agregats en drusa i que





Figura 4.6. Grup de cristalls piramidals de čejkaïta d'intensa coloració groga. Es troben associats a uraninita, que es distingeix pel seu color negre i fractura concoïdal (camp 1.3 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.



Figura 4.7. Grup de cristalls piramidals de čejkaïta (camp 1.2 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

poden presentar una disposició radial (Fig. 4.6 i 4.7). El color és de verd pàl·lid a lleugerament groguenc i, sovint, amb tonalitats verd oliva. Aquesta segona generació de cristalls acostuma a no presentar fluorescència.



**Liebigita**  $\text{Ca}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$

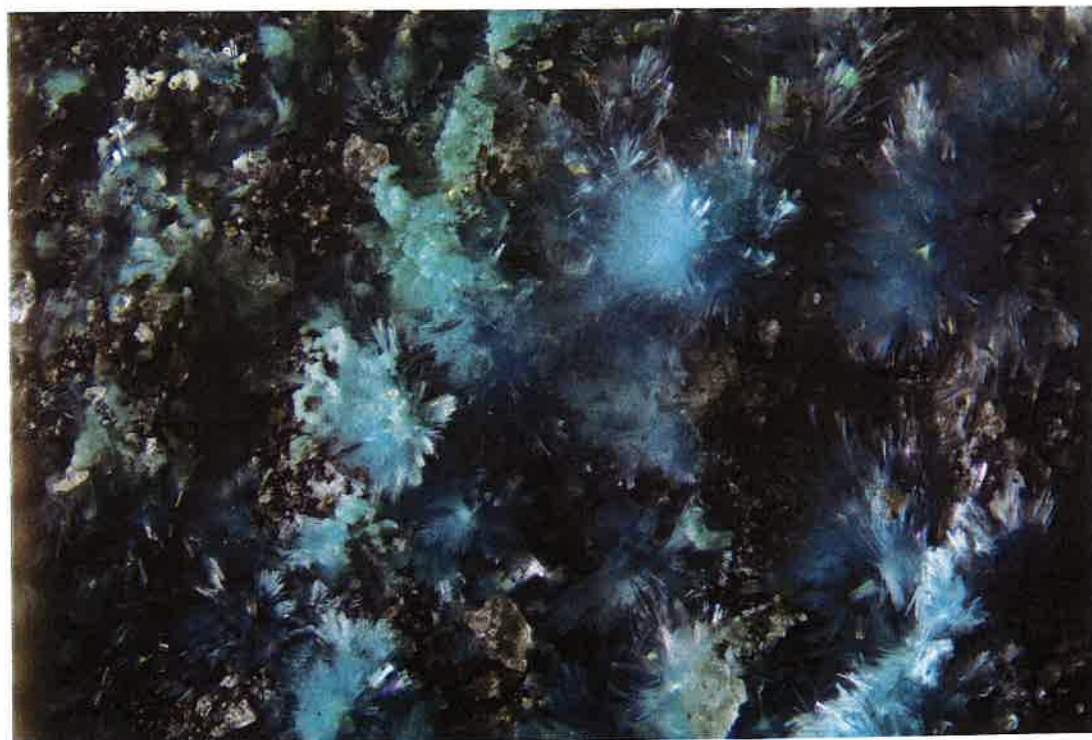
La liebigita és un mineral poc freqüent a les eflorescències de les galeries de la mina Eureka, on es presenta en forma de cristalls subidiomorfs d'hàbit prismàtic curt formant creixements paral·lels, tot i que també pot formar agregats botrioidals. Resulta molt difícil identificar-ne les formes cristal·lines; sovint les arestes estan arrodonides i les cares presenten figures de corrosió química. El color és groc llimona, lleugerament verdós, de llüissor resinosa i translúcid. Mostra una intensa fluorescència de color verd grogós tant en ser exposada a la radiació ultraviolada d'ona llarga com a la d'ona curta. Es troba associada a natrouranospinita i bayleyita i presenta moltes similituds amb l'andersonita, tot i que la liebigita és més verdosa i presenta una fluorescència més intensa i de tonalitat més blava.

**4.2.5. Sulfats, cromats i selenats**

**Devillina**  $\text{CaCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Apareix a les eflorescències de la mina Eureka, sempre en cristalls idiomorfs, d'hàbit laminar d'un color blau pàl·lid i amb certes tonalitats verdes de llüissor nacrada. També poden arribar a formar agregats radials de llüissor sedosa (Fig. 4.8). Es presenta associada a la gordaïta, natrozipeïta, guix, boltwoodita, aragonita, brochantita, natrouranospinita, lavendulana, eritrita, andersonita i calcopirita.

Figura 4.8. Agregats radials de cristalls aciculars de devillina de característic color blau cel (camp 1.2 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.



**Liebigita**  $\text{Ca}_2(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$

La liebigita és un mineral poc freqüent a les eflorescències de les galeries de la mina Eureka, on es presenta en forma de cristalls subidiomorfs d'hàbit prismàtic curt formant creixements paral·lels, tot i que també pot formar agregats botrioidals. Resulta molt difícil identificar-ne les formes cristal·lines; sovint les arestes estan arrodonides i les cares presenten figures de corrosió química. El color és groc llimona, lleugerament verdós, de lluïssor resinosa i translúcid. Mostra una intensa fluorescència de color verd grogós tant en ser exposada a la radiació ultraviolada d'ona llarga com a la d'ona curta. Es troba associada a natrouranospinita i bayleyita i presenta moltes similituds amb l'andersonita, tot i que la liebigita és més verdosa i presenta una fluorescència més intensa i de tonalitat més blava.

**4.2.5. Sulfats, cromats i selenats**

**Devillina**  $\text{CaCu}_4(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Apareix a les eflorescències de la mina Eureka, sempre en cristalls idiomorfs, d'hàbit laminar d'un color blau pàl·lid i amb certes tonalitats verdes de lluïssor nacrada. També poden arribar a formar agregats radials de lluïssor sedosa (Fig. 4.8). Es presenta associada a la gordaïta, natrozipeïta, guix, boltwoodita, aragonita, brochantita, natrouranospinita, lavendulana, eritrita, andersonita i calcopirita.

Figura 4.8. Agregats radials de cristalls aciculars de devillina de característic color blau cel (camp 1,2 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.



verd  
iesta



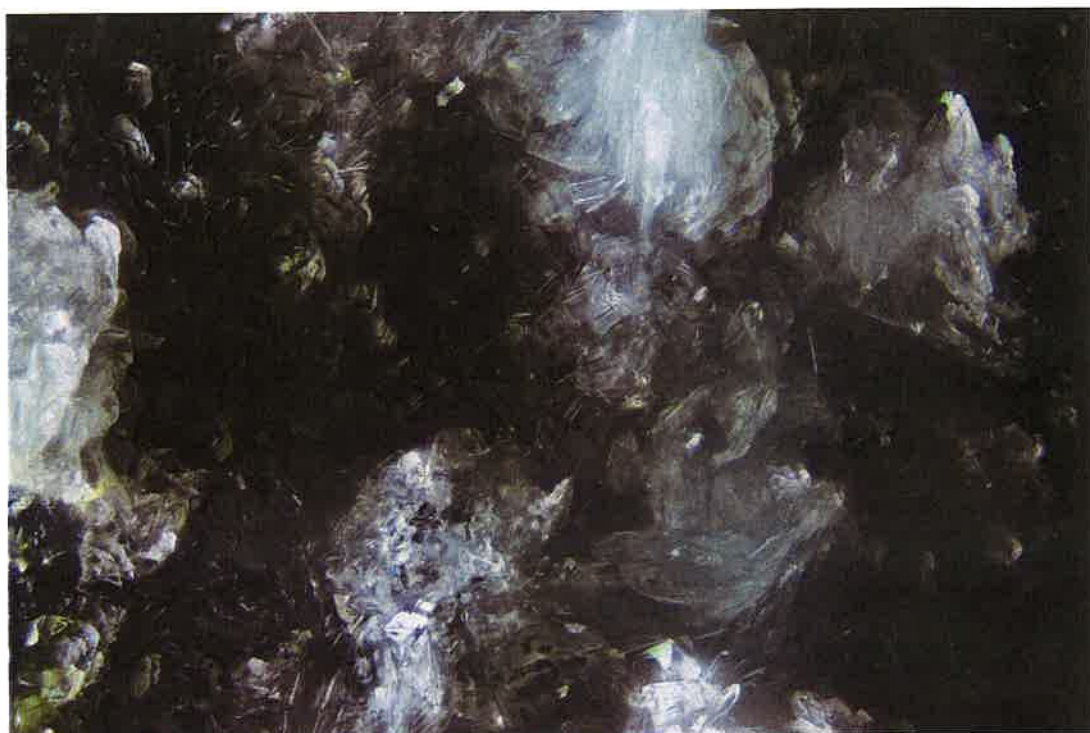


Figura 4.9. Drusa de cristalls laminars de gordaïta, incolor i de lluïssor nacrada (camp 0.7 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

**Gordaïta**  $\text{NaZn}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

La gordaïta apareix a les eflorèscències de les galeries de la mina Eureka, i en detall s'aprecien cristalls idiomorfs hexagonals d'hàbit laminar, la mida dels quals no supera els 0.25 mm (Fig. 4.9). A partir de les imatges obtingudes amb microscopi electrònic s'ha pogut discernir que aquests cristalls formen, en realitat, agregats paral·lels més complexos i també que s'agrupen en forma d'agregats en rosetes. El mineral sol ser incolor i transparent, tot i que també pot tenir tonalitats variades en rosa, blau, groc o verd pel fet de contenir impureses d'elements metàl·lics com el cobalt, el coure o l'urani, respectivament. Es troba associada a espècies com la devillina, la lavendulana, la brochantita, la malaquita, l'andersonita, l'aragonita i l'abellaïta, i en menor mesura a guix, čekjaïta i natrozipeïta.

**Haynesita**  $(\text{UO}_2)_3(\text{OH})_2(\text{SeO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Aquest selenit d'uranil és una altra espècie extremadament rara que trobem a la mina Eureka. Forma cristalls tabulars inferiors als 0.5 mm d'un color groc canari molt llampant. Sovint reemplaça la carnotita o forma vetes desenvolupades sobre roscoelita.

**Langita**  $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Apareix a les eflorèscències de les galeries de la mina Eureka, on forma agregats microcristal·lins d'aspecte pulverulent, de color blau cel pàl·lid, opacs i de lluïssor mat. La seva paragenèsi és amb natrouranospinita i





Figura 4.10. Eflorescències de langita desenvolupades sobre agregats de cristalls aciculars de natrozippeïta. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.



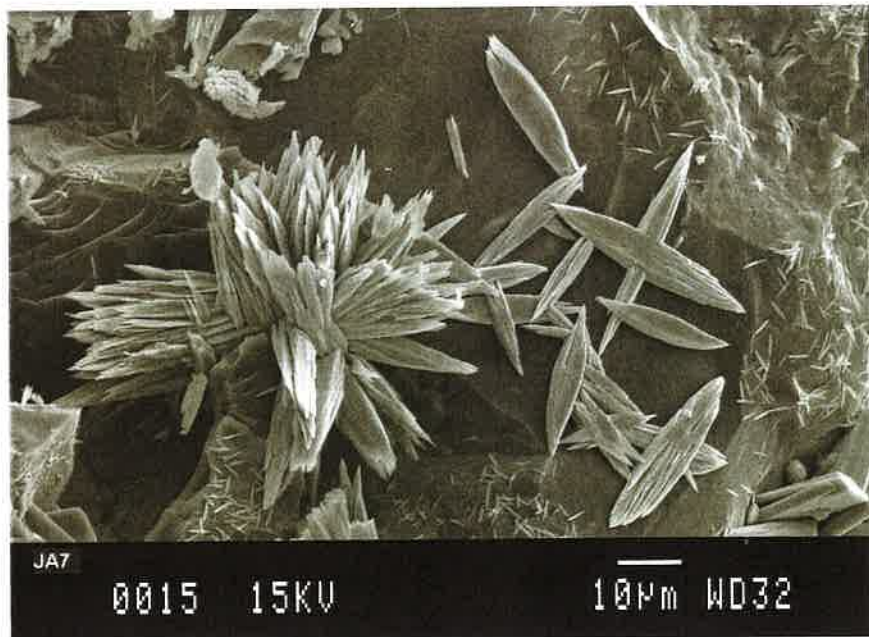
Figura 4.11. Agregats esfèrics radials de cristalls aciculars de natrozippeïta, d'un intens color groc canari (camp 0,7 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

natrozippeïta (Fig. 4.10), i també amb un altre sulfat bàsic de coure que no s'ha pogut determinar amb exactitud però que, molt probablement, es tracta de ramsbeckita.

**Natrozippeïta**  $\text{Na}_5(\text{UO}_2)_8(\text{SO}_4)_4\text{O}_5(\text{OH})_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

La natrozippeïta és un mineral molt rar, i que a Catalunya només es coneix a la mina Eureka on, de fet, també és una espècie molt poc freqüent. Es forma a les eflorescències de les parets i del sostre de la mina, on està asso-

Figura 4.12. Cristalls bipiramidals de natrozipeïta de característic hàbit acicular. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.



ciada a natrouranospinita i eritrita, amb les quals acostuma a formar creixements concèntrics al voltant de la uraninita. És de color groc sofre (Fig. 4.11) i de llússor vítrica, tot i que, de vegades, adquireix una tonalitat verdosa degut a trobar-se sobre una matriu fosca. És transparent, encara que degut a la tendència a formar agregats compactes quasi sempre es percep com a translúcida. Presenta fluorescència de color groc, intensa sota llum ultraviolada d'ona llarga i moderada en ona curta. Aquest mineral es presenta en cristalls idiomorfs d'hàbit acicular inferiors a 0.2 mm (Fig. 4.12).

**Schröckingerita**  $\text{NaCa}_3(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3(\text{SO}_4)\text{F} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

La schröckingerita es troba a les eflorescències de les galeries de la mina, cristal·litzada sobre l'andersonita i en ocasions directament sobre el gres. És un mineral molt escàs a la mina Eureka. Constitueix densos agregats formats per cristalls subidiomorfs d'hàbit laminar, similars als descrits a Příbram (República Txeca). També ha estat trobada en agregats menys densos d'aspecte globular, formats per cristalls hexagonals d'hàbit foliaci, similars als trobats a la mina Isola Grande (Murialto, Ligúria, Itàlia). Ambdós tipus d'agregats poden arribar als 0.45 mm i presenten un color verd clar amb llússor nacrada. Mostra una intensa fluorescència de color verd brillant en ser exposada a la llum ultraviolada d'ona llarga i lleugerament més intensa en ser exposada a la llum ultraviolada d'ona curta. La fluorescència de la schröckingerita és similar a la de l'andersonita, el que, afegit a la seva escassetat a la mina, la fan un mineral molt difícil de localitzar.



#### 4.2.6. Fosfats, arsenats i vanadats

**Arsenuranilita**  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_4(\text{AsO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

És una espècie molt rara, citada tant sols a mitja dotzena de jaciments d'arreu del món, i és la primera vegada que ha estat trobada a Catalunya. Es forma per l'alteració de la uraninita reblint petites fissures de longitud centimètrica i d'amplària mil·limètrica. És de color groc llimona i rarament algun exemplar mostra una lleugera tonalitat ataronjada. Els cristalls són translúcids i de lluïssor vítrica i presenten fluorescència dèbil de color groc ataronjat en ser exposada a la radiació ultraviolada d'ona llarga i lleugerament menor a la d'ona curta. Apareix associada a d'altres minerals d'urani, com la uranofana-alfa, la heinrichita i, ocasionalment, la zeunerita. El seu aspecte a ull nu és el d'una crosta, però observat mitjançant el microscopi electrònic s'evidencia que es tracta d'un dens agregat de cristalls molt petits (d'uns 0.08 mm) d'hàbit tabular i disposició escamosa (Fig. 4.13).

Figura 4.13: Agregats radials de cristalls aciculars d'arsenuranilita d'intens color groc (camp 0.7 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.



**Carnotita**  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

La carnotita és un altre mineral que es forma per l'oxidació de la uraninita i ja va ser descrit a la mina Eureka per Arribas (1966). Apareix de forma abundant amb una aparença terrosa, sovint substituint restes de fòssils vegetals amb uraninita, o en crostes de color groc verdós. També s'observa en agregats globulars formats per cristalls d'hàbit laminar (Fig. 4.14), que

poden arribar a mesurar 0.25 mm. També apareix en agregats radials en forma de llibre o en cristalls idiomorfs aïllats de mida micromètrica. El color dels cristalls és groc verdós, mentre que el color de la superfície dels agregats és més aviat groc ambre. Són cristalls translúcids i presenten una intensa lluïssor vítrica. En alguns agregats es pot observar un procés de sobrecreixement d'òxids de ferro d'aspecte col·loïdal, que va recobrir una primera etapa de cristalls de carnotita sobre els quals s'hi ha desenvolupat una segona generació.

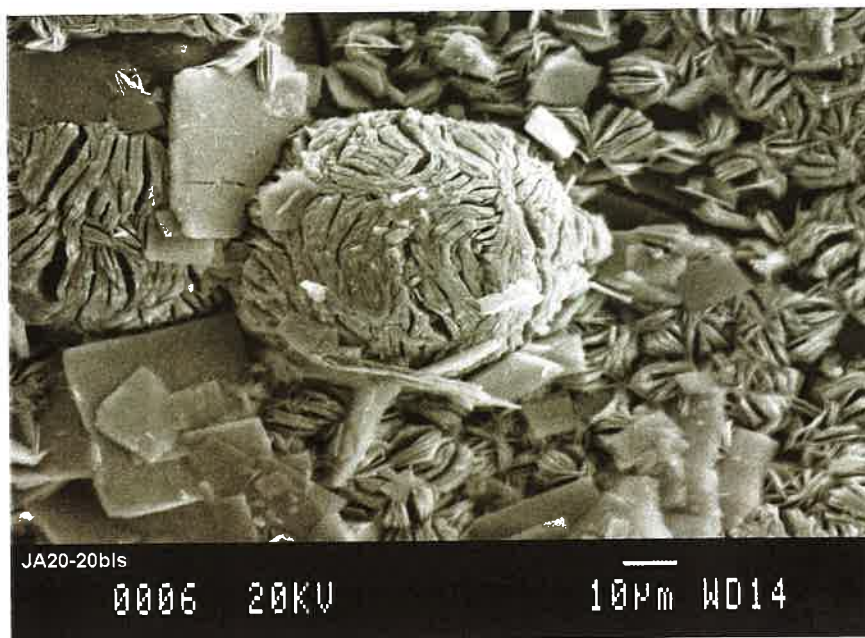


Figura 4.14. Agregats globulars de carnotita associats a cristalls tabulars de torbernite. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.

#### **Eritrita** $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

L'eritrita és un mineral relativament abundant a la mina Eureka i correspon a la fase de cobalt més fàcilment identificable al jaciment. Presenta, generalment, un aspecte pulverulent en forma de crostes i masses de color rosa pàl·lid molt característiques. Tot i així, en algunes mostres poden distingir-se cristalls d'hàbit tabular (Fig. 4.15) o en forma d'agregats radials de cristalls aciculars amb lluïssor sedosa (Fig. 4.16 i 4.17).

#### **Fluorapatita** $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$

La fluorapatita està dispersa al ciment dels gresos com a cristalls hexagonals d'hàbit prismàtic curt i acabament bipiramidal, d'aproximadament 0.1 mm de diàmetre. Els cristalls de fluorapatita ocupen posicions centrals en la porositat de les roques detrítiques. A més, ha estat identificat a l'interior de les galeries com una fase mineral de neoformació en forma de cristalls capil·lars, submil·limètrics de color blanc.





Figura 4.15. Cristalls tabulars d'eritrita d'intens color magenta. S'aprecia algun petit cristall de heinrichita de color mel (camp 0.7 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.



Figura 4.16. Agregat arborescent format per cristalls fibrosos d'eritrita associada a eflorescències de minerals d'urani (camp 1.3 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

**Francevillita**  $Ba(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 5H_2O$

Aquest és un mineral aparentment rar a la mina Eureka, però la seva semblança amb la tyuyamunita pot determinar confusions amb aquesta segona i que, en realitat, sigui més comú del que en un principi es pensava. Presenta una morfologia molt característica en forma de crostes compostes per agregats de cristalls d'hàbit tabular de fins a 0.1 mm. De vegades s'observen agregats en rosetes aïllades i fins i tot cristalls aïllats idiomorfs. Presenta un color groc canari i una lluisor vítrica intensa, el que pot ajudar a distingir-la de la tyuyamunita, de menor índex de refracció i lluisor més mat.

Figura 4.17. Agrupació esfèrica de cristalls fibrosos d'eritrita (camp 1,3 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.



**Heinrichita**  $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

És una espècie mineral de les considerades rares i és la primera vegada que ha estat citada a Catalunya. Tant és així que a la mateixa mina Eureka és un mineral escàs. La podem trobar reblint la porositat de les roques detrítiques, actuant com a ciment entre grans de quars o omplint petites fissures. Menys freqüent és trobar-la en cristalls tabulars idiomorfs aïllats (Fig. 4.18) d'un groc verdós pàl·lid que poden assolir uns 0.45 mm, o en forma d'agregats paral·lels o radials en forma de rosetes. La seva lluïssor és de vítrica a nacrada i els seus cristalls són més aviat translúcids. Presenta fluorescència molt intensa de color verd brillant tant en ser exposada a la radiació ultraviolada d'ona curta com d'ona llarga. Apareix associada a minerals com l'eritrita (Fig. 4.15), la zeunerita, la tyuyamunita i la trögerita.

**Lavendulana**  $\text{NaCaCu}_5(\text{AsO}_4)_4\text{Cl} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Forma densos agregats botrioidals de cristalls submilimètrics de fins a 0.02 mm de característic color blau cel, en diversos matisos, i de lluïssor cèria. Apareix en paragènesi amb l'eritrita i associada a natrozipeïta, guix, boltwoodita, devillina, brochantita, natrouranospinita, calcopirita, covellina i diversos òxids de ferro.

**Metamunirita**  $\text{NaVO}_3$

És una espècie mineral de les considerades molt poc freqüents i molt escassa a nivell mundial. En totes les mostres trobades, la metamunirita ha aparegut formant cristalls submilimètrics, subidiomorfs o rarament idiomorfs, d'hàbit capil·lar en forma d'agregats enfeltrats i de lluïssor sedosa (Fig. 4.24). També es pot presentar en cristalls d'hàbit prismàtic tabular, de fins a 1 mm. Sol ser incolora i translúcida, encara que és fàcil que presenti



coloracions groguenques, probablement, a causa d'inclusions de minerals d'urani. Alguns cristalls, potser alterats, són de color blanc i opacs. No presenta fluorescència en ser exposada a la radiació ultraviolada. És comú trobar-la associada a l'eritrita i a l'aragonita, espècie amb la qual es confon fàcilment, ja que presenta característiques similars.

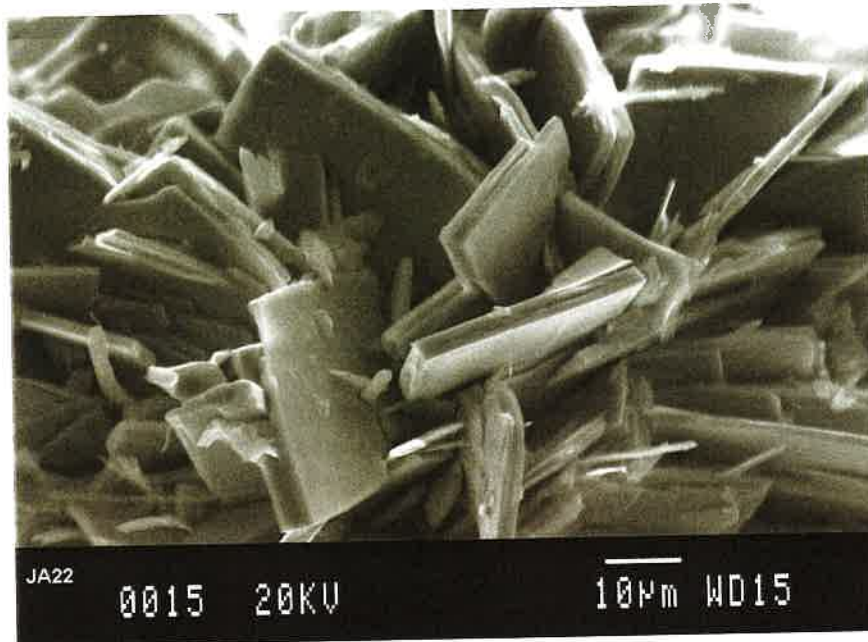


Figura 4.18. Drusa de cristalls tabulars de heinrichita de característica secció quadrada. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.

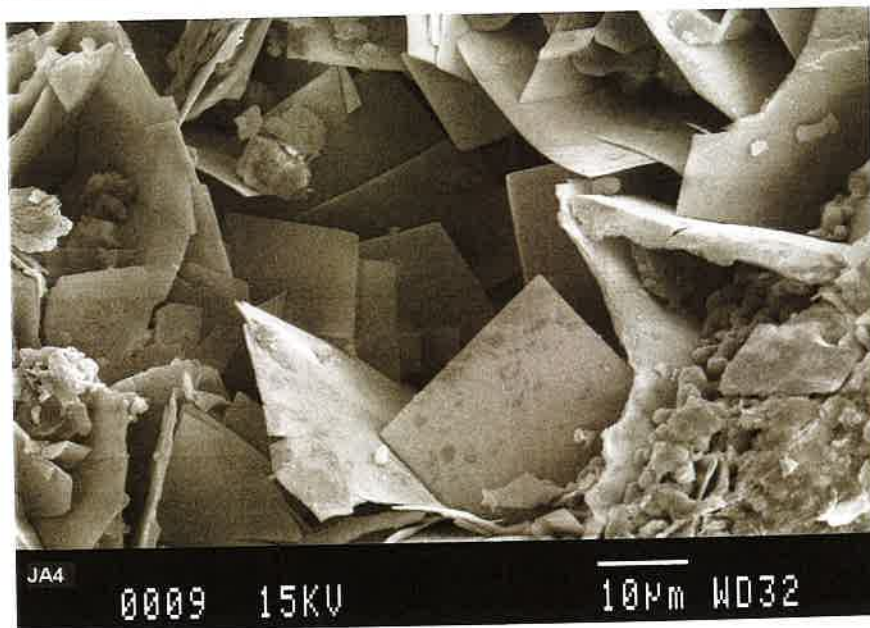
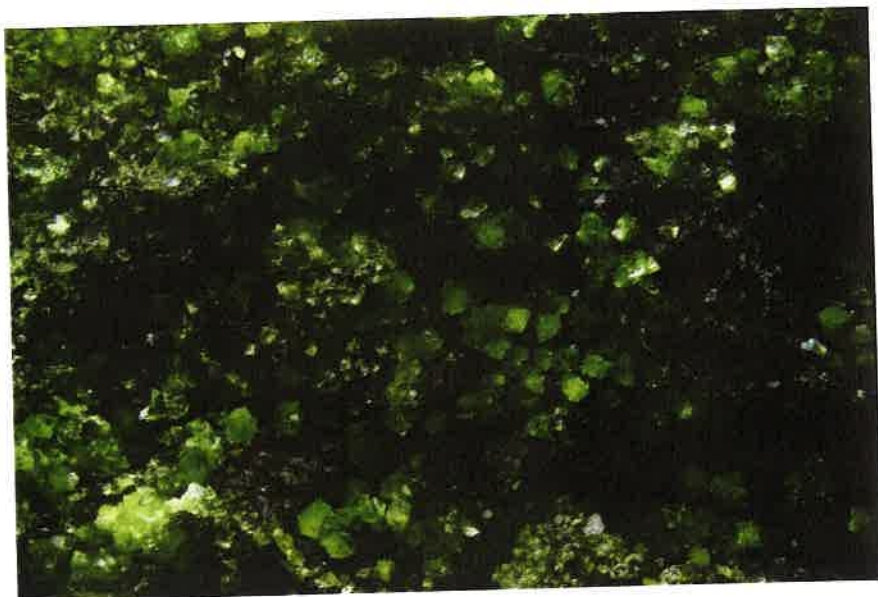


Figura 4.19. Cristalls de natrouranospinita de típic hàbit laminar. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.

Figura 4.20. Conjunt de cristalls individuals de sengierita de característica coloració verda (camp 0.7 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.



**Natrouranospinita**  $(\text{Na}_2, \text{Ca})(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Mineral dels considerats com a molt rars, el trobem a les eflorescències del sostre de la galeria de la mina Eureka, tot formant part dels nuclis d'alteració concèntrica que es formen al voltant dels petits nuclis lenticulars d'uraninita, juntament amb natrozipeïta o eritrita. El mineral forma agregats en forma de rosetes, compostes per cristalls d'hàbit laminar de fins a 0.3 mm (Fig. 4.19). També apareixen cristalls aïllats idiomorfs que poden ser biacabats d'hàbit laminar i de fins a 0.12 mm. Els cristalls aïllats solen ésser incoloros i transparents, i els agregats tenen color groc verdós molt pàl·lid i intensa lluïssor nacrada. En alguns exemplars podem distingir una generació de creixement prèvia a la descrita anteriorment, formada per agregats mats d'aspecte més o menys esferoïdal. La natrouranospinita mostra una fluorescència intensa i brillant de color groc verdós, més notòria en ona curta que en ona llarga. Tot i això, en alguns exemplars d'aquest mineral, sovint associats a la natrozipeïta i d'un color beix groguenc molt pàl·lid, no es detecta fluorescència. La natrouranospinita cristal·litza juntament amb la natrozipeïta, i la trobem associada a uraninita, eritrita i andersonita, que en ocasions hi cristal·litza a sobre, de forma posterior.

**Olivenita**  $\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$

L'olivenita és un arsenat que forma agregats esferulítics d'un color verd oliva característic (d'aquí el seu nom), amb lluïssor adamantina. També pot arribar a formar cristalls prismàtics de fins a 0.5 mm. Apareix associada a òpal, zeunerita i volborthita,



**Sengierita**  $\text{Cu}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

És també una espècie mineral de les considerades rares i va ésser descrita per primera vegada a la mina Eureka per Arribas (1966). El mineral es presenta, normalment, formant densos agregats en rosetes de cristalls d'hàbit laminar de fins a 0.15 mm, i també en creixements escamosos de cristalls d'hàbit hexagonal laminar. Més rarament es troben cristalls aïllats idiomorfs i biacabats, hexagonals i d'hàbit laminar que no solen superar els 0.07 mm. La sengierita destaca pel seu color verd brillant (Fig. 4.20), tot i que de vegades tendeix a un verd grogós, i per tenir una intensa lluïssor vítrica. Es troba associada a malaquita i torbernita, sobre les que sol cristal·litzar, i més rarament a billietita. Reemplaça la carnotita i la uraninita i, alhora, és reemplaçada per altres minerals secundaris de coure, com ara la brochantita o la chenevixita.

**Torbernita**  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

És una espècie mineral relativament freqüent a la mina Eureka. Apareix en la zona d'oxidació dels afloraments d'uraninita, sempre en cristalls agrupats, en les petites fissures de les roques detrítiques o bé en forma de cristalls aïllats bipiramidals de fins a 0.25 mm o laminars de fins a 1 mm que poden trobar-se associats a sengierita o carnotita (Fig. 4.21) d'hàbit bipiramidal o laminar que poden assolir 1 mm. Rarament es troben aïllats; sovint formen agregats paral·lels de cristalls apilats en forma de llibre. El color de tots aquests cristalls és verd herba, amb lluïssor nacrada, i són de transparents a translúcids.

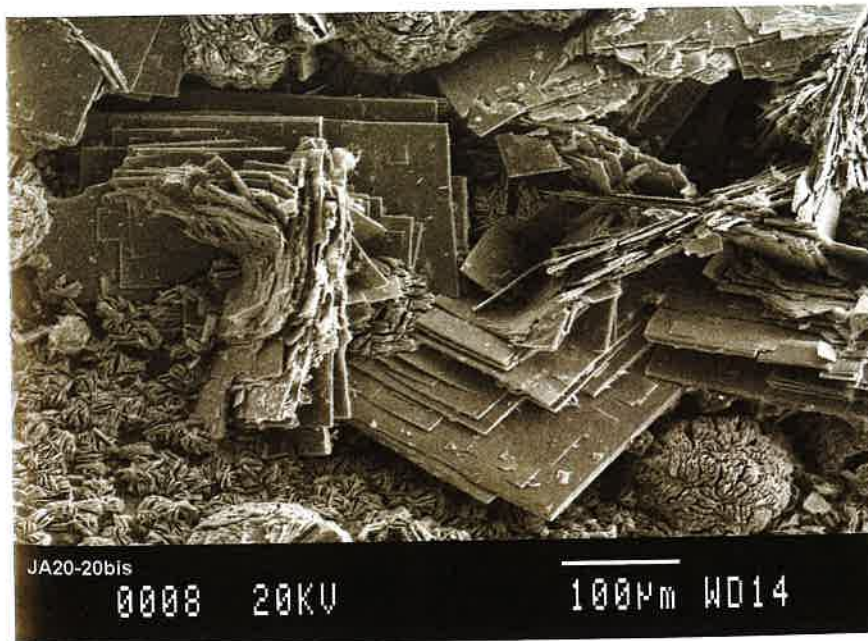


Figura 4.21. Agrupació paral·lela de cristalls laminars de torbernita associats a agregats globulars de carnotita de menor mida. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.

**Trögerita**  $(\text{H}_3\text{O})(\text{UO}_2)(\text{AsO}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

És una espècie mineral de les considerades molt rares a nivell mundial, i és també escassa al jaciment. Apareix cristal·litzada a l'interior de les petites fissures entre el gres, ocasionalment sobre agregats botrioïdals d'eritrita i també sobre cristalls de zeunerita. Per la seva transparència i color verd pàl·lid, els cristalls de trögerita poden passar desapercebuts. Els seus cristalls, idiomorfs o subidiomorfs, són d'hàbit laminar (Fig. 4.22) i rarament es troben aïllats. Poden assolir excepcionalment els 0.85 mm, encara que normalment no superen els 0.40 mm. Sovint s'agrupen com a agregats en drusa i en creixements paral·lels. Generalment, els cristalls són transparents i els agregats són translúcids. El color és groc verdós molt pàl·lid, d'intensa lluïssor de vítrica a nacrada. Alguns exemplars, tot i que no tots, presenten una dèbil fluorescència de color verd pàl·lid tant en ona llarga com en ona curta.

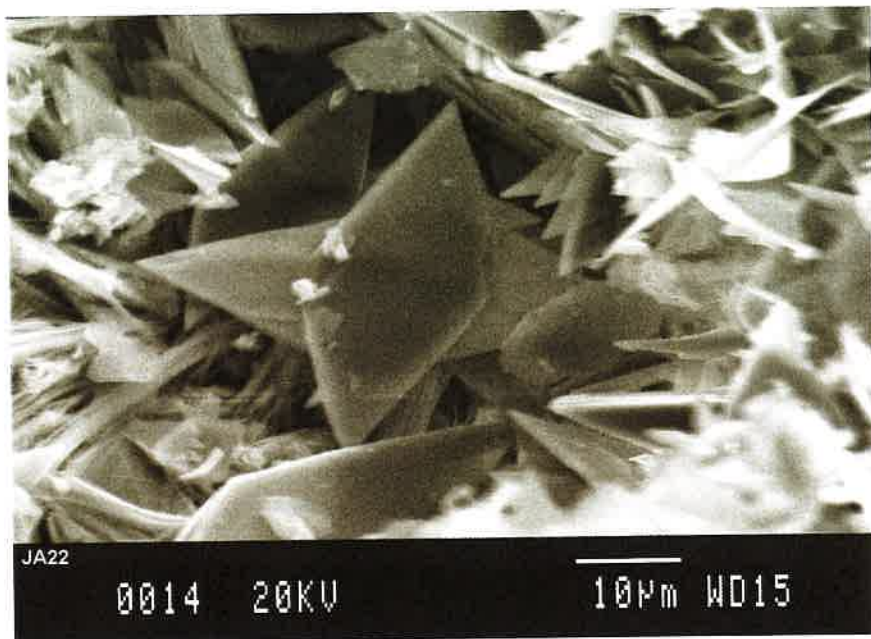


Figura 4.22. Agregat de cristalls de trögerita d'hàbit laminar. Imatge de SEM. Fotografia de Joan Viñals.

**Tyuyamunita**  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 5-8\text{H}_2\text{O}$

És un dels vanadats de formació més recent del jaciment, ja que apareix com a sobrecreixements sobre zeunerita. Està força estès dins del dipòsit de la mina Eureka i es troba habitualment en forma de petits cristalls d'hàbit tabular de mida de gra d'ordre micromètric d'un color groc limona molt característic.



**Vanuralita**  $\text{Al}(\text{UO}_2)_2(\text{V}_2\text{O}_8)(\text{OH}) \cdot 11\text{H}_2\text{O}$

Es tracta d'un vanadat molt poc abundant a la mineralització, i ha estat localitzat només puntualment com a creixements esferulítics compostos de cristalls tabulars de color groc canari de poques micres de radi que rebleixen porositats en zones on els minerals primaris han estat intensament reemplaçats.

**Volborthita**  $\text{Cu}_3(\text{V}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

És una espècie mineral de les considerades poc freqüents a la mina Eureka. Apareix com a resultat del procés d'alteració de la uraninita i forma petites fissures en el gres. Generalment, es troba en forma d'agregats microcristal·lins, encara que en ocasions substitueix altres minerals i presenta una característica textura fibroradiada, relict del mineral que ha pseudomorfitzat. Els agregats fibroradiats són de color verd grogós i mostren llüïssor cèria. De vegades, estan esquerdats i el seu aspecte és terrós i de llüïssor mat (probablement, a causa d'un procés de deshidratació). La volborthita també es presenta cristal·litzada, en forma de cristalls hexagonals, subidiomorfes i d'hàbit laminar de fins a 0.4 mm. Aquests presenten una coloració variable des d'un verd oliva a un verd groguenc intens, amb els nuclis generalment més foscos que les vores, d'un intens color verd festuc. Són translúcids i es disposen en forma d'agregats paral·lels o lleugerament divergents (en forma de llibre o roseta) de fins a 1 mm i d'intensa llüïssor nacrada molt característica. En alguns casos, també s'han trobat cristalls lenticulars subidiomorfes de morfologia complexa de fins a 0.3 mm, que solen formar agregats radiats d'aspecte esferoidal de fins a 1 mm de grandària, opacs i de color marró verdós molt fosc. Més rarament podem observar cristalls hexagonals d'hàbit tabular, idiomorfes, de fins a 0.2 mm. Aquests cristalls mostren una clara zonació concèntrica en la qual el nucli del cristall (al voltant del 50% del cristall) és opac i de color marró fosc, mentre que la vora és més transparent i d'un color verd oliva. De vegades s'observa una zona intermèdia de color més clar que l'exterior però, en aquest cas, translúcida. Aquests cristalls solen agrupar-se en forma d'agregats paral·lels i en rosetes. S'associen a la tyuyamunita, que en ocasions els recobreix completament, i a la volborthita, la malaquita, l'olivenita i la carnotita.

**Zeunerita**  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

És, amb diferència, el mineral supergènic d'urani més abundant a la mina Eureka. Es caracteritza per presentar-se en forma de cristalls tabulars molt ben desenvolupats de fins a 1 mm (Fig. 4.23). Sovint formen agregats paral·lels apilats perpendicularment i divergents en forma de roses de fins a 2 mm. Generalment, es troba en petites vetes, però també com a producte del reemplaçament d'uraninita i sulfurs de coure. Els cristalls, molt transparents, mostren un intens color verd lleugerament grogós amb una intensa llüïssor nacrada (Fig. 4.23). En els exemplars trobats a la intempèrie



Figura 4.23. Cristalls transparents de zeunerita d'hàbit tabular i típic color verd maragda (camp 1.3 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

s'observa un color verd lleugerament més pàl·lid, a causa de l'alteració en contacte amb els agents meteòrics. Probablement, aquests exemplars corresponen a una fase de transició cap al mineral metazeunerita, ja que a més no presenten fluorescència. La zeunerita es pot trobar associada a tenorita, arsenuranilita, tyuyamunita, heinrichita, trögerita, olivenita, brochantita, òpal, eritrita, atzurita i malaquita.

#### 4.2.7. Silicats

##### 4.2.7.1. Nesosilicats

##### **Boltwoodita** $(K,Na)(UO_2)(SiO_3OH) \cdot 1.5H_2O$

Apareix en cristalls idiomorfs aciculars de fins a 0.05 mm que es distribueixen en forma d'agregats radials i que donen lloc a una morfologia estrellada molt característica. Tot i així, presenten unes mides molt discretes, d'uns 0.2 mm, i en examinar-los a ull nu poden semblar crostes. El seu color és verd blanquinós amb lleugera tonalitat groguenca; els cristalls són translúcids i de llüïssor vítrica. És un mineral escàs, que no mostra fluorescència i que es troba a l'interior de les galeries associat a natrozippeïta, eritrita i compreignacita.



**Coffinita**  $(U,Th)(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$

La coffinita és un dels minerals que van ser avaluats per extreure urani durant el període d'activitat de la mina Eureka. A més d'urani, pot contenir quantitats significatives d'un altre element radioactiu, el tori (Th). Forma cristalls tabulars de color negre disposats en agregats radials que, sovint, ocupen les porositats en forma de geodes. Acostuma a anar associada a la uraninita.

**Cuprosklodowskita**  $Cu(UO_2)_2(SiO_3OH)_2 \cdot 6H_2O$

Es tracta també d'una espècie mineral rara a nivell mundial. A la mina Eureka la cuprosklodowskita apareix a la zona d'oxidació dels afloraments d'uraninita, a la que reemplaça, i també reblint petites fissures en el gres, en forma de venes d'aspecte massiu i de color verd herba i lluïssor sedosa. També pot formar agregats en forma estrellada molt estètics, compostos per cristalls de fins a 0.2 mm, d'hàbit capil·lar i disposats en feixos de manera radiada (Fig. 4. 25). No presenta fluorescència. Forma paragènesi amb uranofana-alfa, billietita, vandendriesscheïta, i també amb brochantita.

**Uranofana-alfa**  $Ca(UO_2)_2(SiO_3OH)_2 \cdot 5H_2O$

És una espècie mineral de les considerades poc freqüents a nivell mundial, encara que a la mina Eureka sigui, juntament amb la tyuyamunita i la carnotita, el mineral secundari més abundant. Es troba localitzada en la zona d'oxidació dels afloraments d'uraninita i forma part de l'aurèola de reacció química disposada més o menys concèntricament al voltant d'aquest mineral, juntament amb la billietita i la cuprosklodowskita. També es pot presentar reomplint estretes fissures de longitud centimètrica i d'amplària



Figura 4.24. Agregat de cristalls aciculars de metamunita de color blanc característic (camp 0.7 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

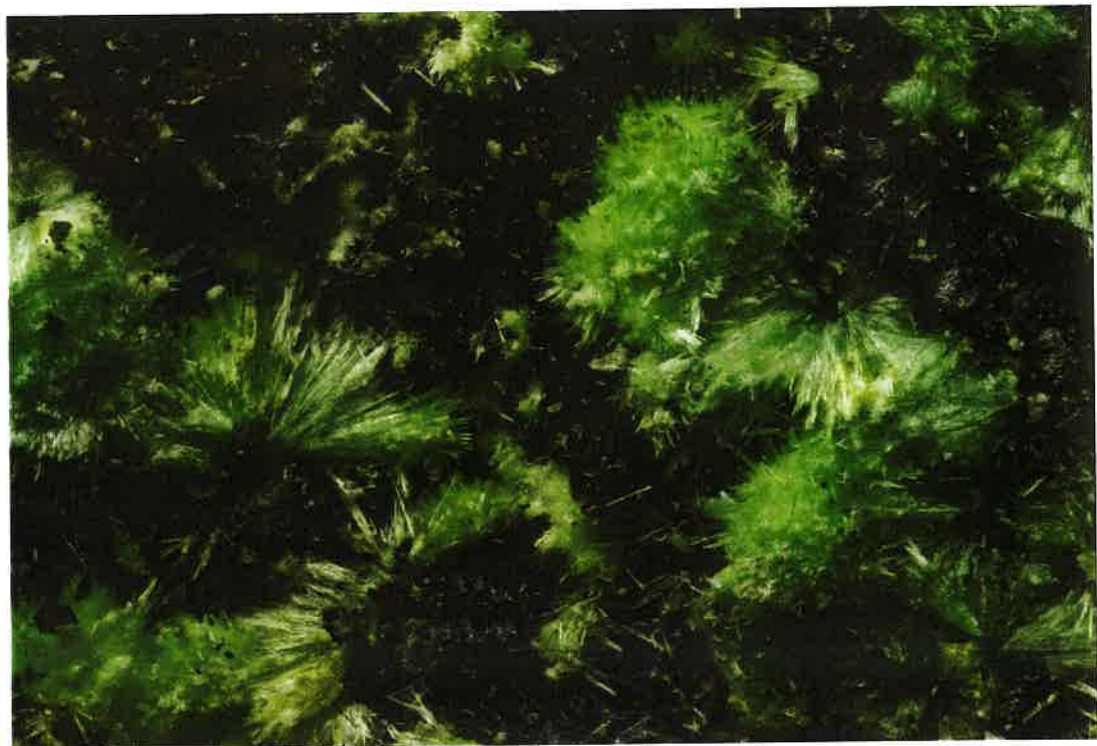


Figura 4.25. Entapissat de cristalls fibrosos de cuprosklodowskita sobre matriu d'òxids de ferro (camp 1.3 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

submil·limètrica. A ull nu el seu aspecte és el d'una crosta groc pàl·lid, però si l'observem amb la lupa binocular s'evidencia que, en realitat, està formada per un dens agregat de cristalls d'hàbit acicular i en disposició radial de fins a 0.1 mm (Fig. 26). El color és de groc pàl·lid a groc llimona, translúcid i de lluïssor de subvíttrica a sedosa. Presenta fluorescència moderada de color verd pàl·lid en ser exposada tant a la radiació ultraviolada d'ona curta com d'ona llarga. Forma paragènesi amb la cuprosklodowskita, la billietita, l'arsenuranilita, la vandendriesscheïta, la zeunerita, la malaquita i la brochantita, i reemplaça la uraninita.

#### 4.2.7.2. Fil·losilicats

##### **Flogopita-annita** $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Aquestes miques de color fosc, clàssicament conegudes com a biotites, apareixen a la mina Eureka poc freqüentment, sempre com a grans detrítics components dels gresos. Formen cristalls subidiomorfs inferiors a 1 mm, d'hàbit tabular amb color negre i lluïssor nacrada, sovint parcialment o totalment alterats a clorita verdosa.

##### **Moscovita** $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

La moscovita és un component important de la matriu dels gresos que encaixen la mineralització, on sovint arriba al 20% modal. S'hi aprecien, fins



i tot a ull nu, cristalls tabulars de morfologia pseudo-hexagonal i de menys de 2 mm de diàmetre, de color blanc i amb intensa llüïssor nacrada. Pot ser rica en vanadi. A la matriu dels gresos hi ha, a més, varietats criptocristal·lines (il·lites), també enriquides en vanadi.

**Roscoelita**  $K(V,Al)_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

Es tracta d'una mica de vanadi, molt abundant a la matriu dels gresos encaixants, on apareix en forma de cristalls tabulars o laminars de mida entre mil·limètrica i submil·limètrica, de color de lleugerament groguenc-platejat a verdós. Reemplça localment la moscovita de la matriu dels gresos. Sovint, es troba reemplaçada, al seu torn, per altres minerals de vanadi.

4.2.7.3. *Tectosilicats*

**Ortoclasa**  $K(AlSi_3O_8)$

Aquest feldspat es troba com a grans detrítics en els gresos encaixants de la mina Eureka, tot i que en proporcions molt més baixes que no pas les del quarz (inferiors al 5%). Els grans són de mida similar als del quarz, però més angulosos. Són de color blanc, on difícilment s'hi arriba a apreciar l'exfoliació. Tendeixen a estar alterats i, en aquest cas, a presentar un aspecte mat.



Figura 4.26. Agregats esfèrics radials d'uranofana-alfa de color groc palla característic associada a minerals d'alteració de coure, de color verd (camp 1.2 mm). Fotografia de Jose A. Soldevilla.

**Plagiòclasis:** *albita*  $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$  *anortita*  $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$

Grans d'aquests feldspats formen part també dels components detrítics dels gresos. Com en el cas anterior, les seves proporcions són més baixes que les del quarz (menys d'un 5%), i els seus grans tenen les vores anguloses. Acostumen a estar alterats i a presentar un color blanc groguenc de llüïssor mat.

**Quars**  $\text{SiO}_2$

És, amb diferència, el mineral predominant als gresos i els conglomerats encaixants de la mineralització d'urani, ja que constitueix entre un 60 i un 80% del total d'aquestes roques. En els gresos, els grans de quarz acostumen a tenir un diàmetre comprès entre 0.1 i 2 mm i, per tant, només es poden observar amb lupa (als conglomerats, alguns còdols sí que poden assolir una mida centimètrica). Tot i que en algunes mostres alguns dels grans presenten vores subanguloses, el més habitual és que siguin arrodonides degut a que van sofrir un perllongat transport en un medi fluvial. També s'ha trobat en cristalls idiomorfs en druses implantades sobre les parets d'algunes fissures del gres. Aquests cristalls, que rarament assoleixen el mil·límetre de llargada, es presenten amb el típic hàbit prismàtic, acabat per dos romboedres, incolor, de transparents a translúcids. Són clarament de formació més tardana que els anteriors grans de quarz.

### 4.3. Referències

ARRIBAS, A. "Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio. Los indicios cuprouraníferos en el Triás de los Pirineos Catalanes". *Estudios Geológicos* (1966), núm. 222, p. 31-45.

DANA, J.D.; GAINES, R.V.; SKINNER, H.C.W.; FOORD, E.E.; MASON, B.; ROSENZWEIG, A. *Dana's new mineralogy*. 8th ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 1997. ISBN 978-0471193104.

GARRIDO, J.L.; YBARRA, J.M. *Nomenclàtor de les espècies minerals*. Sant Feliu de Llobregat: Grup Mineralògic Català, 2010. DL B-38531-2010.

GROSS, E.B.; COREY, A.S.; MITCHELL, R.S.; WALENTA, K. "Heinrichite and metaheinrichite, hydrated barium uranyl arsenate minerals". *American Mineralogist*. Vol. 43 (1958), p. 1134-1143.