

Sulfats de ferro de la mina “El Feliz”, Cuevas del Almanzora, Almeria, Andalusia

José F. CASTRO

Amigos del Patrimonio Geominero Almeriense
Adra, Almeria
jfcastromedina@hotmail.com

Mario LÓPEZ

Amigos del Patrimonio Geominero Almeriense
Aguadulce, Almeria
tucco1967@gmail.com

Adolf CORTEL

Grup Mineralògic Català
Olesa de Montserrat, Barcelona
adolf.cortel@gmail.com

Josep A. SOLDEVILLA

Grup Mineralògic Català
Canyelles, Barcelona
jasoldevilla@gmail.com

RESUM

L'article descriu l'associació mineral trobada en la mina “El Feliz” (Cuevas del Almanzora, Almeria) així com els mètodes analítics utilitzats per al seu estudi. Mitjançant l'ús de microscopi petrogràfic de llum transmesa, SEM-EDS i espectroscòpia Raman s'han pogut identificar algunes espècies de sulfats de ferro: copiapita, metavoltina, römerita i rozenita. A més d'aquests minerals també s'han identificat sofre, farmacosiderita, calcantita, smithsonita, escorodita, cianotriquitina i pirrotina. Aquesta última és, probablement, el sulfur primari a partir del qual s'han generat els sulfats de ferro secundaris esmentats anteriorment. Les anàlisis de SEM-EDS revelen un dèficit important en el contingut de sodi i potassi de la metavoltina que suggereix que aquests elements estarien parcialment substituïts per l'ió hidròni.

PALABRAS CLAVE

Mina El Feliz, Cuevas del Almanzora, Almeria, sulfats de ferro, copiapita, metavoltina, römerita, rozenita, pirrotina.

ABSTRACT

The present article describes the mineral association from the El Feliz mine (Cuevas del Almanzora, Almeria). Several species of iron sulphates such as copiapite, metavoltine, römerite and rozenite have been identified using petrographic microscope of transmitted light, SEM-EDS and Raman spectroscopy. Other mineral species found in this locality are sulphur, farmacosiderite, chalcantite, smithsonite, scorodite, cyanotrichite and pyrrhotite. The latter is considered as the primary sulphide that generated the mentioned secondary sulphates. The analyses of SEM-EDS show lower contents of sodium and potassium in metavoltine, suggesting that these elements would be partially replaced by hydronium ion.

KEYWORDS

El Feliz mine, Cuevas del Almanzora, Almería, iron sulphates, copiapite, metavoltine, römerite, rozenite, pyrrhotite.

CASTRO, José F.; CORTEL, Adolf; LÓPEZ, Mario; SOLDEVILLA, Josep A. (2020): “Sulfats de ferro de la mina ‘El Feliz’, Cuevas del Almanzora, Almeria, Andalusia”. *Mineralogistes de Catalunya* (2020-1), vol. 13, núm. 3, pp. 43-47.

Introducció

El propòsit d'aquest article és discutir la troballa i identificació de diversos sulfats de ferro en la mina “El Felici”. Les anàlisis preliminars d'aquests minerals mitjançant LIBS (*laser-induced breakdown spectroscopy*) i l'assaig de l'hépar van indicar que es tractava de sulfats de ferro.

Mitjançant tècniques espectroscòpiques més potents (Raman, SEM-EDS), complementades en alguns casos amb l'observació de les propietats òptiques de grans dels minerals en un microscopi petrogràfic, s'han pogut identificar copiapita, metavoltina, römerita i rozenita. A més d'aquests sulfats, s'han identificat mitjançant es-

pectroscòpia Raman: sofre, calcantita, escorodita, farmacosiderita i smithsonita. També s'ha trobat cianotriquitina, que s'ha identificat a partir de les seves propietats òptiques, en particular el seu intens pleocroisme.

Els sulfats s'han originat, amb molta probabilitat, a partir de l'alteració de la pirrotina, caracteritzada amb SEM-EDS i present en el substrat de moltes de les mostres.

Ubicació

La mina “El Feliz” està situada en el barranc del Acebuche Quemado ([figura 1](#)), molt a prop de Cala Panizo, en el municipi de Cuevas del Almanzora (Almeria).



Figura 1. Vista exterior de la mina “El Feliz”, en el barranc del Acebuche Quemado. Foto: José F. Castro.



Figura 2. “Sala dels sulfats”. El mineral groc que s’observa és copiapita; el blau és calcantita. Foto: José F. Castro.

Els membres del grup APGA (Amigos del Patrimonio Geominero Almeriense) van dur a terme la seva localització i exploració amb l’ajuda de Francisco Mulero, de Cuevas del Almanzora, acreditat expert en la mineria de Sierra Almagrera.

Els sulfats de ferro apareixen especialment en el que els membres del grup van denominar “sala dels sulfats”, d’uns 5 metres quadrats, al final de la mina (figura 2). Solament es va poder accedir a aquesta sala durant relativament poc temps perquè l’aire conté diòxid de sofre.

Sulfats determinats

Aquí detallem només els quatre sulfats que creiem més interessants: copiapita, metavoltina, römerita i rozenita.

En la taula de la figura 3 apareixen els resultats de l’anàlisi SEM-EDS d’aquests sulfats.

Copiapita, $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$

Es presenta com a agregats de petits cristalls de color groc clar (figures 4 i 5), l’espectre Raman dels quals coincideix amb el de la copiapita (figura 6).

Figura 3. Anàlisi SEM-EDS. Els percentatges atòmics es consideren únicament per als elements que apareixen a la taula. A la fórmula analítica de copiapita y metavoltina no s’han calculat els anions estranys (OH, O). Taula: Adolf Cortel.

	Percentatges atòmics							Fórmules	
	K	Na	Fe	Co	Cu	S	Total	Analítica	Teòrica
Copiapita			43,9		4,6	51,5	100	$(\text{Fe,Cu})_{5,6}(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
Metavoltina	8,4	10,2	25,7	2,4		53,5	100	$\text{K}_{1,4}\text{Na}_{2,3}(\text{Fe,Co})_{6,3}(\text{SO}_4)_{12}\text{O}_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{Na}_6\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_6(\text{SO}_4)_{12}\text{O}_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
Römerita	0,9		38,1			61,0	100	$\text{K}_{0,06}\text{Fe}_{2,5}(\text{SO}_4)_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
Rozenita			39,1		7,5	53,4	100	$(\text{Fe,Cu})_{0,9}(\text{SO}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}^{2+}(\text{SO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

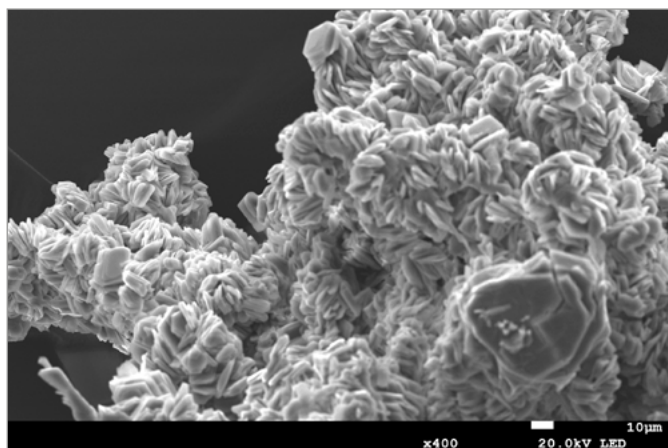


Figura 4. Imatge SEM de la copiapita.
Col·lecció: José F. Castro; foto: Adolf Cortel.

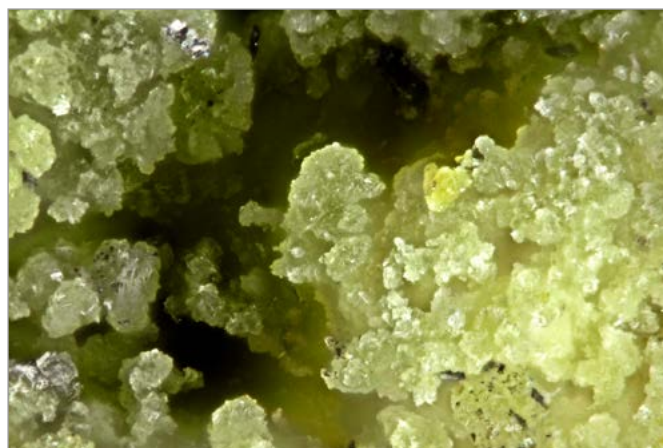


Figura 5. Eflorescències de copiapita de la mina "El Feliz".
C.V. 0,85 mm. Col·lecció: José F. Castro; foto: Josep A. Soldevilla.

L'anàlisi SEM-EDS va revelar la presència de ferro i sofre, amb una petita proporció de coure.

En el microscopi petrogràfic es va observar que un dels índexs de refracció dels cristalls és molt proper a 1,53, la seva birefringència és alta i hi ha pleocroisme feble groc pàl·lid-incolor, tot això compatible amb la copiapita.

El contingut de coure és massa baix perquè pugui considerar-se cuprocopiapita.

Metavoltina, $K_2Na_6Fe^{2+}Fe^{3+}_6(SO_4)_{12}O_2 \cdot 18H_2O$

Apareix com a crostes formades per petites làmines apilades, brillants i de color groc (figura 7).

La imatge SEM mostra el feble empaquetament de les làmines hexagonals, d'unes 10 micres d'aresta (figura 8). L'atracció entre aquestes làmines és tan feble que se separen completament unes de les altres en submergir-les en un líquid d'immersió en el microscopi.

La composició, així com la simetria de les làmines i la mesura de l'índex de refracció (1,59 per a la llum vibrant en el plànol de les làmines), van suggerir que podia tractar-se de metavoltina. La identificació es va confirmar mitjançant espectroscòpia Raman.

L'anàlisi SEM-EDS indica que el contingut de sodi i potassi és sensiblement menor al que correspon segons la fórmula de la metavoltina (figura 3). En revisar la bibliografia referent a aquest mineral vam poder comprovar que ja s'han esmentat altres casos en els quals hi ha un dèficit de metalls alcalins, que coincideix amb un contingut d'aigua major de l'esperat. En els seus estudis exhaustius de la metavoltina, Scordari va justificar aquestes observacions considerant que l'ió hidròni H_3O^+ es troba substituïnt parcialment els ions sodi i potassi (Scordari *et al.*, 1975, 1977, 1994). La diferència en els senyals dels espectres Raman que s'observa a la regió entre 2900 i 3400 cm^{-1} podria avalar aquesta suposició (figura 9).

Römerita, $Fe^{2+}Fe^{3+}_2(SO_4)_4 \cdot 14H_2O$

La römerita es presenta com a cristalls transparents mil·limètrics de color marró clar (figura 10).

El seu espectre Raman coincideix amb el de la römerita (figura 11) i les propietats òptiques que s'han pogut determinar: menor índex de refracció coincident amb 1,53, figura d'interferència corresponent

Figura 6. Espectre Raman de la copiapita (532 nm).
Font: Adolf Cortel i projecte RRUFF (rruff.info).

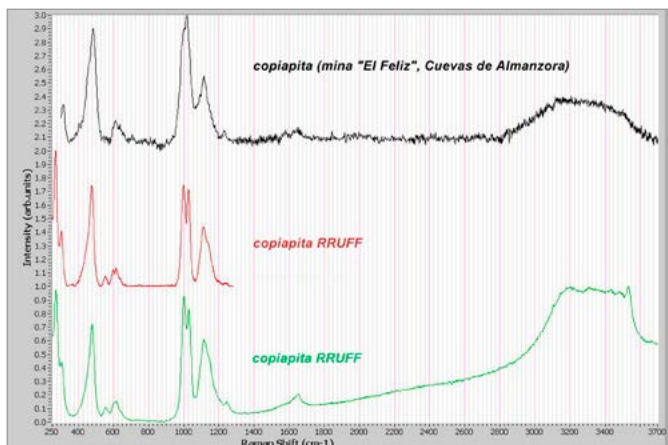


Figura 7. Metavoltina de la mina "El Feliz". C.V. 1 mm.
Col·lecció: José F. Castro; foto: Josep A. Soldevilla.



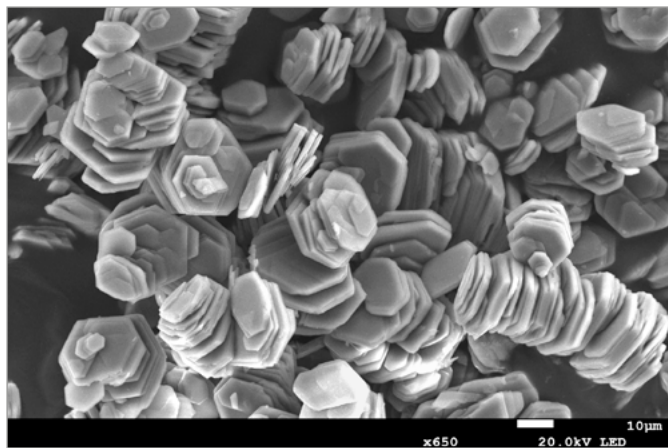


Figura 8. Imatge SEM de la metavoltina.
Col·lecció: José F. Castro; foto: Adolf Cortel.

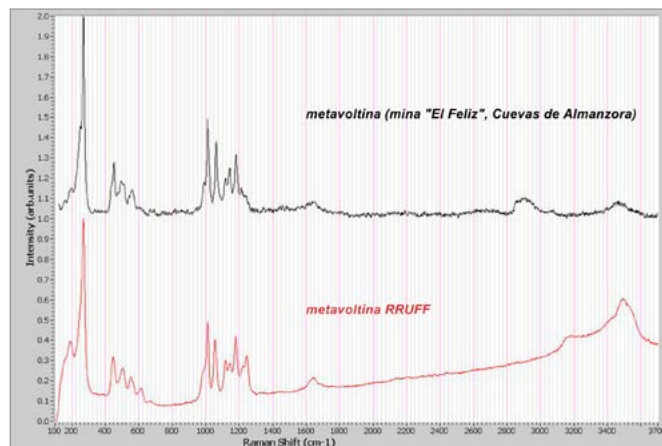


Figura 9. Espectre Raman de la metavoltina (532 nm).
Font: Tariq Jawhari (CCiTUB) i projecte RRUFF (ruff.info).

a un mineral biàxic (pràcticament uniàxic) negatiu i pleocroisme marró clar-incolor, són compatibles amb les d'aquest mineral.

Rozenita, $\text{Fe}^{2+}(\text{SO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

El mineral es presenta com a eflorescències blanques formades per microcristalls (figura 10). En el

SEM s'observen agregats de cristalls arrodonits, sense cares definides, d'unes 5 micres (figura 12).

En la recerca de l'espectre Raman a la base de dades RRUFF es van obtenir dues coincidències (figura 13): amb la rozenita i amb la szomolnokita, $\text{Fe}^{2+}(\text{SO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$. Malgrat la millor coincidència amb l'espectre d'aquest últim mineral, especialment a la regió de les vibra-

Figura 10. Cristalls de rozenita de la mina "El Feliz". Les eflorescències blanques són rozenita. C.V. 1,5 mm.
Col·lecció: José F. Castro; foto: Josep. A. Soldevilla.



cions OH (entre 3.000 i 3.600 cm^{-1}), les propietats òptiques observades en el microscopi petrogràfic descarten que es tracti de szomolnokita: d'una banda, l'índex de refracció que s'ha pogut mesurar (proper a 1,52) és sensiblement inferior als d'aquest mineral (compresos entre 1,59 i 1,66) i la birefringència que s'observa és molt baixa, tal com correspon a la rozenita, però no a la szomolnokita.

S'ha comprovat que els quatre sulfats descrits són paramagnètics. Els fragments petits són atrets feblement per un imant potent; no obstant això, l'atracció és menor en la rozenita, que solament conté Fe^{2+} , que en els altres sulfats, els quals també contenen Fe^{3+} , més paramagnètic.

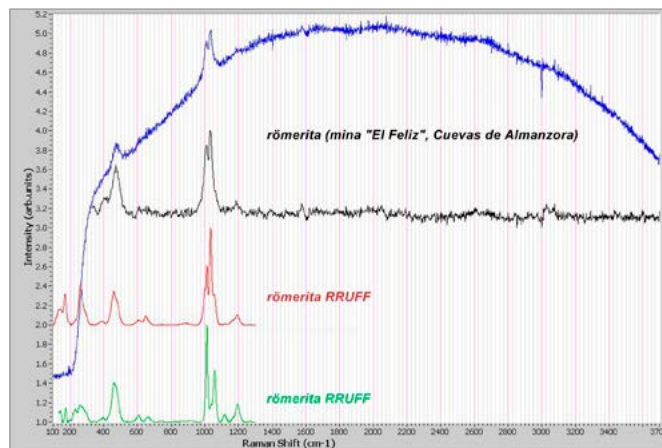


Figura 11. Espectre Raman de la röhmerita (532 nm).
Font: Adolf Cortel i projecte RRUFF (ruff.info).

Agraïments

Agraïm a tots els membres del grup APGA (Amigos del Patrimonio Geominero Almeriense) la seva infatigable labor en l'exploració i estudi de les mines d'aquesta província. La localització de la mina "El Feliz" va ser possible gràcies a l'ajuda de Francisco Mulero, gran coneixedor de la mineria de Sierra Almagrera. Agraïm també a Jesús Franquesa Baucells, que ha visitat la mina, els seus comentaris.

Les anàlisis SEM-EDS i l'espectre Raman de la metavoltina s'han realitzat en els Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB), gràcies al conveni del Grup Mineralògic Català amb la UB, per gentilesa del Dr. Antoni Roca. Agraïm al Dr. Tariq Jawhari la realització de l'espectre Raman de la metavoltina.

Referències

- SCORDARI, F.; YURRO, F.; MENCHETTI, S. (1975). "The metavoltine problem: relationship between metavoltine and Maus' salt". *Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen*; vol. 22, pp. 88-97.
- SCORDARI F. (1977): "The metavoltine problem: metavoltine from Madeni Zakh and Chuquicamata and a related artificial compound". *Mineralogical Magazine*; vol. 41, pp. 371-374.
- SCORDARI, F.; STASI, F.; SCHINGARO, I.; COMUNALE, G. (1994): "A survey of $(\text{Na}, \text{H}_3\text{O}^+, \text{K})_5 \text{Fe}_3 \text{O}(\text{SO}_4)_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ compounds: architectural principles and influence of the Na-K replacement on their structures". *Zeitschrift für Kristallographie*; vol. 209, pp. 733-737.
- Web del projecte RRUFF: espectres Raman [consulta: gener 2020]. Disponible a <<https://ruff.info/>>.

DATA RECEPCIÓ: 11-03-20. DATA ACCEPTACIÓ: 13-03-20. DATA INICI EDICIÓ: 08-04-20.

Figura 12. Imatge SEM dels agregats de rozenita.
Col·lecció: José F. Castro; foto: Adolf Cortel.

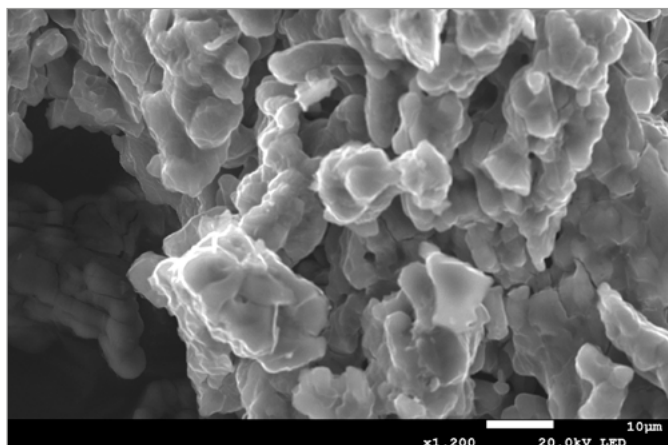


Figura 13. Espectre Raman de la rozenita (532 nm).
Font: Adolf Cortel i projecte RRUFF (ruff.info).

