

Sulfatos de hierro de la mina “El Feliz”, Cuevas del Almanzora, Almería, Andalucía

José F. CASTRO

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

Mario LÓPEZ

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

Adolf CORTEL

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

Josep A. SOLDEVILLA

Grup Mineralògic Català
Canyelles, Barcelona, España
jasoldevilla@gmail.com

RESUMEN

El artículo describe la asociación mineral hallada en la mina “El Feliz” (Cuevas del Almanzora, Almería) así como los métodos analíticos utilizados para su estudio. Mediante el uso de microscopio petrográfico de luz transmitida, SEM-EDS y espectroscopia Raman se han podido identificar algunas especies de sulfatos de hierro: copiapita, metavoltina, römerita y rozenita. Además de estos minerales también se han identificado azufre, farmacosiderita, calcantita, smithsonita, scorodita, cianotriquita y pirrotina. Esta última es, probablemente, el sulfuro primario a partir del cuál se han generado los sulfatos de hierro secundarios mencionados anteriormente. Los análisis de SEM-EDS revelan un déficit importante en el contenido de sodio y potasio de la metavoltina que sugiere que estos elementos estarían parcialmente substituidos por el ión hidronio. PALABRAS CLAVE

Mina El Feliz, Cuevas del Almanzora, Almería, sulfatos de hierro, copiapita, metavoltina, römerita, rozenita, pirrotina.

ABSTRACT

The present article describes the mineral association from the El Feliz mine (Cuevas del Almanzora, Almería). 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, pharmacosiderite, 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): “Sulfatos de hierro de la mina ‘El Feliz’, Cuevas del Almanzora, Almería, Andalucía”. *Paragénesis* (2020-1), vol. 2, núm. 3, pp. 43-47.

Introducción

El propósito de este artículo es discutir el hallazgo e identificación de varios sulfatos de hierro en la mina “El Feliz”. Los análisis preliminares de estos minerales mediante LIBS (*laser-induced breakdown spectroscopy*) y el ensayo del h epar indicaron que se trataba de sulfatos de hierro.

Mediante técnicas espectroscópicas más potentes (Raman, SEM-EDS), complementadas en algunos casos con la observación de las propiedades ópticas de granos de los minerales en un microscopio petrográfico, se han podido identificar copiapita, metavoltina, römerita y rozenita. Además de estos sulfatos, se han identificado mediante espectroscopia Raman: azufre,

calcantita, scorodita, farmacosiderita y smithsonita. También se ha encontrado cianotriquita, que se ha identificado a partir de sus propiedades ópticas, en particular su intenso pleocro simo.

Los sulfatos se han originado, con mucha probabilidad, a partir de la alteración de la pirrotina, caracterizada con SEM-EDS y presente en el sustrato de muchas de las muestras.

Ubicación

La mina “El Feliz” est  situada en el barranco del Acebuche Quemado ([figura 1](#)), muy cerca de Cala P nizo, en el municipio de Cuevas del Almanzora (Almería). Los miembros del grupo APGA (Amigos del Pa-



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

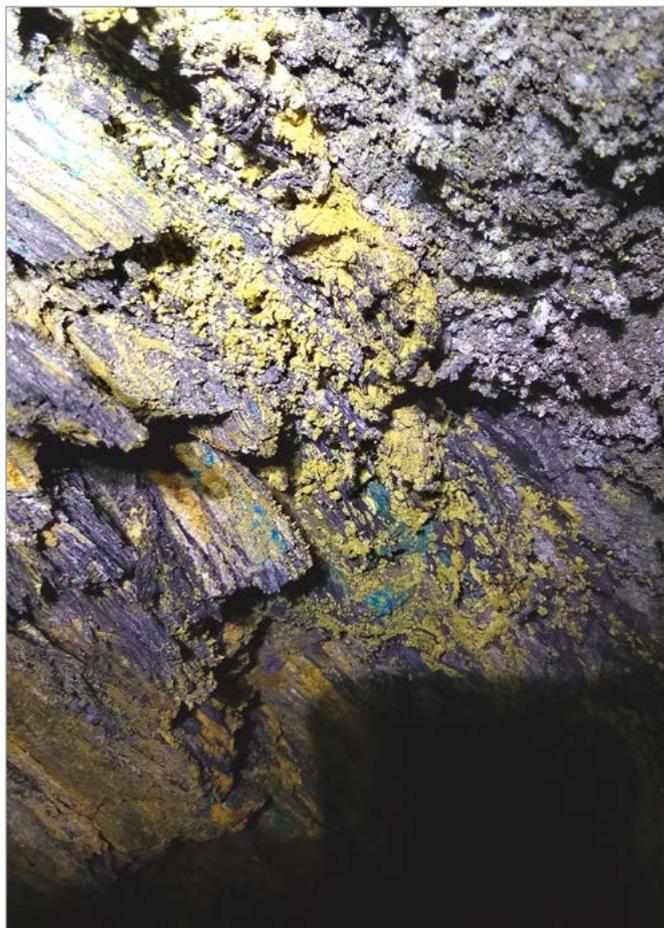


Figura 2. “Sala de los sulfatos”. El mineral amarillo que se observa es copiapita; el azul es calcanitita. Foto: José F. Castro.

trimonio Geominero Almeriense) llevaron a cabo su localización y exploración con la ayuda de Francisco Mulero, de Cuevas del Almanzora, acreditado experto en la minería de Sierra Almagrera.

Los sulfatos de hierro aparecen especialmente en lo que los miembros del grupo denominaron “sala de los sulfatos”, de unos 5 metros cuadrados, al final de la mina (figura 2). Solamente se pudo acceder a esta sala durante relativamente poco tiempo, debido a que el aire contiene dióxido de azufre.

Sulfatos determinados

Aquí detallamos sólo los cuatro sulfatos que creemos más interesantes: copiapita, metavoltina, römerita y rozenita.

En la tabla de la figura 3 aparecen los resultados de la analítica SEM-EDS de estos sulfatos.

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

Se presenta como agregados de pequeños cristales de color amarillo claro (figuras 4 y 5), cuyo espectro

Figura 3. Análisis SEM-EDS. Los porcentajes atómicos se consideran únicamente para los elementos que aparecen en la tabla. En la fórmula analítica de copiapita y metavoltina no se han calculado los aniones extraños (OH, O). Tabla: Adolf Cortel.

	Porcentajes atómicos							Fórmulas	
	K	Na	Fe	Co	Cu	S	Total	Analítica	Teórica
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	$(\text{Fe,Cu})_{0,9}(\text{SO}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}^{2+}(\text{SO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

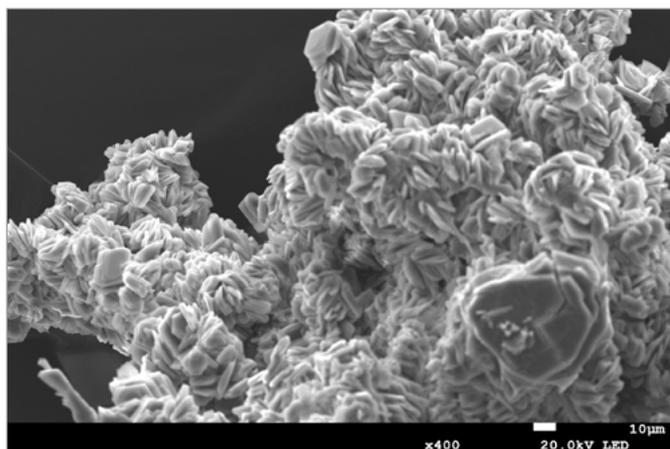


Figura 4. Imagen SEM de la copiapita.
Colección: José F. Castro; foto: Adolf Cortel.



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

Raman coincide con el de la copiapita (figura 6).

El análisis SEM-EDS reveló la presencia de hierro y azufre, con una pequeña proporción de cobre.

En el microscopio petrográfico se observó que uno de los índices de refracción de los cristales es muy próximo a 1,53, su birrefringencia es alta y hay pleocroísmo débil amarillo pálido-incoloro, todo ello compatible con la copiapita.

El contenido de cobre es demasiado bajo para que pueda considerarse cuprocopiapita.

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

Aparece como costras formadas por pequeñas láminas apiladas, brillantes y de color amarillo (figura 7).

La imagen SEM muestra el débil empaquetamiento de las láminas hexagonales, de unas 10 micras de arista (figura 8). La atracción entre estas láminas es tan débil que se separan completamente unas de otras al sumergirlas en un líquido de inmersión en el microscopio.

La composición, así como la simetría de las láminas y la medida del índice de refracción (1,59 para la luz

vibrando en el plano de las láminas), sugirieron que podía tratarse de metavoltina. La identificación se confirmó mediante espectroscopia Raman.

El análisis SEM-EDS indica que el contenido de sodio y potasio es sensiblemente menor al que corresponde según la fórmula de la metavoltina (figura 3). Al revisar la bibliografía referente a este mineral pudimos comprobar que ya se han mencionado otros casos en los que hay un déficit de metales alcalinos, que coincide con un contenido de agua mayor del esperado. En sus estudios exhaustivos de la metavoltina, Scordari justificó estas observaciones considerando que el ión hidronio H_3O^+ se encuentra substituyendo parcialmente a los iones sodio y potasio (Scordari *et al.*, 1975, 1977, 1994). La diferencia en las señales de los espectros Raman que se observa en la región entre 2900 y 3400 cm^{-1} podría avalar esta suposición (figura 9).

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

La römerita se presenta como cristales transparentes milimétricos de color marrón claro (figura 10).

Su espectro Raman coincide con el de la römerita

Figura 6. Espectro Raman de la copiapita (532 nm).
Fuente: Adolf Cortel y proyecto RRUFF (ruff.info).

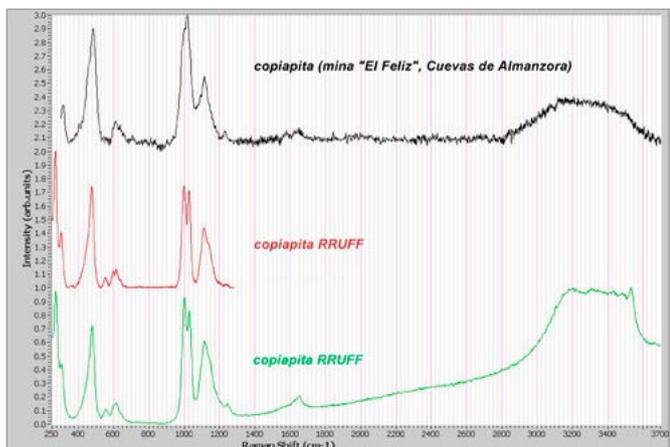


Figura 7. Metavoltina de la mina "El Feliz". C.V. 1 mm.
Colección: José F. Castro; foto: Josep A. Soldevilla.



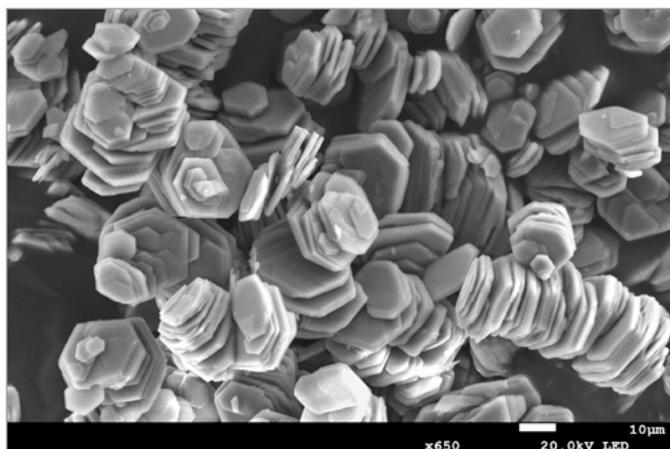


Figura 8. Imagen SEM de la metavoltina.
Colección: José F. Castro; foto: Adolf Cortel.

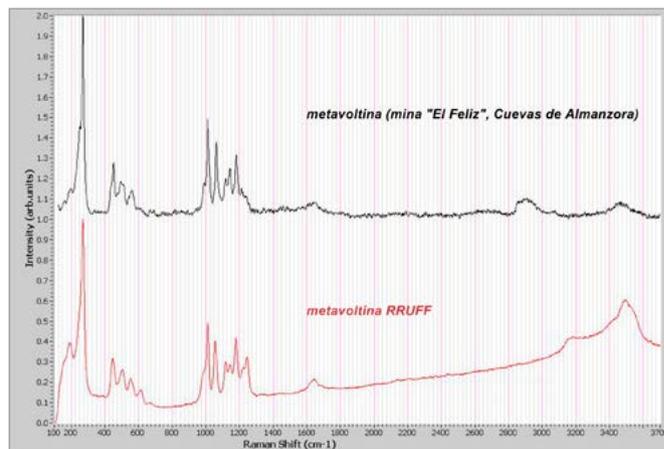


Figura 9. Espectro Raman de la metavoltina (532 nm).
Fuente: Tariq Jawhari (CCITUB) y proyecto RRUFF (ruff.info).

(figura 11) y las propiedades ópticas que se han podido determinar: menor índice de refracción coincidente con 1,53, figura de interferencia correspondiente a un mineral biáxico (prácticamente uniaxial) negativo y pleocroísmo marrón claro-incoloro, son compatibles con las de este mineral.

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

El mineral se presenta como eflorescencias blancas

formadas por microcristales (figura 10). En el SEM se observan agregados de cristales redondeados, sin caras definidas, de unas 5 micras (figura 12).

En la búsqueda del espectro Raman en la base de datos RRUFF se obtuvieron dos coincidencias (figura 13): con la rozenita y con la szomolnokita, $\text{Fe}^{2+}(\text{SO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$. A pesar de la mejor coincidencia con el espectro de este último mineral, especialmente en la región de las vibraciones OH (entre 3.000 i 3.600 cm^{-1}), las pro-

Figura 10. Cristales de rozenita de la mina "El Feliz". Las eflorescencias blancas son rozenita. C.V. 1,5 mm.
Colección: José F. Castro; foto: Josep. A. Soldevilla.



piedades ópticas observadas en el microscopio petrográfico descartan que se trate de szomolnokita: por un lado, el índice de refracción que se ha podido medir (próximo a 1,52) es sensiblemente inferior a los de este mineral (comprendidos entre 1,59 y 1,66) y la birrefringencia que se observa es muy baja, tal como corresponde a la rozenita, pero no a la szomolnokita.

Se ha comprobado que los cuatro sulfatos descritos son paramagnéticos. Los fragmentos pequeños son atraídos débilmente por un imán potente; sin embargo, la atracción es menor en la rozenita, que solo contiene Fe^{2+} , que en los otros sulfatos, los cuales también contienen Fe^{3+} , más paramagnético.

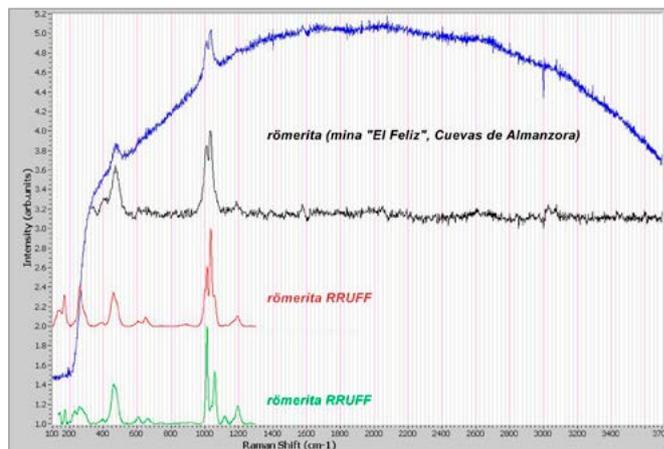


Figura 11. Espectro Raman de la römerita (532 nm). Fuente: Adolf Cortel y proyecto RRUFF (ruff.info).

Agradecimientos

Agradecemos a todos los miembros del grupo APGA (Amigos del Patrimonio Geominero Almeriense) su infatigable labor en la exploración y estudio de las minas de esta provincia. La localización de la mina “El Feliz” fue posible gracias a la ayuda de Francisco Mulero, gran conocedor de la minería de Sierra Almagrera. Agradecemos también a Jesús Franquesa Baucells, que ha visitado la mina, sus comentarios.

Los análisis SEM-EDS y el espectro Raman de la metavoltina se han realizado en los Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB), gracias al convenio del Grup Mineralògic Català con la UB, por gentileza del Dr. Antoni Roca. Agradecemos al Dr. Tariq Jawhari la realización del espectro Raman de la metavoltina.

Referencias

- 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, E.; COMUNALE, G. (1994): “A survey of $(Na,H3O+,K)5 Fe3 O(SO4)6 \cdot nH2O$ compounds: architectural principles and influence of the Na-K replacement on their structures”. *Zeitschrift für Kristallographie*; vol. 209, pp.733-737.
- Web del proyecto RRUFF: espectros Raman [consulta: enero 2020]. Disponible en <<https://ruff.info/>>.

FECHA RECEPCIÓN: 11-03-20. FECHA ACEPTACIÓN: 13-03-20. FECHA INICIO EDICIÓN: 08-04-20.

Figura 12. Imagen SEM de los agregados de rozenita. Colección: José F. Castro; foto: Adolf Cortel.

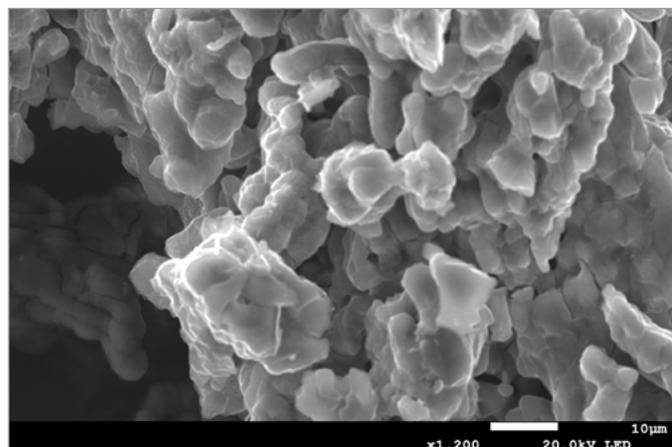


Figura 13. Espectro Raman de la rozenita (532 nm). Fuente: Adolf Cortel y proyecto RRUFF (ruff.info).

