Asociación talco-fengita en esquistos blancos de la Zona Interna del Rif, Norte de Marruecos

Mª Dolores Rodríguez-Ruiz (1*), Isabel Abad (2), María J. Bentabol (1), Carlos Sanz-de-Galdeano (3)

(1) Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Málaga, 29071, Málaga (España)
(2) Departamento de Geología. Universidad de Jaén, 23071, Jaén (España)
(3) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC–Universidad de Granada, 18071, Granada (España)
* corresponding author: mdrodriguez@uma.es

Palabras Clave: SEM/TEM, Talco, Orógeno Bético-Rifeño. | **Key Words:** SEM/TEM, Talc, Betic-Rif Orogen.

INTRODUCCIÓN

La asociación talco-fengita como indicador de condiciones metamórficas de presión alta (H*P*) se conoce desde la publicación de Abraham y Schreyer (1976). Los estudios experimentales y teóricos (Schreyer, 1985; Massonne y Schreyer, 1989; Wei y Powell, 2003; entre otros) han demostrado que esta asociación es estable en condiciones de H*P* (>10kbar), siendo muy común en esquistos de cinturones orogénicos (Chopin, 1981; Izadyar et al., 2000; entre otros).

La mayoría de los estudios sobre las reacciones que conducen a la formación de la asociación talco-fengita se limitan a temperaturas >500ºC y *P* >5kbar. El hallazgo de esta asociación en las rocas metapelíticas triásicas de la unidad de Beni Mezala (Unidades de Federico de la Zona Interna del Rif) llevó a Bouybaouène (1993) a deducir condiciones metamórficas de 550ºC/20kbar. Sin embargo, la presencia de la asociación pumpellyita-actinolita y la composición de varias fases en venas de cuarzo de esta unidad indicaron condiciones metamórficas locales tan bajas como los ~250ºC/2kbar (Ruiz Cruz et al., 2010). Este trabajo se ha centrado en la caracterización de la asociación talco-fengita de los esquistos blancos de la unidad de Beni Mezala mediante difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM) y de transmisión (HRTEM), con el fin de corroborar la existencia de la misma bajo condiciones de *P* y temperatura (*T*) diferentes a las previamente sugeridas por otros autores.

CONTEXTO GEOLOGICO Y MATERIALES

La Zona Interna de la Cordillera del Rif, sector más occidental de las Cadenas Alpinas mediterráneas, está constituida por dos complejos metamórficos superpuestos tectónicamente: Sébtide (inferior) y Gomáride (superior); que equivalen al Alpujárride y Maláguide de las Cordilleras Béticas, respectivamente. Las Unidades de Federico se sitúan entre ambos complejos (Sanz de Galdeano et al., 2001) y en Ceuta, se caracterizan por ser tres unidades superpuestas tectónicamente, que de abajo arriba son: Beni Mezala, Boquete de Anyera y Tizgarín. La asociación talco-fengita, en este estudio, solo ha sido detectada en los esquistos blancos de la parte superior triásica de la unidad de Beni Mezala.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los esquistos blancos consisten en bandas claras y pardas subparalelas, con tamaños de grano muy pequeño (Fig. 1a). Los diagramas de XRD indican que están constituidos por cuarzo, feldespato potásico, albita, moscovita, interestratificado clorita-vermiculita (ML), talco, minerales del grupo del caolín y hematites. El índice de cristalinidad y el parámetro *b* de la mica blanca es 0,24ºΔ2θ y 9,029 A respectivamente. Estos valores se corresponden con condiciones de epizona, de acuerdo con Warr y Ferreiro-Mählmann (2015) y la facies de *P* intermedia de Guidotti y Sassi (1986).

Las imágenes obtenidas a partir de electrones retrodispersados (BSE) y de espectroscopía por dispersión de energía (EDX; Fig. 1b) indican que las áreas pardas de la imagen óptica, están constituidas por fengita, rutilo y feldespato potásico describiendo la foliación, mientras que las bandas claras consisten en mica blanca potásica desorientada, vermiculita, minerales del grupo del caolín, cuarzo y albita. Las zonas más oscuras (flechas Fig. 1a y 1b) son fundamentalmente ML. Sin embargo, no se han identificado granos discretos de talco, ni en microscopía óptica ni en BSE-SEM. Como los datos de EDX de las fengitas se caracterizan por contenidos en Fe+Mg de hasta 0,76 *apfu*, contenidos en Al^{VI} <1,71 *apfu*, una ocupación octaédrica >2 *apfu* (hasta 2,18 *apfu*) y el contenido en la interlámina <0,90 *apfu* se deduce que, probablemente, el talco pudiera estar intercrecido con la fengita a escala nanométrica.
Las imágenes de HRTEM muestran la presencia de intercrecimientos de fengita, vermiculita y ML (Fig. 1c).

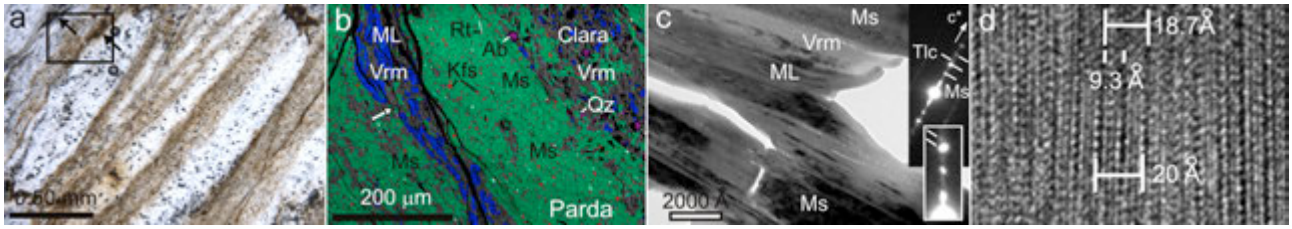

***Fig 1**. a: Imagen óptica (luz polarizada). b: Imagen EDX del recuadro de a. c: Intercrecimientos de fengita, vermiculita y ML, la difracción electrónica muestra la presencia de fengita (Ms) y talco con la misma orientación. d: Fengita (20 Å) con dominios de espaciado de la lámina de 9,30 Å.*

Algunas difracciones electrónicas obtenidas en grandes paquetes de fengitas exhiben reflexiones que podrían ser atribuibles al talco (Fig. 1c, recuadro). Las imágenes de franjas reticulares de estos paquetes muestran un aspecto que recuerda a las exsoluciones de talco en wonesita descritas por Veblen (1983). Además, algunas de estas imágenes permiten observar espaciados de 9,3 Å (Fig. 1d). Los datos de microanálisis de estas zonas presentan contenidos en Mg superiores a 0,57 *apfu* y ocupación octaédrica de hasta 2,24 *apfu*. Todos estos resultados sugieren que el talco forma una estructura en dominios dentro de los paquetes de fengitas.

El contenido medio de Si de las fengitas, substrayendo el talco que puedan tener según los diagramas de XRD, es 3.18 *apfu*. Según el rango de *T* estimado para estas rocas (150-350ºC, Rodríguez Ruiz et al., 2019) el contenido en Si de la fengita corresponde a una *P* ~4 kbar según el geobarómetro de Massonne y Schreyer (1987), que es coherente con la estimación a partir del parámetro *b*.

CONCLUSIONES

Esta investigación evidencia la existencia de talco junto a fengita en rocas afectadas por un metamorfismo de presión intermedia y temperaturas por debajo de 400ºC, si bien, texturalmente, el talco no forma paquetes discretos. Los detalles texturales y químicos encontrados en estas rocas, indican que micas muy ricas en Fe-Mg se han transformado parcialmente en un intercrecimiento lamelar de fengita y talco. Los dominios nanométricos de talco presentes en la fengita representan un nuevo ejemplo de exsoluciones en micas, ya predicho por Veblen (1983). La existencia de micas blancas fengíticas y, por tanto, con contenidos en Si más altos de lo usual en las moscovitas, no necesariamente refleja condiciones de alta *P*, características de las asociaciones talco-fengita descritas con anterioridad.

AGRADECIMIENTOS

A María Dolores Ruiz Cruz por su inestimable ayuda en el marco de esta investigación. Grupos de investigación RNM-199 y RNM-325 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Abraham, K. & Schreyer, W. (1976): A Talc-Phengite Assemblage in Piemontite Schist from Brezovica, Servia, Yugoslavia. J. Petrol., **17**, 421-439.

Bouybaouène, M.L. (1993): Étude pétrologique des metapelites des Sebtides supérieures, Rif interne, Maroc : Une évolution métamorphique de haute pression. Tesis doctoral, L'Universite Mohammed V, Rabat, Marruecos, 160 p.

Guidotti, C.V. & Sassi, F.P. (1986): Classification and correlation of metamorphic facies series by means of muscovite b_0 data from low-grade metapelites. N. Jb. Mineral. Abh., **153**, 363-380.

Massonne, H. & Schreyer, W. (1987): Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz. Contrib. Mineral. Petrol., **96**, 212-224.

— & — (1989): Stability field of the high-pressure assemblages talc-phengite and two new phengite barometers. Eur. J. Mineral., **1**, 391-410.

Rodríguez-Ruiz, M.D., Abad, I., Bentabol, M.J. (2019). Evolución diagenético-metamórfica en el antiforme de Beni Mezala (Rif septentrional, Marruecos). Macla, **24**.

Ruiz Cruz, M.D., Sanz de Galdeano, C., Álvarez-Valero, A., Rodríguez Ruiz, M.D., Novák, J. (2010): Pumpellyite and coexisting minerals in metapelites and veins from the Federico Units in the Internal Zone of the Rif, Spain. Can. Min., **48**, 183-203.

Sanz de Galdeano, C., Andreo, B., García-Tortosa, F.J., López Garrido, A.C. (2001): The Triassic palaeogeogegraphic transition between the Alpujarride and Malaguide complexes. Betic-Rif Internal Zone (S Spain, N Morocco): Palaeogeogr., Palaeocl., **167**, 157-173.

Schreyer, W. (1985): Metamorphism of crustal rocks at mantle depth: High-pressure minerals and mineral assemblages in metapelites. Fortschr. Miner., **63**, 227-261.

Veblen, D.R. (1983): Exsolution and crystal chemistry of the sodium mica wonesite. Am. Mineral., **68**, 554-565.

Warr, L.N. & Ferreiro-Mählmann, R. (2015): Recommendations for Kübler Index standardization. Clay Minerals, **50**, 283-286.

Wei, C. & Powell, R. (2003): Phase relations in high-pressure metapelites in the system KFMASH (K_2O-FeO-MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O) with application to natural rocks. Contrib. Mineral. Petrol., **145**, 301-315.