

Alteración inducida por percolación de soluciones ácidas de las pizarras negras del área Retortillo-Santidad (Salamanca)

/ F. JAVIER HUERTAS (1*), FERNANDO GERVILLA (1,2)

(1) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada. Avda. de las Palmeras 4, 18100 Armilla, Granada (España)
(2) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada. Avda. Fuentenueva s/n, 18071 Granada (España)

INTRODUCCIÓN

Las pizarras negras de edad Ordovícica del área de Retortillo-Santidad afloran en un sinforme con orientación NW-SE (prolongación noroccidental del Sinclinal de Tamames), situadas por encima de una formación de cuarcitas (Cuarcita Armoricana). Presentan bandedado milimétrico a centimétrico y foliación sub-vertical. La secuencia Ordovícica está intruida por un granito tardi-Varisco de grano grueso (granito de Bañobárez). Tanto el granito como las pizarras negras asociadas están a su vez intruidas por pegmatitas, aptitas y venas de cuarzo de espesor variable (centímetros a decenas de centímetros). Localmente las pizarras se encuentran turmalinizadas y/o mineralizadas con uranio. Las pizarras están compuestas por moscovita, cuarzo, biotita y andalucita como minerales mayoritarios, junto con: 1) cordierita y, localmente, feldespato potásico y plagioclasa, en la zona profunda no alterada y 2) filosilicatos secundarios (clorita, berthierina, caolinita y ocasionalmente esmectita) en la zona más superficial. Muchas pizarras contienen venas de espesor variable de cuarzo-sulfuros (\pm carbonatos). La asociación de sulfuros consiste principalmente en pirita y/o pirrotina, con cantidades menores de marcasita y calcopirita. La pirita y la pirrotina también se presentan diseminadas en la roca y la pirita forma venillas paralelas a la foliación. Ilmenita, grafito, turmalina, apatito, monacita y zircón son los minerales minoritarios presentes en todas las pizarras estudiadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han muestreado tres sondeos en Retortillo (RTO 10, RTO 18, RTO 72) y uno en Santidad (SAN 61/SAN 156), correspondientes a zonas con diferente grado de alteración, proximidad a fallas

y espesor de la cobertera. Las muestras se han estudiado en láminas delgadas pulidas mediante microscopía de luz transmitida y reflejada, microscopía electrónica de transmisión (SEM), y en polvo por difracción de rayos X (muestra total y agregado orientado -secado al aire, solvatado con etilenglicol, calentado a 350 y 550 °C). Los análisis químicos de los granos minerales se han realizado por microsonda electrónica (EMPA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La alteración es relativamente heterogénea, y tiende a aumentar hacia la superficie y en las zonas próximas a fallas. Las muestras superficiales (<15 m) muestran color rojo de hidróxidos de Fe diseminados (en especial goethita). Las características más relevantes de estas muestras son la intensa alteración de la cordierita (raramente de la andalucita) a caolinita de grano fino (pinnita), la alteración de biotita a clorita rica en Fe, filosilicatos 1:1 (berthierina, caolinita) \pm esmectita, el reemplazamiento parcial de la moscovita por caolinita y la alteración completa de los sulfuros de Fe a óxidos e hidróxidos de Fe. La alteración progresa en profundidad a través de los planos de foliación y los niveles discretos ricos en cuarzo o en mica cercanos los niveles de cuarzo. De esta manera, entre los 15 m y 40-115 m (el nivel inferior depende de la presencia de fallas), las pizarras presentan alteración moderada, caracterizada por la presencia de i) biotita roja oscura a marrón verdosa producida por alteración a clorita rica en Fe y/o berthierina, y en menor extensión a moscovita; ii) cordierita transformada en agregados ovoidales de grano fino de pinnita, preferentemente compuestos por caolinita (Fig. 1a); iii) moscovita reemplazada por caolinita (Fig. 1b); iv) algunos cristales de andalucita (asociados a bandas ricas en caolinita)

con rellenos de fracturas y alteración en los límites de grano a esmectita rica en Al; v) pirrotina reemplazada por pirita; vi) ilmenita reemplazada parcialmente por rutilo y en ambos casos por leucoxeno. En las muestras profundas tiende a preservarse la asociación mineral primaria metamórfica, compuesta principalmente por cuarzo, moscovita, biotita, andalucita y cordierita (localmente feldespato potásico y plagioclasa, que llegan a ser abundantes), con cantidades menores de pirrotina.

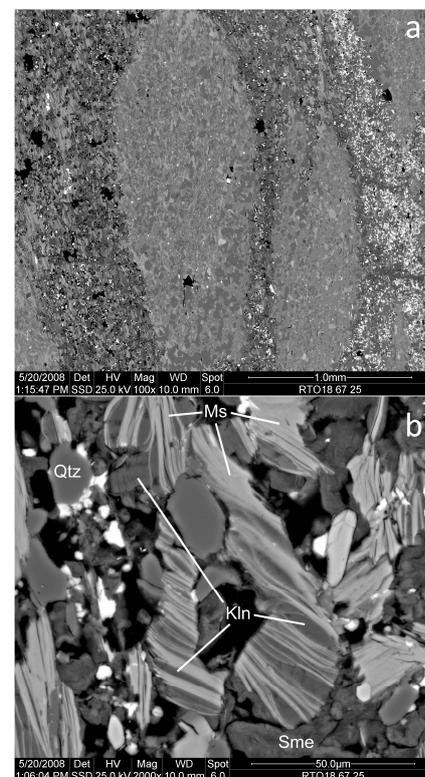


Fig. 1. En la muestra RTO 18-67.25 a) agregado ovoidal de pinnita junto a una banda rica en pirita y b) cristales de moscovita parcialmente reemplazados por caolinita.

El análisis mineralógico por DRX y el análisis químico de los silicatos

palabras clave: Pizarras negras, Alteración sulfídica, Soluciones ácidas.

key words: Black slates, Sulfide alteration, Acid solutions.

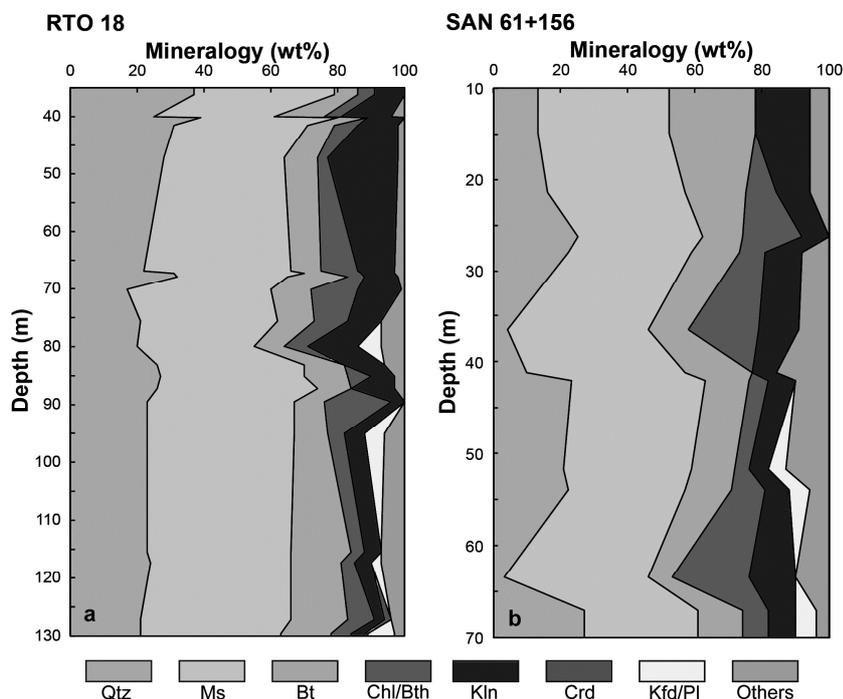


fig 2. Mineralogía de las muestras analizadas en los sondeo RTO 18 (Retortillo) y SAN 61-156 (Santidad).

mediante EMPA permiten comprender al grado de alteración de las muestras y su extensión a lo largo de diferentes secciones representadas por los diferentes testigos de sondeos estudiados en detalle. El grado y extensión de la alteración se pueden justificar por su ubicación respecto a la presencia de fallas en el sinforme de Retortillo-Santidad. Mientras que en los sondeos alejados de las fallas (RTO 10, RTO 18) la proporción de minerales secundarios (caolinita y clorita/berthierina) decrece significativamente desde la superficie hacia abajo (Fig. 2a), en aquellos sondeos situados en la intersección de fallas (RTO 72) la proporción de minerales secundarios y el grado de alteración de las micas permanece constante a lo largo del sondeo (hasta 75 m). Los sondeos

situados cerca de fallas (SAN 61/SAN 156) muestran un perfil intermedio e irregular (Fig. 2b).

Los análisis químicos por EMPA de cristales de filosilicatos se han representado en diagramas triangulares (McLennan et al., 1993) (Fig. 3). La composición química de las micas (moscovita y biotita) no alteradas es homogénea, claramente observable en las muestras profundas. En los niveles alterados se pueden observar las tendencias de alteración: de moscovita a caolinita (enriquecimiento en Al y pérdida de álcalis) y de biotita a clorita/berthierina (enriquecimiento en Fe+Mg y pérdida de álcalis, a Al constante). Se observan otras trayectorias más complejas, entre las composiciones correspondientes a

biotita y caolinita.

CONCLUSIONES

La alteración observada en las pizarras negras de Retortillo-Santidad está originada por la percolación de las aguas meteóricas, que progresa favorecida por la disposición sub-vertical de la foliación y las fracturas. Estas soluciones saturadas en oxígeno promueven la alteración de los sulfuros de Fe, generando sulfatos y aumentando la acidez. La interacción de estas soluciones con las rocas encajantes genera las asociaciones minerales descritas favoreciendo su neutralización progresiva. Como consecuencia, las zonas profundas tienden a permanecer inalteradas.

Este patrón de alteración se superpone a la circulación de soluciones asociadas a fallas y a intrusiones graníticas, y está asociado a la removilización y concentración de la mineralización primaria de bajo grado de uranio contenida en las pizarras negras. Las aguas oxidantes y ricas en sulfatos favorecen la oxidación y transporte del U como complejos sulfatados (Huertas et al., 2013), a la vez que alteran las pizarras. La alteración progresa hasta que las aguas de percolación se neutralizan y reducen, debido a las reacciones de alteración propiamente dichas y a la presencia de materia orgánica. En estas condiciones se neutralizan las soluciones, se detiene la alteración y se produce el depósito del uranio.

REFERENCIAS

Huertas, F.J., Gervilla, F., Gwatkin, C. (2013): Uranium mineralization in the Retortillo-Santidad Area (Salamanca, Spain): Role of late alteration. in "Mineral deposit research for a high-tech world. 12th SGA Biennial Meeting 2013. Proceedings, Volume 4, 1594-1597.
 McLennan, S.M., Hemming, S., McDaniel, D.K., Hanson, G.N. (1993) Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. Geol. Soc. Am. Special Paper 284, 21-40.

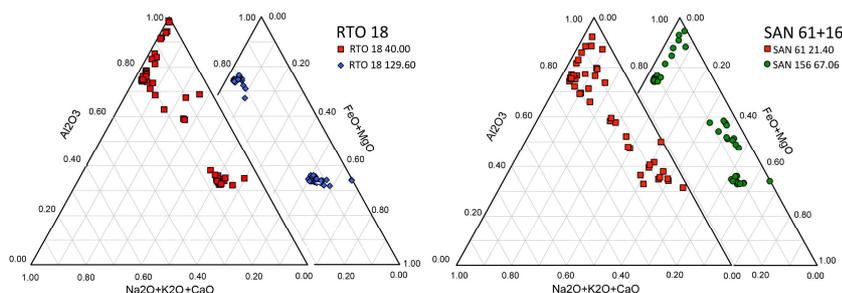


fig 3. Análisis por EMPA de cristales de filosilicatos en muestras del sondeo RTO 18 y SAN 61+156. En la zona superficial (RTO 18 40.00 y SAN 61 21.40) se observa la transformación de moscovita en caolinita y de biotita en chlorita/berthierina. mientras que en zonas profundas moscovita y biotita están poco alteradas (SAN 156 67.06) o no están alteradas (RTO 18 129.60).