

Jarosites a la serra de Cartagena, Múrcia

Ginés LÓPEZ GARCÍA

Sociedad Murciana de Mineralogía (SMM)

La Unión, Múrcia, Espanya

launion76@hotmail.com

RESUM

Aquest article ens acosta a un mineral molt discret i difícil de localitzar a les mines de la serra de Cartagena (Sierra Minera de Cartagena-La Unión), Múrcia, Espanya, la jarosita (i els seus similars), encara que, no obstant això, està relativament estès pel fet que l'ambient de formació d'aquests minerals es troba sovint en els dipòsits de sulfurs de la Sierra Minera. No presenta cristalls de gran mida, però forma part d'algunes paragènesis d'interès i poc conegudes d'aquesta zona.

PARAULES CLAU

Jarosita; sulfats; serra de Cartagena; La Unión; La Crisoleja; gossan.

ABSTRACT

This article brings us closer to a very inconspicuous and difficult to locate mineral in the mines of the Sierra de Cartagena (Sierra Minera de Cartagena-La Unión), Murcia, Spain, jarosite (and similar), although it is relatively widespread, due to the fact that the environment of formation of these minerals is frequently found in the sulphide deposits of the Sierra. It does not present large crystals, but is part of some interesting and not well known parageneses from this area.

KEYWORDS

Jarosite; sulfates; Sierra de Cartagena; La Unión; La Crisoleja; gossan.

LÓPEZ GARCÍA, Ginés (2024): «Jarosites a la serra de Cartagena, Múrcia». *Mineralogistes de Catalunya*, vol. 15, núm. 4 (2024-2), pp. 49-56.

INTRODUCCIÓ

Sistemàtica

La jarosita (i els seus similars) és un mineral de la classe dels sulfats, que forma part del grup alunita, que comprèn 16 espècies, la fórmula general de les quals és $A_{0.5-1}B_3(SO_4)_2(OH)_6$, sent els cations A : Na^+ , K^+ , Pb^{2+} , Tl^+ , $[NH_4]^+$, Ag^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} i $[H_3O]^+$; i els cations B : Al^{3+} , Fe^{3+} , i en grau més baix Cu^{2+} i Zn^{2+} (substituint parcialment a l' Al^{3+} i/o Fe^{3+}).

La gran majoria dels membres d'aquest grup amb Fe^{3+} predominant en la posició B porten l'arrel 'jarosita' en el seu nom, que es correspon amb el de l'espècie principal, la jarosita, que conté K^+ com a catió predominant en la posició A . Els altres membres són: amoniojarosita (en A predomina $[NH_4]^+$), argentojarosita (en A predomina Ag^+), hidroniojarosita (en A predomina $[H_3O]^+$), natrojarosita (en A predomina Na^+) i plumbojarosita (en A predomina Pb^{2+}). Des d'ara escriuré 'jarosita' o 'jarosites', amb cometes simples, per a indicar que pot tractar-se d'una qualsevol o diverses d'aquestes espècies (encara que no totes elles s'han trobat a la serra de Cartagena), i jarosita, sense cometes, per a referir-me a aquesta espècie en concret.

Les espècies del grup alunita comparteixen una simetria trigonal, presentant-se, quan cristal·litzen, sobretot com a cristalls romboèdrics (sovint pseudocúbics o pseudooctaèdrics) o tabulars; molt rarament mostren un hàbit acicular. Aquest grup està comprès dins del supergrup homònim, que inclou així mateix els grups beudantita, dussertita i plumbogummita. Tots els minerals d'aquest supergrup són isoestructurals.

Mineralogènia

La 'jarosita' es forma en ambient aquós amb un pH inferior a 6 a partir de l'oxidació de sulfurs de ferro a molt baixa temperatura (<100 °C). A la serra de Cartagena existeixen enormes mantells estratiformes formats per sulfurs de ferro (pirita, marcassita, pirrotina), i *stockworks* de sulfurs polimetàl·lics superficials l'alteració dels quals en ambient àcid pot originar 'jarosita', la qual forma part dels minerals del *gossan* (barret de ferro). L'alteració de la pirita present en el mantell de silicats també ha originat 'jarosites'. La presència d'aquestes espècies és incompatible amb l'existència de carbonats i apareixen a les zones menys evolucionades del *gossan*. Quan la pirita s'altera per complet i desapareix, el mitjà es torna menys

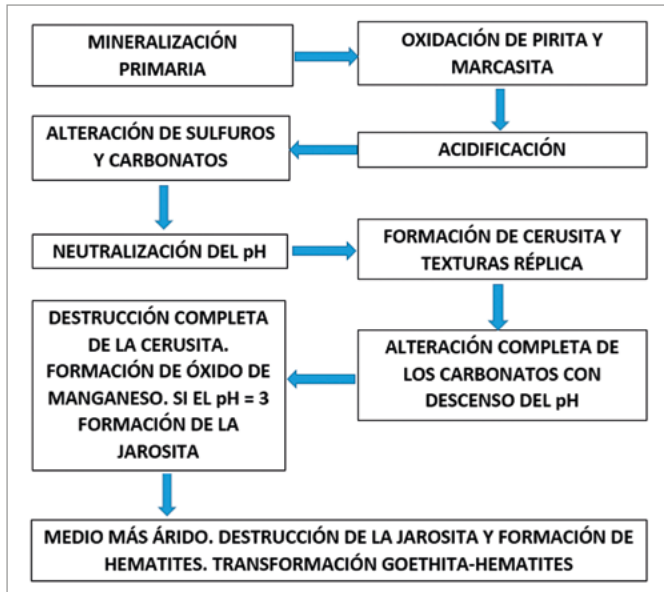


Figura 1: Seqüència d'alteració supergènica de la paragènesi de sulfurs-carbonats-sílce de la serra de Cartagena. Font: López García (1987).

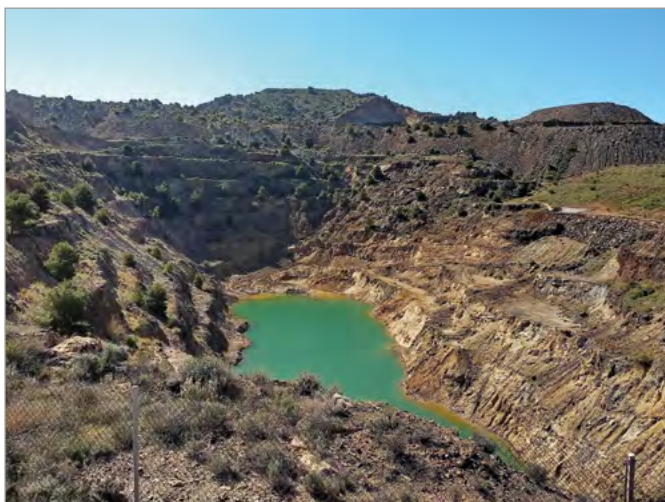


Figura 2. Ubicació de jaciments de 'jarosita' a La Unión. Mapa: modificat (J. L. Garrido i G. López) del Mapa topogràfic continu a escala 1.50.000 de l'IGN; font: visor Signa (v. 6), Instituto Geográfico Nacional (IGN) d'Espanya.

àcid (pujada del pH) i la 'jarosita' s'oxida lentament a goethita i hematites, convivint amb aquestes dues últimes espècies fins a la seva descomposició total.

Com podem veure a la FIGURA 1, el procés d'alteració de la paragènesi de sulfurs, carbonats i sílce comença amb el mineral primari: sulfur de ferro (pirita-marcassita) i acaba amb la seva transformació completa en goethita i hematites. Totes aquestes fases estan representades actualment en el *gossan* de la serra de Cartagena, podent-se trobar tots els minerals que se citen, ja que el procés continua produint-se en l'actualitat (López García, 1987). Hi ha altres processos d'alteració que afecten els sulfurs de plom i zinc, però queden fora de l'objecte d'aquest article.

Figura 3. Vista des del nord de la corta "Los Blancos", El Beal, Cartagena, el març de 2023. Foto: Ginés López.



La 'jarosita' és objecte de nombroses recerques pel fet que intervé en els processos metal·lúrgics de separació del zinc, i ha esdevingut un mineral molt conegut en haver estat descobert a Mart el maig de 2004. Aquest descobriment ha impulsat l'estudi dels minerals hidratats en ambients terrestres per a poder identificar-los en altres mons amb els instruments que porten les sondes d'exploració planetària.

Antecedents

Salvador Calderón (1910) només fa referència a la jarosita de la localitat original: Barranco Jaroso, a la província d'Almeria, segurament perquè en aquells

Figura 4. Vista del filó oxidat on va aparèixer la jarosita a la corta "Los Blancos", el març de 2023. Foto: Ginés López.



dies no es coneixia encara la presència d'aquesta espècie a les mines de la Sierra Minera.

Friedrich (1964) cita una paragènesi d'alteració en l'aflorament subvolcànic de La Crisoleja, que conté jarosita.

Kager (1980), en la seva tesi sobre els jaciments de la serra de Cartagena, cita la presència de jarosita, plumbojarosita i argentojarosita a la *corta* "Los Blancos".

Una altra referència és l'article "Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena" de López García (1987), on s'apunta la presència de jarosita associada a òxids de ferro i manganès en el *gossan* dels jaciments de la Sierra Minera.

En el llibre *Minerales de la Región de Murcia*, de Muelas Espinosa et al. (1996), se cita la presència de 'jarosita' en diverses localitats: al *gossan* de la Sierra Minera (*cortas* "San José" i "Sant Valentín"), a la zona de la Cuesta de las Lajas, al Cabezo Rajado i a la Cala Reona.

A la revista *Bocamina*, en el seu volum dedicat a la Unió, se cita la presència de jarosita a la *corta* "Los Blancos". Se la descriu associada a goethita i hematites i possiblement a ferrihidrita, $\text{Fe}^{3+}_{10}\text{O}_{14}(\text{OH})_2$ (Calvo Rebollar, 1996). També s'apunta que els materials que més 'jarosita' contenen són els més rics en plata, per la qual cosa es torna a citar l'existència d'argentojarosita.

Més recentment, l'any 2019, en un treball sobre la mineralogia de la mina "Ferruginosa", situada a l'extrem est de la Sierra Minera, a prop del Cabo de Palos, es van estudiar les 'jarosites', principalment natrojarosita, que apareixen en aquesta explotació, on s'han trobat els millors cristalls de la serra de Cartagena fins a la data d'avui (Rosell i Morales, 2020). Aquest

estudi s'ha publicat en un número anterior de *Mineralogistes de Catalunya* (el 2020-1).

JACIMENTS DE JAROSITES A LA SERRA DE CARTAGENA

El mapa de la FIGURA 2 mostra els jaciments descrits en els apartats següents, tots situats en el terme municipal de La Unión, excepte la *corta* "Los Blancos", que queda més cap a l'est, en terme de Cartagena. És molt probable que la 'jarosita' aparegui en altres llocs de la serra de Cartagena, sobretot aquells que allotgen *gossan* i filons de sulfurs superficials susceptibles d'alteració.

Corta "Los Blancos"

La 'jarosita' és difícil de localitzar perquè usualment apareix amb aspecte terrigen o pulverulent. Cristal·litzada és poc freqüent en els jaciments de la serra de Cartagena i distingir *in situ* els seus cristalls és una tasca no exempta de sort. I va ser la sort, i el sol, els que em van fer trobar l'any 2019, a la *corta* "Los Blancos" (FIGURA 3), situada a l'est de la localitat del Llano del Beal (diputació de El Beal, Cartagena), 'jarosita' en un filó de sulfur completament oxidat (FIGURA 4). I dic el sol perquè va ser la lluentor dels seus cristalls a la llum solar, molt característic i diferent del que presenten altres minerals, com el quars i la siderita, el que em va fer fixar en aquest filó, molt lluent i format per cristalls diminuts, que creuava una roca esquistosa en el runam de la *corta*.

Els cristalls són molt petits (FIGURA 5), amb el romboedre com a forma cristal·logràfica predominant, ja sigui amb només el romboedre (sovint amb les cares

Figura 5. Microcristalls (romboèdrics pseudooctaèdrics i pseudocúbics) d'una mostra analitzada de jarosita de la *corta* "Los Blancos" (mostra 1 de la figura 8). Foto SEM: Joan Rosell.

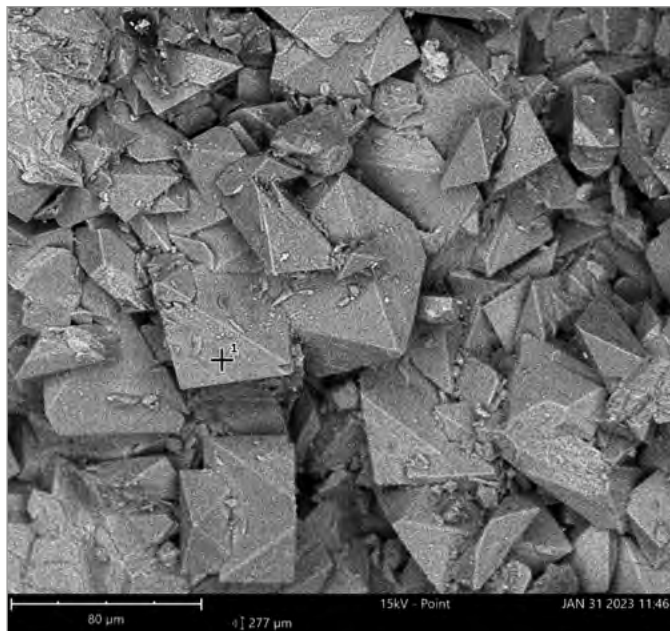
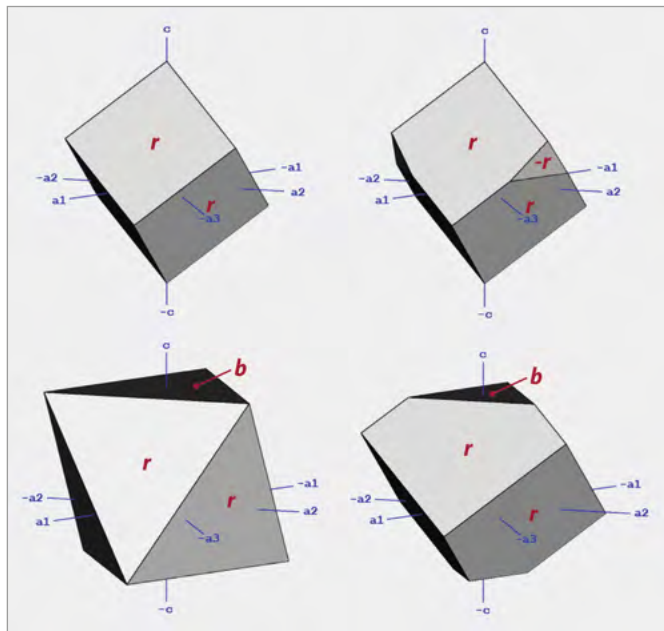


Figura 6. Cristalls de 'jarosita' de la serra de Cartagena. Formes cristal·logràfiques: *r* = romboedre positiu, *-r* = romboedre negatiu, *b* = pinacoide basal. Dibuix: modificat (J. L. Garrido) d'U. Baumgärtl; font: web de MineralienAtlas.



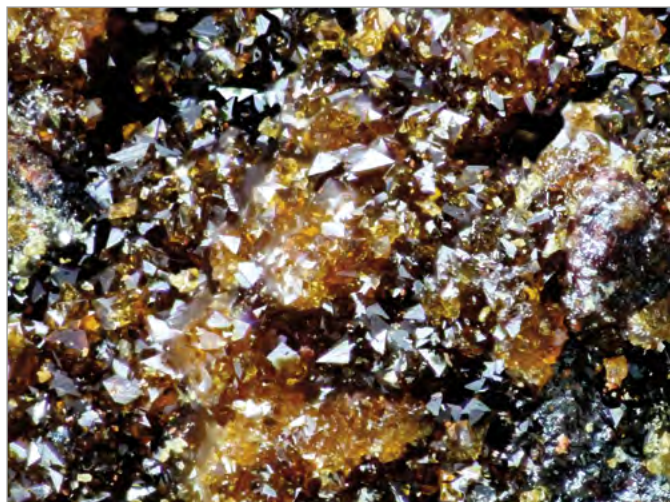


Figura 7. Microcristalls (romboèdrics pseudooctaèdrics i pseudocúbics) de jarosita. *Corta* "Los Blancos", El Beal, Cartagena, Múrcia. C.V. 1 mm. Foto i col·lecció: Ginés López.

gairebé quadrades, la qual cosa pot donar-li aspecte pseudocúbic) (FIGURA 6, a dalt esquerra) o més habitualment amb la combinació d'un romboedre positiu amb un de negatiu (FIGURA 6, a dalt dreta) o d'un romboedre positiu amb el pinacoide basal (el que pot donar-li aspecte pseudooctaèdric) (FIGURA 6, a baix esquerra). Aquesta morfologia dels cristalls pot presentar-se en general en tots els jaciments de la serra de Cartagena (FIGURA 6).

El color dels cristalls varia de marró groguenc a marró vermellós o marró fosc i apareixen gairebé sempre formant druses que entapissen la roca de caixa del filó (FIGURA 7). Aquests cristalls s'aprecien clarament a 64x.

L'anàlisi de dues mostres permet determinar que l'espècie és jarosita (FIGURA 8), amb impureses de silici en una d'elles. No conté gens de sodi, de plom ni d'argent, però a la *corta* "Los Blancos" s'ha citat la presència de natrojarosita i plumbojarosita (Muelas

Figura 9. Cristall de possible clorargirita amb jarosita. *Corta* "Los Blancos", El Beal, Cartagena, Múrcia. C.V. 1 mm. Foto i col·lecció: Ginés López.

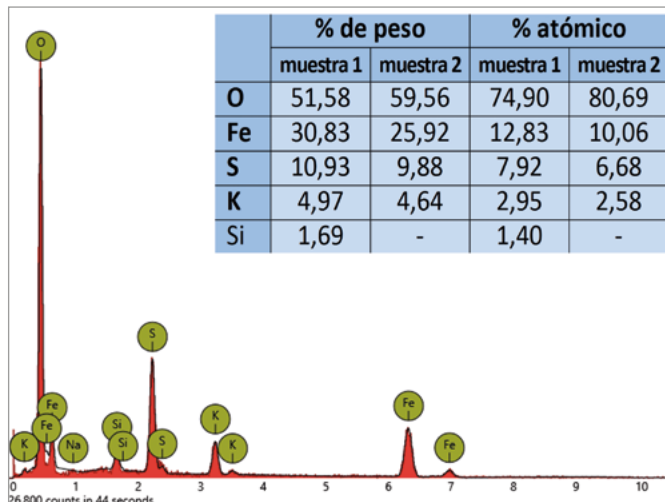


Figura 8. Anàlisi EDS de dues mostres de jarosita de la *corta* "Los Blancos". L'espectre correspon a la mostra 1. Muntatge: José Luis Garrido; font: Joan Rosell.

Espinosa et al., 1996), així com la d'argentojarosita (Calvo Rebollar, 1996).

En un exemplar de jarosita, amb goethita i quars, es va trobar un cristall de possible clorargirita. No s'ha analitzat, però per la seva morfologia cristal·lina pot tractar-se d'aquest clorur de plata (L. Arrufat. com. pers.) (FIGURA 9). L'origen d'aquesta possible clorargirita associada a jarosita estaria en l'alteració dels nòduls de galena que hi ha en molts filons de piritita. En aquest cas seria nova espècie en aquesta *corta*.

Dom de La Crisoleja

El dom subvolcànic de La Crisoleja és un aflorament d'andesites i dacites, d'edat terciària, que s'estén en una correguda d'1,5 a 2 quilòmetres, situat al costat del Cabezo Las Lajas, al sud de la Cuesta de las Lajas. Aquestes roques subvolcàniques formen un dom de

Figura 10. Microcristalls (romboèdrics pseudocúbics) de 'jarosita'. Cuesta de las Lajas, La Unión, Múrcia. C.V. 1,2 mm. Foto i col·lecció: Ginés López.



forma el·líptica, encaixat en roques metamòrfiques (principalment micaesquist de color fosc, ric en grafit amb granat, estauroilita i cloritoide, i quarsita) l'edat de la qual no és fàcil de determinar, sent atribuïdes a principis del Paleozoic o finals del Precambrià, fa uns 500 milions d'anys (Guillén Mondéjar i del Ramo, 2021).

Així mateix, la intrusió volcànica va originar diversos dics que arriben fins a la Cuesta de las Lajas i la carretera denominada "el 33" (que unia La Unión amb Portmán). Associades a aquestes roques existeixen uns filons de sulfurs de Pb-Fe, sílice i òxids de ferro i estany que formen reticulacions i *stockworks* a les roques del dom, i mineralitzacions estratiformes que han estat objecte d'exploració des de mitjan segle XIX fins a finals dels anys 1960 per a l'extracció d'estany, galena, coure i pirites de ferro.

Mines com "La Cuarta", "Pablo y Virginia", "Remunerada", "Agrupa Vicenta", "Segundo Globo", "Diana", "Fortuna", "San Isidoro", "Tetuán", "San José", "El Tesoro de Carolina", "Santa Teresa", "Santa Rita", "Dos de Mayo", "1º Carbonato", "2º Carbonato", "Descuido" i altres pròximes van treballar aquests dipòsits.

L'alteració d'aquests filons ha originat l'aparició de

'jarosita', en una formació amb textures en bandes associades a cassiterita i quars, que es distribueix irregularment per tot el jaciment. Aquesta 'jarosita' és, almenys en part, plumbojarosita, amb Pb majoritari i molt poc K i amb una mica d'Al substituint parcialment al Fe^{+3} , com a microcristalls només visibles al microscopi (López García, 1987). Els estudis indiquen que aquesta plumbojarosita s'ha format en condicions oxidants, a una temperatura relativament alta, amb un pH aproximat de 3 i amb una concentració de Pb a la solució aquosa baixa. La formació continua mentre existeixin sulfurs. Quan aquests s'esgoten, augmenta el pH i la 'jarosita' deixa de formar-se, i amb el pas del temps i el continuat augment de pH la 'jarosita' deixa de ser estable i s'oxida a goethita, com es va apuntar en explicar la mineralogènia.

És molt probable que en aquesta zona també hi hagi jarosita i fins i tot natrojarosita.

Cuesta de las Lajas

La Cuesta de las Lajas és una sendera que ascendeix des de La Unión fins a La Crisoleja. Creua un gran

Figura 11: Microcristalls (romboèdrics pseudocúbics) de 'jarosita'. Cuesta de las Lajas, La Unión, Múrcia. C.V. 2,5 mm. Foto i col·lecció: Ginés López.





Figura 12. Vista general de les restes de les instal·lacions de la mina "Tetuán", Barranco del Infierno, La Unión, al novembre de 2020. Foto: Ginés López.

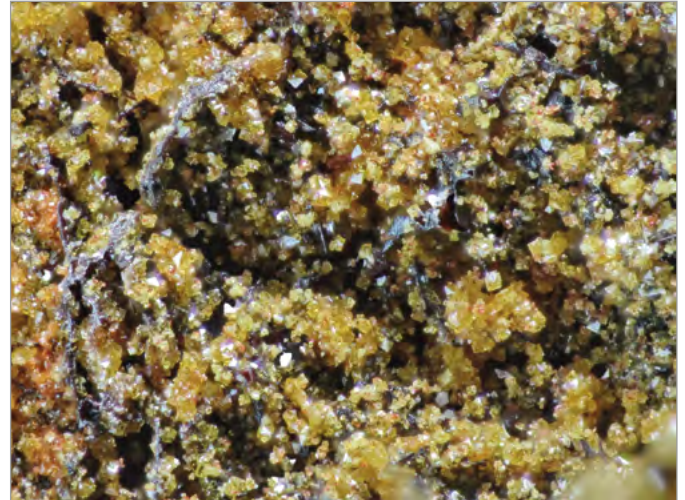


Figura 13. Microcristalls (romboèdrics pseudocúbics i pseudooctaèdrics) de 'jarosita'. Mina "Tetuán", Barranco del Infierno, La Unión, Múrcia. C.V. 1,3 mm. Foto i col·lecció: Ginés López.

paquet de micaesquistos i fil·lites dels complexos Alpujarride i Nevado Filábride, similars a les roques de La Crisoleja, travessades per filons de sulfurs oxidats. En aquests filons apareixen a vegades petits cristalls de jarosita bastant ben definits, d'hàbit romboèdric pseudocúbic, formats majoritàriament per la combinació d'un romboedre positiu amb un de negatiu (vegeu FIGURA 6), translúcids, de color mel, molt brillants, associats a goethita i a altres possibles òxids/hidròxids de ferro (FIGURES 10 i 11).

No s'han analitzat, però a la bibliografia existent se citen tant la jarosita com la natrojarosita (Muelas Espinosa et al., 1996).

Mina "Tetuán"

La mina "Tetuán" (FIGURA 12), situada al sud-est del dom de La Crisoleja (no confondre amb una al-

tra concessió del mateix nom situada al costat de la *corta* "Los Blancos"), es troba també sobre fil·lites i esquistos similars als que apareixen a la Cuesta de las Lajas i a La Crisoleja. En aquesta explotació, l'any 2020 es va trobar 'jarosita' com a druses de cristalls romboèdrics pseudocúbics i pseudooctaèdrics, grocs brillants, observables tímidament a 10x, en filons que travessen els esquistos (FIGURA 13). Aquí s'aprecia encara la presència de pirita en filons poc alterats. La composició no s'ha determinat, per la qual cosa no se sap a quina espècie correspon.

Carretera "el 33"

'Jarosites' pulverulentes provinents de l'alteració del mantell de silicats afluïren al costat d'altres minerals oxidats de ferro en alguns punts de la carretera coneguda com "el 33", que unia La Unión amb Portmán.

Figura 14. Vista des del nord-oest de la *corta* "San José", La Unión, al febrer de 2020. Al fons, Portmán, la seva badia i la Montaña de las Cenizas. Foto: Ginés López.



Figura 15. Microcristalls (romboèdrics pseudooctaèdrics i pseudocúbics) de 'jarosita'. *Corta* "San José", La Unión, Múrcia. C.V. 1,4 mm. Foto i col·lecció: Ginés López.





Figura 16. Vista parcial de les escòries de la foneria 'Orcelitana', Portmán, La Unión, al gener de 2016. Foto: Ginés López.



Figura 17. Microcristalls tabulars de probable plumbojarosita. Escòries de la foneria 'Orcelitana', Portmán, La Unión, Múrcia. C.V. 1,1 mm. Foto: Ginés López; col·lecció: Dario Cericola.

Corta "San José"

En aquesta *corta* (FIGURA 14) també apareixia 'jarosita' en filons que emplen esquerdas i fractures de les roques metamòrfiques. No obstant això, aquí és menys freqüent, ja que molts d'aquests filons contenen carbonats (siderita, aragonita). Només apareix en aquells que no contenen carbonat.

Aquesta 'jarosita' és de color marró fins a ataronjat. Els cristalls, d'una grandària una mica major que els que es troben a la *corta* "Los Blancos", apareixen en druses (FIGURA 15), són submil·limètrics, molt brillants i presenten hàbit romboèdric pseudooctaèdric o pseudocúbic (vegeu FIGURA 6). El sol també va ser clau en la localització dels exemplars.

Lamentablement, les obres d'adequació de la *corta* per a rebre els residus procedents de la restauració de la badia de Portmán, obres que a la data de publicació d'aquest article estan paralitzades, han suposat la destrucció dels afloraments mineralitzats d'aquesta, per la qual cosa trobar nous exemplars serà segurament difícil.

Agraïments

A Helen Fiona Pitt-Kethley, per la correcció del resum en anglès de l'article.

A Dario Cericola, per la informació facilitada sobre les escòries de Portmán.

A Pablo Buitrago Garay, per la seva ajuda en el treball de camp.

A Joan Rosell Riba, per l'anàlisi de les 'jarosites' de la *corta* "Los Blancos".

A Luis Arrufat, per la determinació morfològica de la possible clorargirita.

A José Luis Garrido, pels seus aclariments, la seva aportació en cristal·lografia i la seva revisió general de l'article.

A Frederic Varela, per la traducció al català del text original.

A Joan Manuel Ybarra, per la correcció ortogràfica de la maqueta.

Escòries de Portmán

A les escòries de la foneria 'Orcelitana', situades al costat del rentador 'Roberto', pròximes a la mar, a Portmán (FIGURA 16), s'ha detectat la presència de suposada plumbojarosita, la qual cosa constituiria un descobriment interessant.

S'ha analitzat una mostra i la seva composició hauria de respondre a una relació teòrica Pb:Fe:S tal que 0,5:3:2, amb una ràtio Pb/S = $0,5/2 = 0,25$. No obstant això, aquesta suposada plumbojarosita està sumament enriquida en Pb, sent la ràtio Pb/S igual a $2/2 = 1,00$, quatre vegades superior a la ràtio teòrica. Així doncs, no encaixa molt amb la composició estàndard de la plumbojarosita, encara que és indubtablement un sulfat de plom i ferro. Per la seva morfologia és difícil d'identificar, ja que els cristalls són molt petits, formant uns diminuts agregats radiats, la qual cosa no encaixa amb 'jarosita'. Seria interessant estudiar amb més profunditat aquestes escòries per a resoldre aquesta incògnita.

En altres escòries de la mateixa localitat la 'jarosita' apareix en cristalls de petites dimensions, amb hàbit tabular pseudo-hexagonal i color ataronjat (FIGURA 17) i, segons sembla, corresponen a plumbojarosita.

Referències bibliogràfiques

- CALDERÓN, SALVADOR(1910): *Minerales de España*. Madrid: Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.
- CALVO REBOLLAR, Miguel (1996): "Mineralogía". *Bocamina*, vol. 2, pp. 14-35.
- FRIEDRICH, G. (1964): *Lagerstättenkundliche Untersuchungen an den Erzvorkommen der Sierra de Cartagena in Spanien*. Serie: Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, vol. 59. Hannover: Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung. 108 pp.
- GUILLÉN MONDÉJAR, F.; DEL RAMO, A.(2021): *Geología de la Región de Murcia. Historia*. Canal Naturaleza, web Región de Murcia Digital. En <www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108>.
- KAGER, Petrus C. A.(1980): *Mineralogical investigations on sulfides, Fe-Mn-Zn-Mg-Ca-carbonates, greenalite and associated minerals in the Pb-Zn-deposits in the Sierra de Cartagena, Province of Murcia, SE Spain*. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam.
- LÓPEZ GARCÍA, J. A. (1987): «Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena». *Boletín Geológico y Minero*, tom XCVIII, fasc. 6, pp. 76-86.
- MUELAS ESPINOSA, Mariano; PÉREZ NIETO, Pedro; GIL GARCÍA-MIGUEL, Jordi. (1996): *Minerales de la Región de Murcia*. La Unión (Múrcia): Asociación para la Defensa de la Naturaleza y Conservación del Paisaje Minero de La Unión; pp. 94.

Més bibliografia

- GÁZQUEZ, F.; RULL, F.; CALAFORRA, J. M.; VENEGAS, G.; MANRIQUE, J. A.; SANZ, A.; MEDINA, J.; CATALÁESPÍ, A.; SANSANO, A.; NAVARRO, R.; FORTI, P.; WAELE, J. de; MARTÍNEZFRÍAS, J. (2014): «Caracterización mineralógica y geoquímica de minerales hidratados de ambientes subterráneos: implicaciones para la exploración planetaria». *Estudios Geológicos*, vol. 70, núm. 2. DOI: [10.3989/egeol.41688.314](https://doi.org/10.3989/egeol.41688.314).
- GUARDIOLA, Ricardo (1927): *Memorias del Instituto Geológico de España: Estudio Metalogénico de la Sierra de Cartagena*. Madrid: Tipografía y linotipia L. Coullaut.
- INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA [varios autores] (1912-1913): *Criaderos de Hierro de España. Tomo I: Criaderos de hierro de la provincia de Murcia*. Sèrie: Memorias del Instituto Geológico de España. Madrid: Imprenta de Antonio Marzo.
- LÓPEZ GARCÍA, Ginés (2015): *Minerales de La Unión*. Múrcia: Natursport Ediciones.
- MANTECA MARTÍNEZ, J. I.; OVEJERO ZAPPINO, G. (1992): «Los yacimientos Zn, Pb, Ag-Fe del distrito minero de La Unión-Cartagena, Bética Oriental». A J. García Guinea i J. Martínez Frías [coord.] *Recursos minerales de España*, pp. 1085-1102.
- MANTECA, J. I., GARCÍA GARCÍA, C., RODENAS ROZAS, F. J. (2000): *Ruta Geológica "Carretera del 33" La Unión, Murcia*. La Unión (Múrcia): Ayuntamiento de La Unión, Concejalía de Turismo y Museos; p. 16.
- MONASTERIO Y CORREA, José de(1853): *Memoria de la Industria Minera de Cartagena*. Múrcia: Imprenta y litografía de Antonio Molina.
- OEN, I. S., FERNÁNDEZ, J. C.; MANTECA, J. I. (1975): «The Lead-Zinc and associated ores of La Unión, Sierra de Cartagena, Spain». *Economic Geology*, vol. 70, pp. 1259-1278.
- SOLER, J; MANTECA, J. I.; FARRÉ, J; PORTELL, L.; JOU, S.; CORRALES, O.; AMORES, S.; VILLANOVA, C.; TORRÓ, L.; MELGAREJO, J. C. (2013): «The San José and Gloria Pb-Zn-Ag-Sn deposits, La Union: An approach to the mineral sequence». A E. Jonsson [coord.] *Mineral deposit research for a high-tech world*, vol. 3, pp. 1315-1318.
- VEGA DE SEOANE, Joaquín[dir.] (1972): *Programa Nacional de Explotación Minera. Minería de piritas y minerales complejos*. Madrid: Ministerio de Industria, Dirección General de Minas. 226 pp.

Webs consultades

- Web de la base de dades Handbook of Mineralogy [Consulta: setembre de 2022]. A <www.handbookofmineralogy.org>.
- Web de la base de dades Mindat [Consulta: agost i setembre de 2022]. A <www.mindat.org>.
- Web de la base de dades Mineralienatlas [Consulta: abril 2023]. A <www.mineralienatlas.de>.
- Web del servei d'informació Región de Múrcia Digital [Consulta: setembre de 2022]. A <www.regmurcia.com>.
- Web del portal de cartografia Signa, de l'Institut Geogràfic Nacional (IGN) de Espanya [Consulta: setembre de 2023]. A <www.signa.ign.es>.

DATA RECEPCIÓ: 24-05-2023. DATA ACCEPTACIÓ: 31-05-2023. DATA INICI EDICIÓ: 22-10-2024.