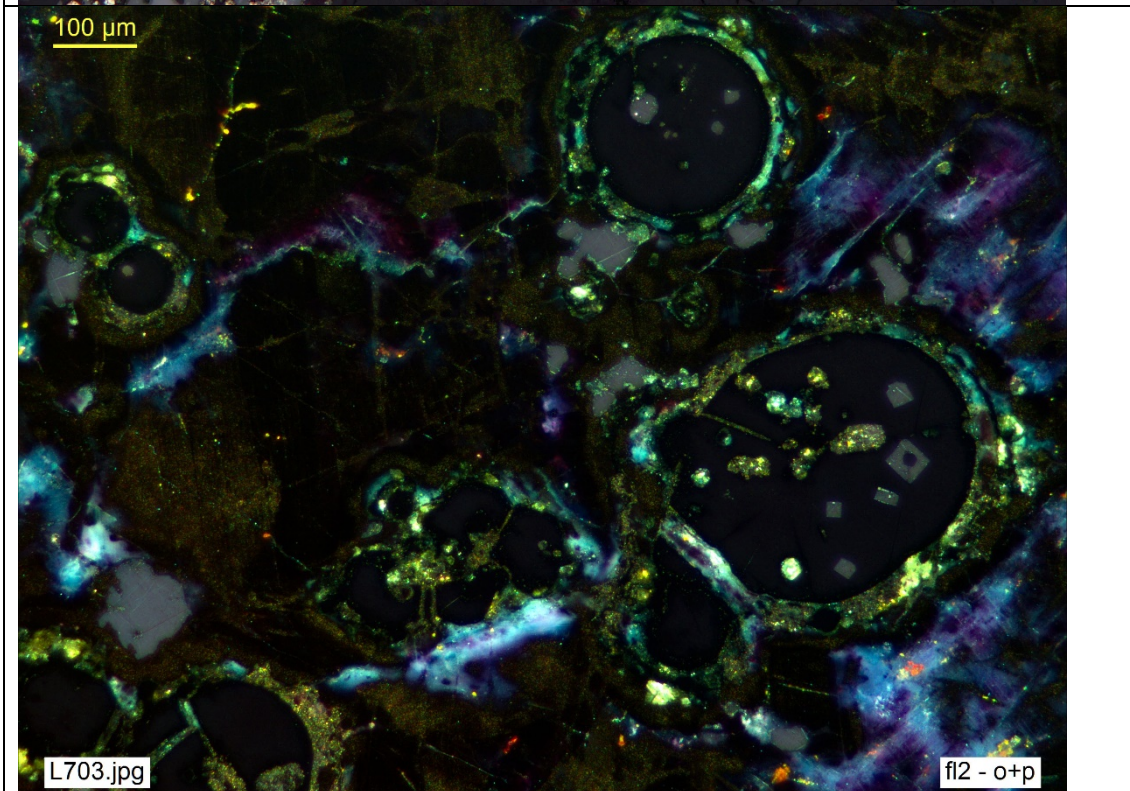
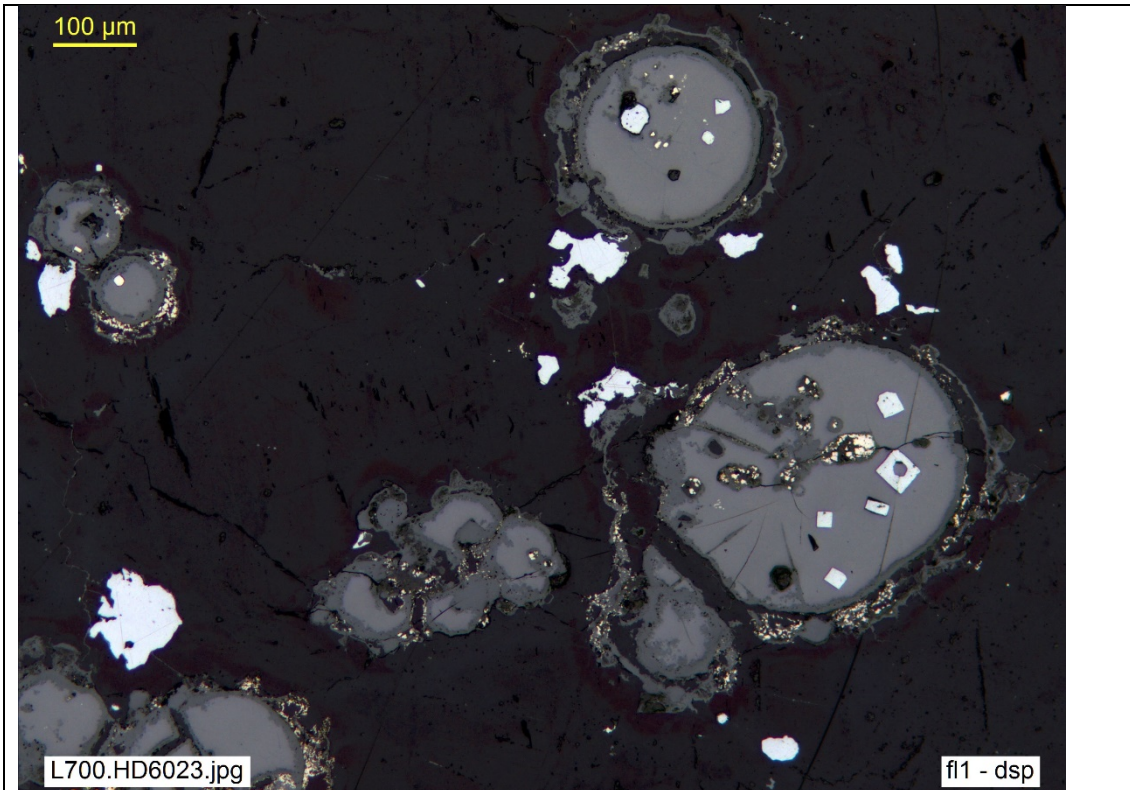


OTRAS GANGAS: HALUROS, FOSFATOS, ARSENIATOS Y VANADATOS

Haluros

Entre los haluros se ha descrito ya la **clorargirita o cerargirita**, pero con las menas (*cf cag*), pues este mineral, que no es raro en la ganga de menas argentíferas meteorizadas, fue en el pasado una fuente importante de plata.

Asimismo, la **fluorita** (*fl*, CaF_2 , cúbico), además de ser un componente habitual en la ganga de una variada tipología de depósitos, es actualmente un demandado mineral, cuando se presenta en abundancia suficiente para su extracción económica (vbgr. algunos yacimientos del tipo *Pb-Zn-F-Ba o Mississippi Valley*). En luz reflejada, se cuenta entre las especies de menor reflectancia (*cf* Tabla 2), sin apenas otro rasgo distintivo, aparte de su isotropía y las RI propias de un mineral transparente, incoloras en principio, pero mostrando muchas veces los variados colores propios del mineral (**F fl1** y **F fl2**).



F fl1 y **F fl2** (Misma escena: **dsp** y **o+p**, resp). Mena de fluorita (gris oscuro) y uraninita (gris: esferoides rodeados de corona de alteración con diminutos corpúsculos de piritita, amarilla), con inclusiones de galena (blanca). En *F fl2* (*o+p*), todos ellos están en extinción (minerales cúbicos): se ve únicamente una luminosidad difusa, por las reflexiones internas de fluorita (violáceas) y del halo de alteración de uraninita. HD6023, Wolsendorf, Baviera, Alemania.

Fosfatos, arseniatos y vanadatos.

Entre los **fosfatos**, conviene prestar atención a la **monazita**, (*mz*, $\langle \text{Ce,L,Nd Th} \rangle \text{PO}_4$, monoclinico) por su interés económico y por ser posible su caracterización con luz reflejada. Por ser un portador de Tierras Raras muy demandado por la industria, se ha descrito ya como mena, en el capítulo correspondiente. Para identificar otros fosfatos que pueden eventualmente encontrarse en la ganga, como **piromorfita** (*pypm*, $\text{Pb}_5\langle \text{PO}_4 \rangle_3\text{Cl}$, hexagonal) o **apatito** (*ap*, $\text{Ca}_5\langle \text{PO}_4 \rangle_3(\text{F,Cl,OH})$, hexagonal), se recomienda el reconocimiento con luz transmitida u otras técnicas, lo mismo que para **xenotimo** (*xm*, $\text{Y}\langle \text{PO}_4 \rangle$, tetragonal) o **ambligonita** (*amb*, $\langle \text{Li, Na} \rangle \text{Al}\langle \text{PO}_4 \rangle \langle \text{F,OH} \rangle$, triclínico), potenciales menas de TR o Li, respectivamente.

Existen diversos minerales portadores de **As** (sulfuros, sulfoarseniuros, arseniuros y sulfosales, además del arsénico nativo y sus variantes, stibarsen o allemontita) que han sido descritos como menas, por sorprendente que pueda parecer esta calificación si se tiene en cuenta su valor de mercado, ya que muchas veces su presencia es indeseable y se penaliza en el mercado por su impacto ambiental. En general, estas “menas” tienen en común su inestabilidad en la zona de oxidación superficial, lo que las hace peligrosas por contaminar con As el medio ambiente. Algunas de ellas, como el **rejalgar**, *rl*, y el **oropimente**, *orp*, suelen formarse en fases póstumas de deposición hidrotermal, pero posiblemente también por meteorización incipiente; aun así, se han descrito también entre las menas, lo que encaja mejor con sus valores de reflectancia ($R > 20\%$, 546 nm), notablemente más altos que los habituales de ganga. Por lo demás, se ha seguido el criterio de referirse, al hablar de ganga arsenical, a arseniatos o minerales oxidados relacionados con los procesos comunes de meteorización en la zona de oxidación superficial.

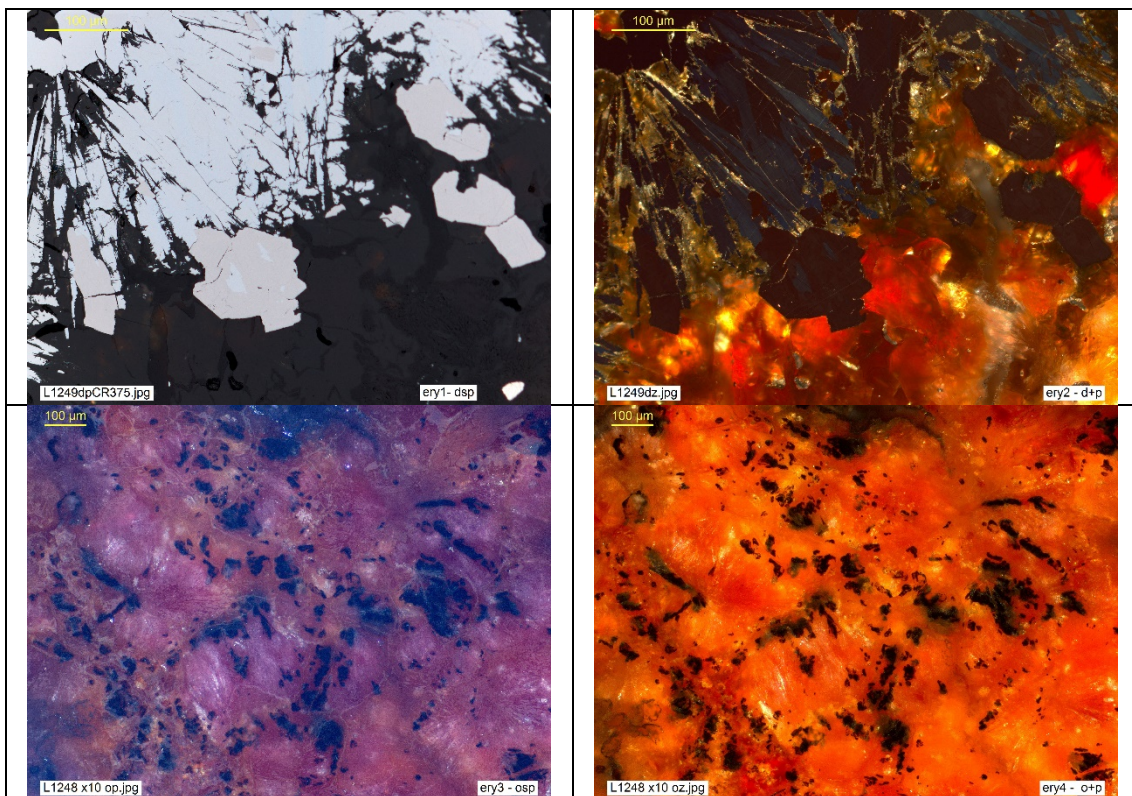
Entre los minerales que pueden formarse por oxidación de menas arsenicales, se cuentan los bien conocidos arseniatos **escorodita** (*sco*, $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ortorrómbico), **eritrina** (*ery*, $\text{Co}_3\langle \text{AsO}_4 \rangle_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, monoclinico) y **annabergita** (*annbg*, $\text{Ni}_3\langle \text{AsO}_4 \rangle_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, monoclinico), todos ellos transparentes, por lo que el medio adecuado para caracterizarlos, aparte del examen en muestra de mano o con estereomicroscopio, es el microscopio petrográfico (LT). No obstante, en condiciones favorables es posible, en algunos casos, su reconocimiento con **LR** (Luz Reflejada) o, al menos, el deducir su hipotética presencia observando sus reflexiones internas, **RI**, que aparecen *coloreadas, respectivamente, con tonos verdeazulados a pardoamarillentos (o rojizos, por contaminación limonítica), rosados o verdosos. Asimismo, es útil tener en cuenta su relación con arsenopirita o menas arsenicales de Co o Ni, respectivamente.*

Como ejemplo, las figuras **F ery1** a **F ery6** ilustran un caso favorable en que es posible el reconocimiento con LR de **eritrina**. Se trata de una muestra de mena arsenical del tipo *five-element formation* o Ni-Co-Bi-Ag-U, recubierta por una corteza de alteración marginal, en la que se aprecian incrustaciones rosadas de probables *flores de cobalto*, nombre informal de la eritrina que alude a su aspecto en muestra de mano.

Según se deduce de las texturas indentadas de **F ery1**, la mena está parcialmente reemplazada (corroída) por una ganga grisácea, como es típico en procesos de alteración superficial. La reflectancia, **R**, de la ganga es realmente baja si se compara con la mena, compuesta esencialmente de *arseniuros blancos* y plata (löllingita, safflorita, plata nativa, cobaltita,

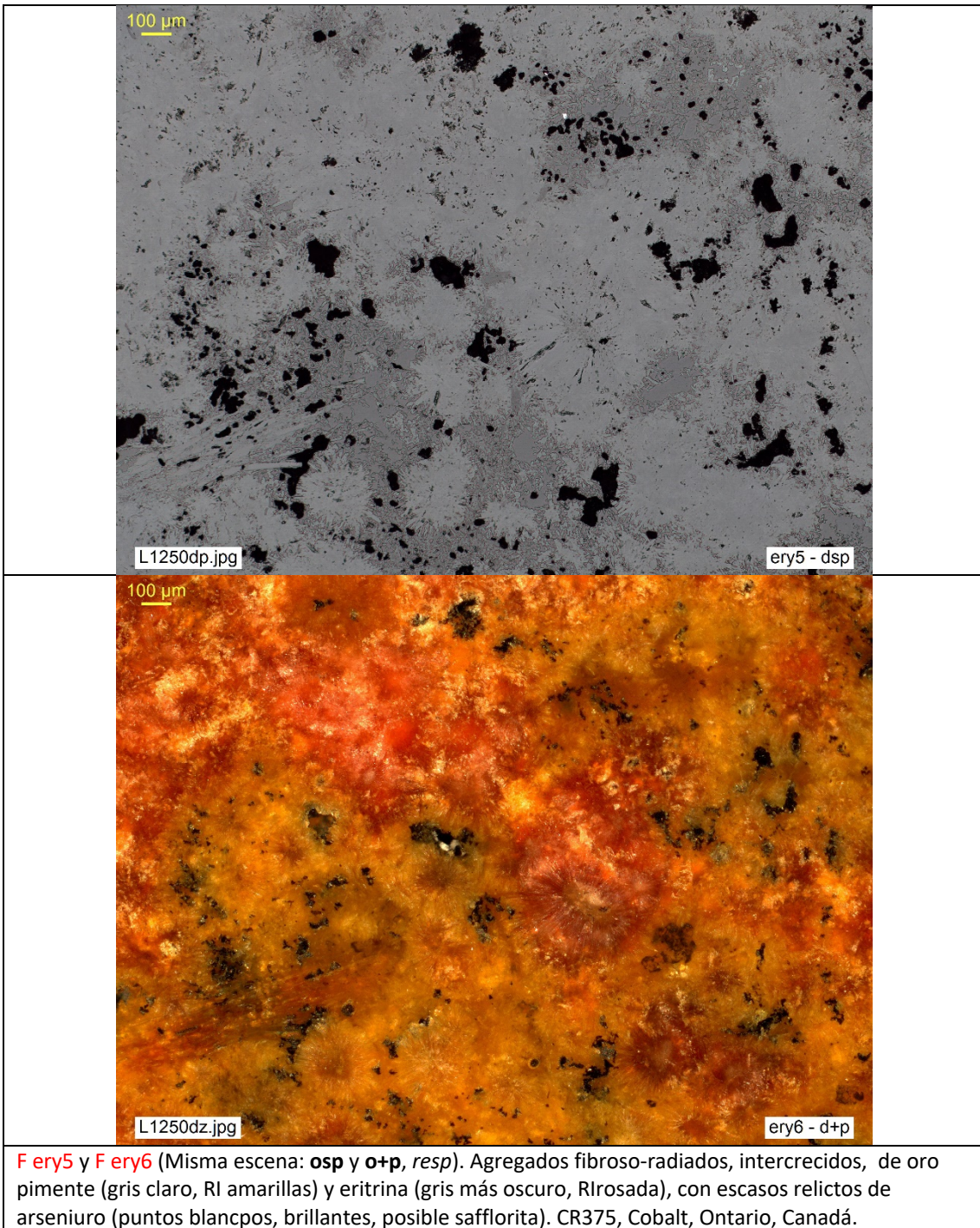
skutterudita, etc., no todos visibles en la imagen), pero no tan baja como para impedir que se perciba una cierta birreflectancia (o variación en el nivel de gris entre granos contiguos) y un cierto tono rosado; en realidad, el aspecto oscuro queda ligeramente exagerado en la imagen, por contraste, al estar la ganga acompañada de menas muy reflectivas, entre ellas una inclusión de plata nativa (ángulo inf dch).

La estimación visual de R es compatible con el valor aproximado $R \approx 6\%$, que según la función de Fresnel corresponde (en aire) a un índice de refracción $n \approx 1.65$, coherente con los valores conocidos de eritrina ($n_{ery} \approx 1.63-1.70$). La coloración rosa, perceptible incluso sin analizador (*dsp*) y acentuada en inmersión (cf **F ery3**, *osp*), pone de manifiesto RI, intensas y masivas, que con analizador (*d+p* y *o+p*) muestran una fuerte luminosidad (**F ery2** y **F ery4**) y obliteran los efectos de anisotropismo. La ganga comprende también oropimente intercrecido con eritrina y formando agregados fibroso-radiados, reconocible por su mayor reflectancia (se ve gris más claro) y por sus RI amarillas (**F ery5** y **F ery6**); la escasez de arseniuros, reducidos a diminutos relictos dispersos, en estas dos fotomicrografías reduce el efecto de contraste que, en las fotos anteriores, hacía aparecer la ganga demasiado oscura (subexpuesta) y ofrece una imagen más realista de la reflectancia real de ésta, más alta que la del cuarzo o de la resina, pero inferior a la de oropimente ($R_{orp} \approx 23\% - 27\%$).



F ery1 y **F ery2** (Misma escena: **dsp** y **d+p**, *resp*). Agregado cristalino de löllingita (blanca, prismática, anisótropa), cobaltita (blanco-rosado), skutterudita (blanca, isótropa) y plata nativa (blanca, muy brillante, ang inf dcho) parcialmente reemplazadas por eritrina (gris, RI rosadas, luminosas). CR 375, Cobalt, Ontario, Canadá.

F ery3 y **F ery4** (Misma escena: **osp** y **o+p**, *resp*). Ganga de eritrina masiva (oscura en inmersión, pero el tono gris original aparece obliterado en amplias zonas, rosadas, por luz difusa de RI), secundaria de mena Ni-Co-Bi-Ag-U. Diminutas partículas relictas (diseminadas en ery, blancas, brillantes), único vestigio preservado de la mineralización arsenical primaria. CR375, Cobalt, Ontario, Canadá.



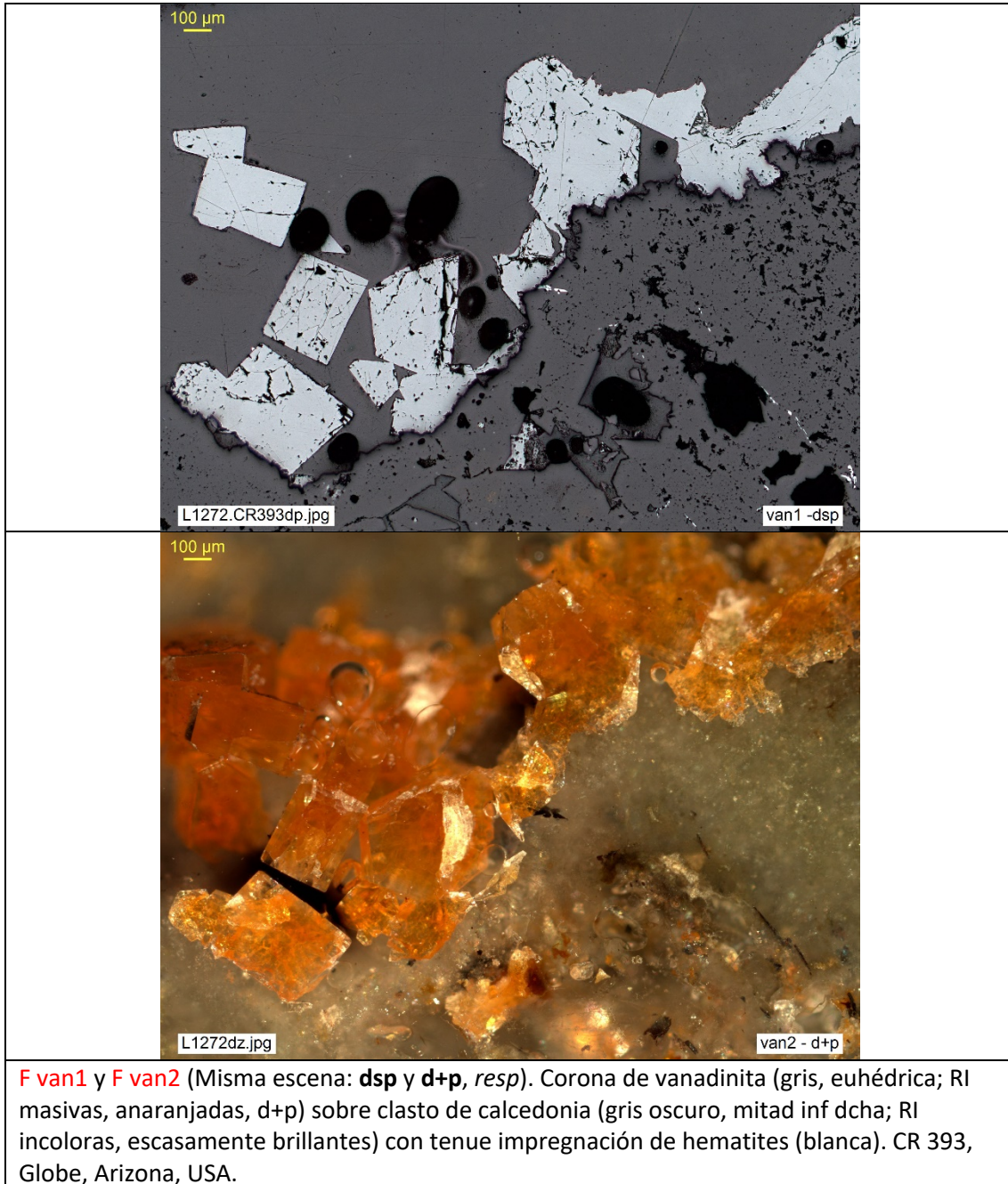
El vanadato **vanadinita** (*van*, $Pb_5\langle VO_4 \rangle_3Cl$, hexagonal) debe considerarse en algunos casos como mena, ya que es o ha sido fuente importante de V en algunas minas, como Tsumeb (Namibia), Sulejman Sai (Kazakstan), Broken Hill (Zambia) o Chihuahua (México). Se describe, sin embargo, entre los minerales de ganga, porque con mayor frecuencia se encuentra en pequeñas cantidades, como mineral secundario, esporádico, en la zona de oxidación superficial de diversos yacimientos sulfurados con galena, sulfosales de Pb y otras que al meteorizarse liberan el V que supuestamente puedan contener en trazas. La vanadinita aparece en estos casos diseminada, como impregnación, en cavidades, microfisuras o incrustaciones (**F van 1-4**), acompañado de otros portadores de plomo neoformados como piromorfita, wulfenita, cerusita, anglesita, así como de limonita, jarosita y otras especies de la zona de oxidación.

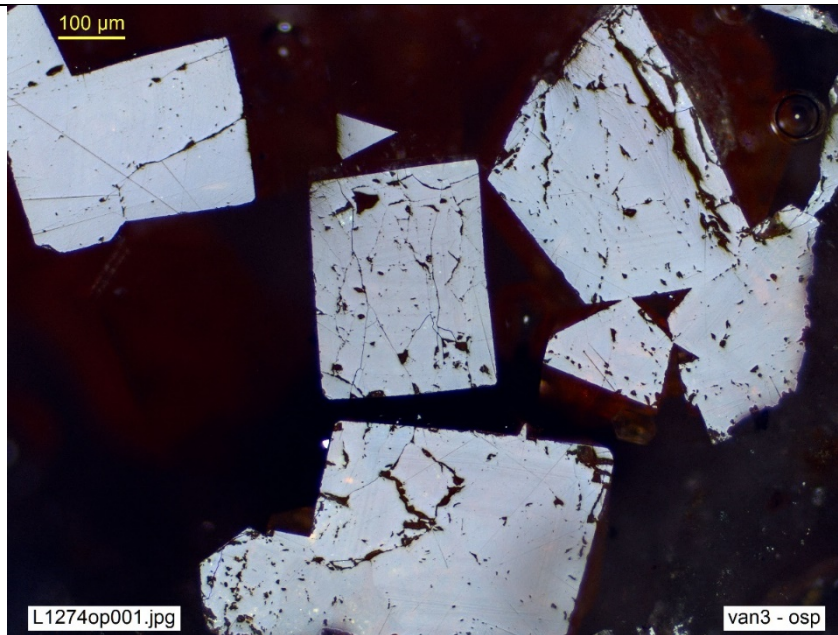
Su relación con el contexto geológico de zona de oxidación es un dato importante para su reconocimiento microscópico, que se apoya en las siguientes peculiaridades,

- su morfología, presentando, en cavidades o incrustaciones, agregados y bellos cristallitos euhédricos, con formas prismáticas, tabulares y piramidales (**F van1-4**);
- su carácter transparente pero relativamente absorbente, casi opaco a veces;
- su color gris claro, con ocasionales reflejos anaranjados (efecto de las RI, perceptibles localmente sin analizador, **F van3**);
- su reflectancia¹ ($R_{van} \approx 16.2\%$ a $\approx 17.2\%$): moderada o baja en términos absolutos, pero muy alta en relación con los valores habituales de la ganga ($R_{gg} \leq 10\%$), en correspondencia con su muy elevada refringencia (índices de refracción: $n_w = 2.416$ y $n_e = 2.350$; como referencia, el índice de refracción de esfalerita, típica mena que también puede variar de transparente a casi opaca, es solamente $n = 2.369$, mientras que su reflectancia varía, según la composición, entre $R_{sp} \approx 16.3\%$ y 17.4%);
- su escasa birreflectancia, imperceptible a pesar de su notable birrefringencia ($\delta = 0.066$; cf. **F van1** y **F van3**);

¹ Se ha estimado la reflectancia, R, de vanadinita según la función de Fresnel, a partir de los valores conocidos de sus índices de refracción ($n_w = 2.416$, $n_e = 2.350$); tomando como referencia un valor intermedio $n \approx 2.383$, resulta $R \approx 16.7\%$ (aire); éste es un valor aproximado para orientaciones al azar, aunque en realidad podrían esperarse, en correspondencia con los valores reales de n (n_w y n_e), valores de R, variables según la orientación del grano, entre $R_e \approx 16.2\%$ y $R_w \approx 17.2\%$. No obstante, en la práctica estos valores teóricos habrían de ajustarse ligeramente al alza, si se tiene en cuenta la aportación de las RI, perceptibles incluso sin analizador como zonas más claras, anaranjadas, en la superficie del mineral. Y más todavía, si se corrige la fórmula de Fresnel introduciendo el valor del coeficiente de absorción k, que no ha podido documentarse, pero que no debería despreciarse, teniendo en cuenta el carácter semi-absorbente o casi opaco de vanadinita.

- sus reflexiones internas, RI, masivas y luminosas (F van2 y F van4), con tonos amarillos a anaranjados y pardo-rojizos, que ocultan el anisotropismo pero ocasionalmente realzan estructuras internas, como el zonado de crecimiento (F van3 y F van4).
- su anisotropismo habitualmente imperceptible, enmascarado por las RI ;





F van 3 y **F van4** (Misma escena: **osp** y **o+p**, resp). Detalle de *F van1*, en inmersión: notable aumento del contraste entre cuarzo (que desaparece totalmente) y vanadinita, la cual mantiene el aspecto de una mena, gana en nitidez y muestra zonado composicional o de crecimiento y RI anaranjadas a amarillentas o rojizas, perceptibles incluso sin analizador (*osp*) por la mayor luminosidad y tono anaranjado en algunos puntos (grano central inf).