

GANGAS DE LA CLASE SULFATOS

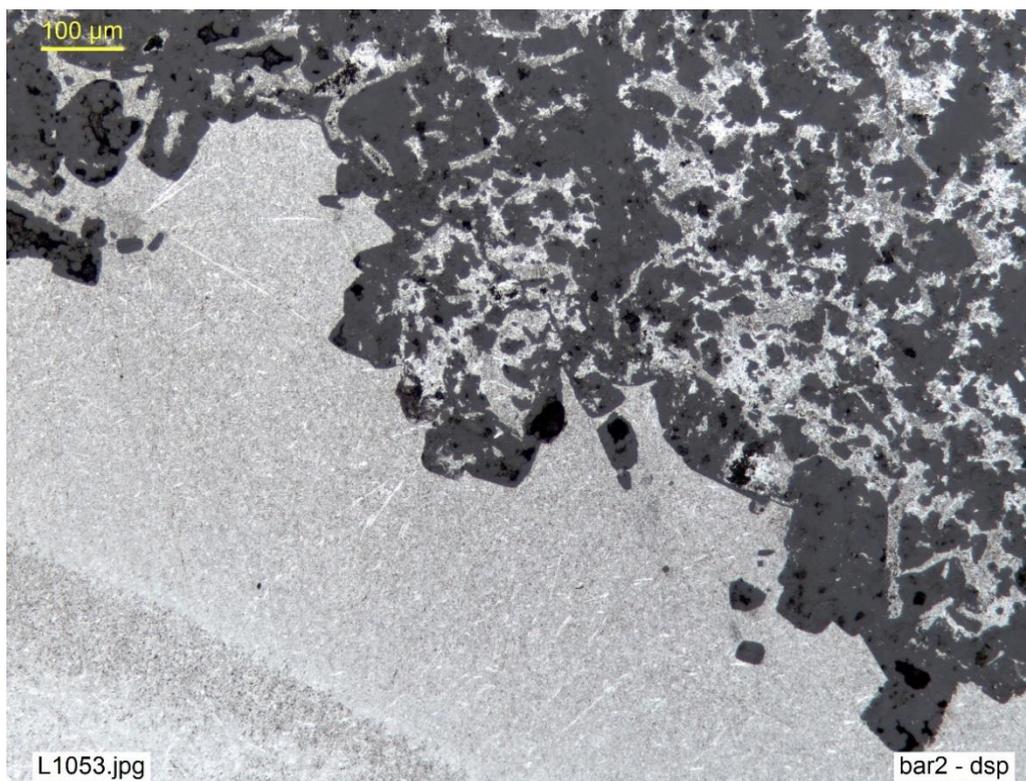
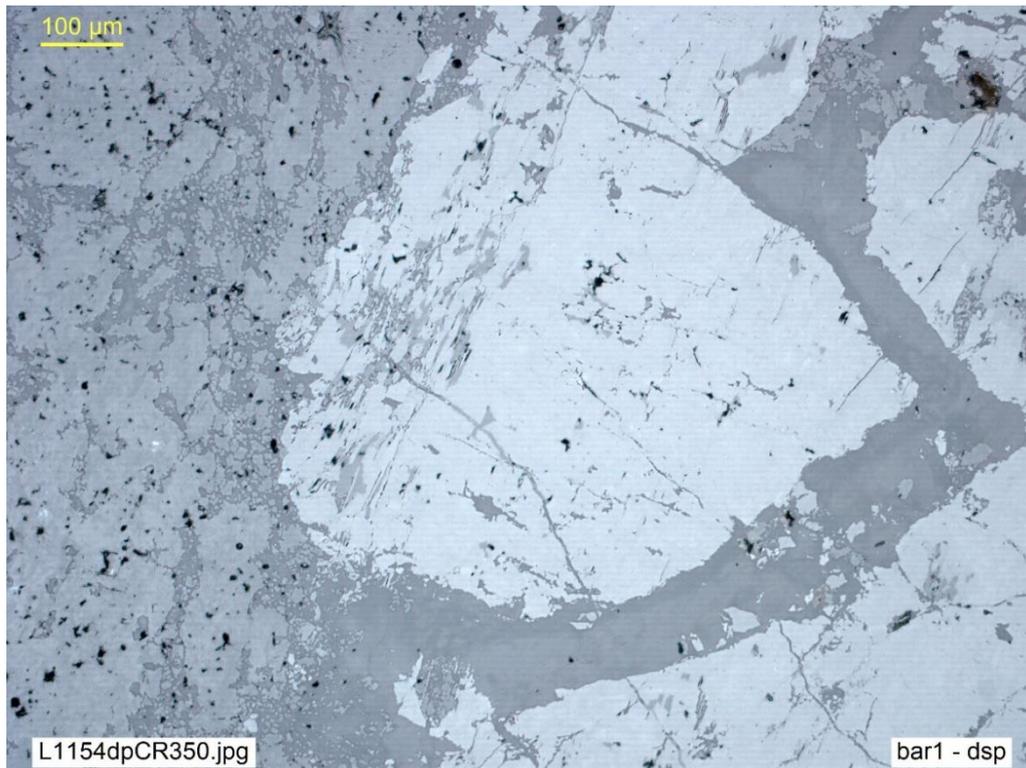
Los sulfatos son de esperar, en principio, como acompañantes supergénicos de las menas sulfuradas, formados por alteración meteórica en la zona de oxidación. Se trata en estos casos de sulfatos de metales como Cu, Fe, Zn, Pb, Ag..., muy numerosos y frecuentemente hidratados, como *calcantita*: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, *brochantita*: $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$, *langita*: $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, jarosita: $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, goslarita: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, o anhidros como *anglesita*: PbSO_4 , entre muchos otros, de origen típicamente secundario. Aunque algunos pueden tener aprovechamiento industrial (vbgr. en yacimientos oxidados de Cu; o de Ag, en el caso de *argentojarosita*: $\text{AgFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$), su presencia es, en la mayor parte de los casos, anecdótica, con la posible excepción de jarosita.

No obstante, también se encuentran en la Naturaleza sulfatos primarios, como *barita*: BaSO_4 , *celestina*: SrSO_4 , o *anhidrita*: CaSO_4 . El primero, de origen generalmente hipogénico, puede encontrarse como acompañante típico entre los componentes de la ganga de algunas concentraciones hidrotermales, mientras que celestina y anhidrita son propios de medios sedimentarios, aunque también se encuentra ocasionalmente anhidrita -a veces alterada a yeso- en depósitos hidrotermales o magmático-hidrotermales (vbgr algunas zonas de pórfidos cupríferos).

Todos ellos son minerales poco absorbentes o transparentes y deben estudiarse con *luz transmitida* o por otras técnicas más adecuadas que la microscopía (óptica) de reflexión (LR): DRX, MEB, etc. No obstante, dada la relativa frecuencia con la que aparecen algunos de ellos como acompañantes de menas, parece útil esbozar, como se hace a continuación, una rápida, aunque limitada **caracterización** de éstos (**barita**, **anglesita** y **jarosita**) también **con LR**.

Barita (*bar*, BaSO_4 , ortorrómbico) es un sulfato relativamente común en la ganga de yacimientos hidrotermales. En **LR** (Luz Reflejada) se ve de color gris oscuro y se caracteriza por

- su baja reflectancia, sólo ligeramente mayor que la del cuarzo, que en aire se ve un poco más oscuro todavía (**F bar1**): $R_{\text{bar}} \approx 5\%$ en aire; en aceite, $R_{\text{bar}} \approx 0.04\%$, es prácticamente nula, por lo que en inmersión se ve negra, como el cuarzo (Tabla 2);
- y por la ausencia de rasgos llamativos: ni pleocroismo ni efectos de anisotropismo, ni rasgos que llamen la atención en sus RI (incolores). Pero ayudan a reconocerla:
- su baja dureza de pulido: menor que la de siderita y la mayor parte de los silicatos, similar a la de los filosilicatos y algo mayor que la de calcita, a la que acompaña en muchos casos;
- su birreflectancia imperceptible, a diferencia de los carbonatos;
- su morfología, con frecuencia tabular o acicular, aunque no es raro, cuando se ha formado como mineral temprano (**F bar2**), que esté fragmentada y corroída o reemplazada por posteriores sulfuros, calcita, cuarzo, etc.
- la paragénesis, es decir, la pertenencia de la mena estudiada a alguno de los tipos de yacimientos en que se conoce la frecuente presencia del mineral (*p. ej.*, estratoligados Pb-Zn-F-Ba en formaciones carbonatadas, tipo Mississippi Valley; reemplazamientos o mantos y filones de Pb-Zn-Ag, Cu, Mn...; epitermales de baja sulfuración y de sulfuración intermedia; depósitos de *black smokers*).



F bar1. Mena brechoide de bastnäsita (gris claro), con ganga de barita (gris intermedio) y cuarzo (gris más oscuro). La cataclasis impide reconocer la morfología original de barita. Es evidente, comparando el brillo, que estos minerales siguen el orden de reflectancia (decreciente): $R_{bst} > R_{bar} > R_q$. CR350, Mountain Pass, Calif., USA (**dsp**). **F bar2.** Mena manganífera (masa de criptomelana criptocristalina y romanechita acicular, con tonos gris claro y blanco grisáceo, *resp*), con ganga de barita (gris oscuro), cuyo hábito prismático está parcialmente obliterado por la mena que la corroe. CR 337.b, Veta Clemira, El Remanso, Santiago del Estero, Argentina (**dsp**).

No obstante, no siempre pueden observarse estos rasgos con nitidez y, además, por su aspecto la barita es en LR muy parecida a otros componentes posibles de ganga, como **anhidrita**, **celestina** o el fosfato **apatito**, por lo que conviene confirmar su identificación con **LT** (luz transmitida) u otras técnicas. Por otra parte, su aspecto por lo que se refiere a la percepción subjetiva de su brillo (estimación de la reflectancia) depende mucho de sus acompañantes, como puede comprobarse comparando los tonos de gris en **F bar1** y en **F bar2**: la barita de **F bar2** parece más oscura, simplemente por estar al lado de minerales mucho más reflectivos que los de **F bar1**.

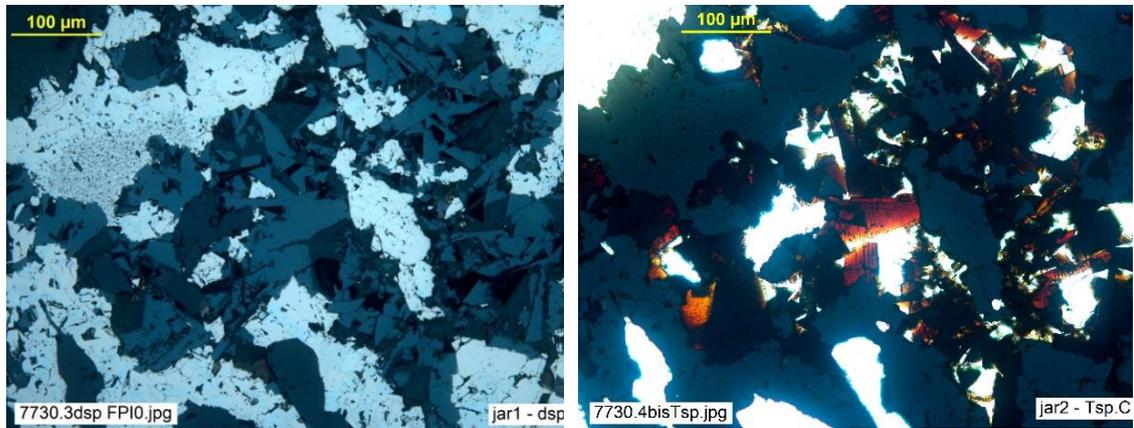
La **anglesita** (*ang*, PbSO_4 , ortorrómbico) es también un mineral de aspecto anodino, gris, aunque más brillante que barita y que la ganga cuarzo-silicatada común: su reflectancia estimada es $\approx 9.4\%$ (calculada según la función de Fresnel, con n supuesto $\approx 1.88-1.89$), parecida a la de cerusita, pero con birreflectancia más moderada (cf. **F crs1** y **F crs2**). La anglesita puede pasar fácilmente inadvertida para un observador poco atento, pero su origen es un aliado poderoso para descubrir su pista: por formarse típicamente por alteración de menas sulfuradas de Pb, frecuente en la zona de oxidación supergénica, es habitual su asociación con galena (o minerales de Pb) en menas oxidadas, así como con cerusita u otros minerales secundarios. Suele conservar relictos del sulfuro primario (galena), alrededor de los cuales se desarrolla un zonado secundario, con una primera zona de anglesita en contacto inmediato con el sulfuro y una zona externa de cerusita, tal como muestran las imágenes **F crs1** y **F crs2**.

La **jarosita**, *jar*, es un producto de alteración asociado con frecuencia en medios superficiales a los sulfuros que contienen Fe. No es, sin embargo, un mineral estable: en climas templados y húmedos se altera con facilidad a limonita, en alguna de sus múltiples variedades, o a goethita \pm hematites. Por esta razón, aunque es un sulfato, $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, del grupo de la *alunita*, que propiamente debería identificarse con **LT** (luz transmitida) aparece muchas veces como un mineral opaco (seudomorfizado) y en paragénesis de oxi-hidróxidos de Fe secundarios y se cuenta, ya sea como jar propiamente dicha ya como relictos de jar seudomorfizados, entre los posibles componentes del “mineral”, de imprecisa definición, pero ubicuo en la superficie terrestre, conocido como limonita¹.

Las figuras (**F jar1, 2 y 2A**) muestran un agregado poroso de py y mc cuyos espacios vacíos están ocupados en gran parte por un mineral, opaco en su mayor parte en **LT**, pero poco absorbente en **LR** (gris oscuro, sólo ligeramente más claro que el q), cuyas propiedades ópticas (brillo, color, medidas de reflectancia multiespectral VNIR, RI...) son las de lim, en sus variedades hidratadas, subcristalinas: masa poco estructurada de oxi-hidróxidos de Fe en su mayor parte amorfos. La morfología de este producto (agregados de pequeños cristalillos tabulares y romboédricos o fibrosos, tapizando poros y cavidades), así como en **LT** la marcada exfoliación (0001) visible con condensador, la extinción recta y el pleocroísmo, visibles en algunos fragmentos, evidencian que el producto secundario replica la morfología y la orientación cristalina de relictos primarios, cuyas propiedades coinciden con las de jar. Se trata, por tanto, de fantasmas de jar, seudomorfizados por lim.

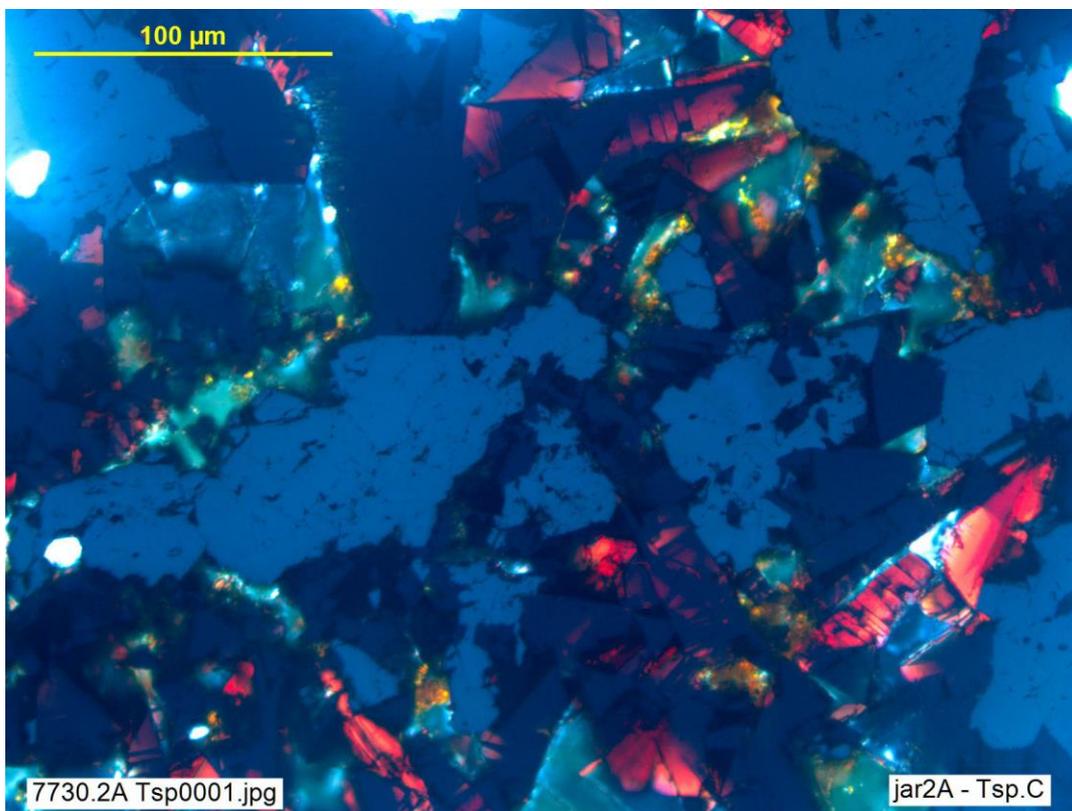
¹ En realidad, la limonita es una mezcla compuesta por agregados criptocristalinos de minerales como gth, ht, lpc, jar, sílice u ópalo, arcillas... y óxidos o hidróxidos de Fe, amorfos y en diferentes grados de hidratación, lo que hace que su reflectancia, R, varíe considerablemente, manteniéndose en general por debajo de la de su componente principal, gth. En la muestra de **F jar1**, se ha medido su R multiespectral en el rango VNIR, resultando un espectro parecido al de gth, pero con valores más bajos, pasando de valores $R \approx 8\%$ (visible) a $R \approx 12\%$ (IR).

Aparte de que algunos minerales del grupo pueden tener interés económico en sí (*vbgr*, argentojarosita, por su contenido en Ag), es interesante también el significado de la jarosita como guía en la exploración minera, es decir, como indicador visible de potenciales paragénesis de sulfuros metálicos alterados.



F jar1. Agregado de pirita *py* y marcasita *mc* (blanco amarillento y blanco ligeramente verdoso), con inclusiones de cuarzo *q* (gris oscuro) y poros e intersticios tapizados por *jar* totalmente limonitizada (gris azulado con luz reflejada), reconocible por la morfología tabular o romboédrica que hereda la *lim*. FPI.0, Huelva (**dsp**).

F jar2 (Misma escena de **F jar1**, vista con luz transmitida y condensador, **Tsp.C**). La alteración a *lim* ha reducido la transparencia de *jar*, perceptible sólo con condensador en algunas zonas, en contraste por su color pardo amarillento con la fuerte luminosidad del *q* (blanco). La *lim* pseudomorfa es en su mayor parte opaca (negra con LT, como la *py*).



F jar2A. Ampliación de la parte central de **F jar1** (**Tsp.C**), tras rotar 90° la platina. Se aprecia el anisotropismo de la *lim* y, todavía, la exfoliación heredada de *jar*.