

Mineralogía del Depósito de Uranio Eureka (Castell-estaó, Pirineo, Cataluña)

/ MONTGARRI CASTILLO (1,*), LISARD TORRÓ (1), MARC CAMPENY (1), CRISTINA VILLANOVA (1), ESPERANÇA TAULER (1), JOAN CARLES MELGAREJO (1)

(1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Universitat de Barcelona. c/Martí i Franquès s/n. 08028 Barcelona (España)

INTRODUCCIÓN.

En el Pirineo existen abundantes depósitos de tipo red bed (Kyser y Cuney, 2009) encajados en las series del Triásico inferior. La mayor parte de estos indicios fueron investigados para la explotación de U en los años 1950 (Arribas, 1966). La mina Eureka, precisamente, fue la primera mina de U explotada en España, si bien pronto se clasificó como no económica. No obstante, la complejidad de las asociaciones minerales que presenta puede ser un buen modelo de referencia para explicar las interrelaciones que se producen entre los minerales de Cu-U-V, tanto durante la precipitación de la mineralización primaria como durante los estadios supergénicos. Este trabajo tiene como objetivo caracterizar las especies minerales y establecer la secuencia de formación para cada uno de estos estadios.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA.

El grupo de minas Eureka se encuentra en el Pirineo Central, emplazado en las dos vertientes del río Flamisell, en la Vall Fosca, en el término municipal de la Plana de Mont-Ros (comarca del Pallars Jussà, Lleida), extendiéndose hasta el agregado de Castell-estaó, a 1 km al W.

La mineralización encaja en las series detríticas rojas del Triásico inferior en facies Buntsandstein, que se disponen en franjas orientadas aproximadamente E-W, la típica dirección pirenaica. La serie, muy potente (unos 200 m), se encuentra muy verticalizada, y se dispone discordantemente sobre series detríticas de edad Estefaniense (que comprenden rocas volcánicas y volcanosedimentarias calcálicas) y series metapelíticas de edad Cambro-Ordovícica. Todo este conjunto forma parte de bloques cabalgantes hacia el sur, de edad Alpina.

ESTRUCTURA DE LA MINERALIZACIÓN.

Pueden reconocerse tres tipos de mineralización: estratoligada, filoniana y supergénica.

La mineralización estratoligada es la que concentra la mayor parte del stock metálico, y es la que se explotó. Sigue la dirección aproximada E-W. Las zonas mineralizadas son fácilmente identificables a escala de afloramiento, puesto que vienen acompañadas por la decoloración de los materiales detríticos encajantes, los cuales pasan a presentar un color verdoso a grisáceo. La mineralización encaja preferentemente en los niveles detríticos gruesos (conglomerados o areniscas), estando casi ausente en los tramos lutíticos. Por otro lado, está directamente asociada a tramos ricos en materia orgánica, incluyendo niveles de carbón. Estos tramos son de potencia centimétrica a decimétrica, si bien las zonas reducidas asociadas con los mismos pueden tener un espesor mayor, hasta unos 30 cm.

La mineralización filoniana consta de vetillas subverticales de dirección E-W y N-S de poca continuidad (algunos metros) y con potencia muy reducida, apenas algunos milímetros. Rellena diaclasas que se ubican principalmente en los niveles detríticos gruesos, respondiendo a diferencias de competencia entre estos materiales y los lutíticos durante la deformación alpina. El relleno de las diaclasas puede ser de barita (fuera de las zonas reductoras) o de carbonatos y sulfuros (dentro de las zonas reductoras).

La mineralización supergénica se dispone en forma de costras superficiales que pueden tener una extensión de varias decenas de metros cuadrados. Existen también algunas vetillas de anchura inferior a 500 micras y pocos centímetros de continuidad, que pueden disponerse subparalelamente a

la estratificación o rellenando pequeñas diaclasas.

En la zona se practicaron 3 galerías a diferente cota siguiendo la dirección de la mineralización estratoligada, así como diversos pozos de ventilación y calicatas. Para este estudio, se han recogido más de 60 muestras representativas que cubren todas y cada una de estas labores.

MINERALOGÍA Y TEXTURAS.

Mineralización Estratoligada.

La mineralización encaja en cuarcitas y cuarzoarenitas, y cabe tener en cuenta el papel que desempeñan en el proceso mineralizante los minerales detríticos de las rocas sedimentarias encajantes. El principal es el cuarzo, acompañado por pequeñas cantidades de feldespato potásico y plagioclasa, así como fragmentos de roca. El resto de minerales se encuentra en cantidades accesorias. El apatito-(CaF) es el más abundante de ellos, en forma de cristales idiomórficos, seguido por cantidades muy inferiores de rutilo y cirión.

La mineralización estratoligada propiamente dicha está constituida por asociaciones minerales de grano muy fino (generalmente menos de 1 mm de diámetro), con Cu-V-Bi-Ag-U-Se-Ni-Co-As, que se disponen como cemento del sedimento detrítico. Se describen a continuación los minerales por orden de formación.

- Filosilicatos de V. El más importante es la roscoelita (mica dioctaédrica de V, $KV_2[AlSi_3O_{10}(OH)_2]$), que constituye la matriz filosilicatada de la roca. Forma cristales de aspecto micáceo y color gris-amarillento a marrónáceo. No obstante, posiblemente algunos de los minerales arcillosos de la matriz correspondan a illitas ricas en vanadio.

palabras clave: Uranio, Red-bed, Triásico, Secuencia mineral, Supergénico

key words: Uranium, Red-bed, Triassic, Mineral sequence, Supergene

resumen SEM 2009

* corresponding author: Montgarricastillo@gmail.com

La roscoelita es muy abundante y puede llegar a conformar el 10% en volumen de la mineralización, generándose quizás por reemplazamiento de arcillas durante la diagénesis. A su vez, la roscoelita se encuentra reemplazada por minerales de U siguiendo su exfoliación.

- Pirita. Es relativamente frecuente en este depósito, en forma de cristales euhedrales de algunas decenas de micras de diámetro. Sin embargo, se encuentra casi siempre fracturada y parcial o totalmente reemplazada por gersdorffita y sulfuros de Cu.
- Sulfoarseniuros de Ni-Co. Se cuentan entre las menas más comunes del depósito. Principalmente es gersdorffita, con proporciones muy variables de Co. Son reemplazados por sulfuros de Cu.
- Sulfuros de Cu. La calcopirita es rara en este depósito, siendo mucho más abundantes la bornita y minerales del sistema Cu-S, como la spionkopita ($\text{Cu}_{39}\text{S}_{28}$), que reemplaza los sulfoarseniuros de Ni-Co, la geerita (Cu_8S_5) y la calcosina (Cu_2S).
- Elementos nativos. El más común es el bismuto nativo. Es un mineral de formación tardía, y está asociado con sulfuros de Cu (covelina).
- Sulfosales. Son poco frecuentes, y acompañan a los sulfuros de Cu, siendo de formación tardía. Se han reconocido witchenita (Cu_3BiS_3) y cobres grises como tennantita ($\text{Cu}_{10}(\text{Fe,Zn})_2\text{As}_4\text{S}_{13}$) y tetraedrita $\text{Cu}_{10}(\text{Fe,Zn})_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ rica en Ag.
- Seleniuros. Son relativamente frecuentes, apareciendo como cristales aislados de pocas micras de diámetro. El más común es la naumannita (Ag_2Se), si bien aparece también la clauthalita (PbSe), idiomórfica. En determinadas muestras aparece dentro de vetas, asociada a tennantita, reemplazando sulfuros de Cu.
- Esfalerita. Es poco abundante y de grano fino. Es pobre en hierro. Reemplaza sulfuros de Cu.
- Óxidos de uranio. La uraninita (UO_2) se encuentra directamente asociada con los niveles de carbón, donde forma nidos de pequeños granos de pocas micras de diámetro.
- Coffinita $\text{U}(\text{SiO}_4)_{1-x}(\text{OH})_{4x}$. Aparece eventualmente asociado con uraninita, o bien en la matriz de silicatos. Forma agregados radiales de cristales tabulares.

Mineralización Flioniana.

Rellena fisuras que corresponden a diaclasas o fallas subverticales compresivas de poco desplazamiento. En ocasiones las superficies de deformación pueden haber actuado como niveles de despegue de pequeños cabalgamientos ligados a la deformación alpina, que llegan a cortar a las fracturas anteriores. Todas estas fracturas están mineralizadas, por lo que la edad de la deformación debe corresponder con la de esta removilización. Así pues, esta mineralización es del Eoceno-Oligoceno.

El principal mineral de relleno es el cuarzo microcristalino, que presenta crecimientos en peine en el borde de las vetas, seguido por ankerita, en forma de cristales romboédricos euhedrales de tamaño milimétrico. Acompañando a la ankerita se distinguen granos milimétricos de sulfuros, principalmente calcopirita y bornita. No se ha encontrado minerales de U-V-Bi-Ag en esta asociación.

Mineralización Supergénica.

En profundidad, la alteración supergénica se manifiesta por reemplazamientos pseudomórficos de los minerales primarios o por el desarrollo de finas venillas.

Las venillas están constituidas por compuestos oxidados, principalmente sulfatos (brochantita $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$, antlerita $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$, arseniatos (zeunerita $\text{Cu}^{2+}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{-}16\text{H}_2\text{O}$), fosfatos (autunita $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$, torbernita $\text{Cu}^{2+}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{-}12\text{H}_2\text{O}$), seleniatos (demesmaekerita $\text{Pb}_2\text{Cu}_5(\text{UO}_2)_2(\text{SeO}_3)_6(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), vanadatos (carnotita $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, tyuyamunita $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 5\text{-}8\text{H}_2\text{O}$, sengierita $\text{Cu}_2(\text{UO}_2)_2\text{V}_2\text{O}_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). También se ha encontrado anglesita.

Por otra parte, existen un conjunto de óxidos de U hidratados, cuyo estadio de cristalización es poco claro. Estos minerales son de grano muy fino, casi siempre de hábito tabular o acicular, y se disponen siempre en crecimientos esferulíticos.

Los vanadatos están claramente relacionados con la meteorización de la roscoelita, pues forman venillas dentro

de los niveles ricos en este mineral, o bien se disponen siguiendo los planos de exfoliación.

Las costras y eflorescencias superficiales tienen una mineralogía claramente oxidada y están constituidos por minerales ricos en moléculas de agua. Entre ellos, predominan los sulfatos (de cobre como la posnjakita $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$, o de uranio como la uranopilita $(\text{UO}_2)_6(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$); los arseniatos (eritrina $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, annabergita $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, zeunerita $\text{Cu}^{2+}(\text{UO}_2)_2(\text{AsO}_4)_2 \cdot 10\text{-}16\text{H}_2\text{O}$, mimetita $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$), y los carbonatos (azurita, malaquita, andersonita, $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $\text{cejkaita Na}_4(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3$). Estos minerales raramente aparecen en superficie, pero son frecuentes en las paredes de las galerías de las minas. La dispersión de estos minerales demuestra la movilidad de los elementos correspondientes en este ambiente.

CONCLUSIONES.

La mineralogía de los depósitos del grupo minero Eureka responde a un desarrollo polifásico. Así, en un primer estadio se forman asociaciones minerales estratoligadas de elementos sensibles a procesos redox, como Cu-U-V-Se-Ag-Ni-Co-As-Bi. De este modo, estas mineralizaciones están confinadas a un medio altamente reductor, condicionado por los niveles carbonosos, con baja fugacidad de S. Durante la compresión alpina, se produce la removilización a pequeña escala de parte del Cu de la mineralización. Finalmente, durante la meteorización se generan compuestos oxidados de Se-V-S-P-As que pueden fijar también algunos de los elementos pesados, incluyendo el U.

REFERENCIAS.

- Arribas, A. (1966): *Mineralogía y metalogénia de los yacimientos españoles de uranio. Los indicios cuprouraníferos en el Triás de los Pirineos Catalanes. Estudios Geológicos* **22**: 31-45.
- Kyser, K., Cuney, M. (2009): *Sandstone-hosted uranium deposits. In "Recent and not-so-recent developments in uranium deposits and implications for exploration", K. Kyser, y M. Cuney, eds. MAC Short Course series, 39, 221-238.*