

# Primeros datos acerca de la evolución química de los Filosilicatos en el complejo Maláguide durante la fase Metamórfica Alpina

*Chemical trends of alpine-related phyllosilicates from the Maláguide Complex. First data*

M. D. Ruiz Cruz

Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias, 29071, Málaga

## ABSTRACT

Compositional trends in the Maláguide Paleozoic, a very low-grade metamorphic complex of the Betic Cordilleras, have been investigated in the Málaga area using bulk-rock mineralogy, clay mineralogy and chemical composition of phyllosilicates. Chemical trends, characterized by the general decrease on Si and Al contents, and the simultaneous increase on Fe+Mg content and Fe/(Fe+Mg) ratio. This can be interpreted in terms of both, increasing temperatures, and differences in initial bulk chemistry. It is concluded that: (a) Most of the phyllosilicate reactions during the alpine event took place in a close system, with scarce exchanges between coarse- and fine-grained beds. (b) The general trends lead to a transition from di, trioctahedral species toward trioctahedral ones, as a function of increasing depths.

**Key words:** Alpine metamorphism, Betic Cordilleras, Compositional trend, Phyllosilicates, Very low-grade metamorphism.

*Geogaceta*, 20 (3) (1996), 613-616  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El Complejo Maláguide constituye la unidad estructural superior dentro de las zonas internas de la Cordillera Bética (Fig. 1). A diferencia de los complejos inferiores (Alpujarride y Nevado-Filábride), en los que se han identificado y caracterizado diferentes fases metamórficas (Díaz de Federico, *et al.*, 1990), el Complejo Maláguide aparece afectado por un metamorfismo de muy bajo grado que ha sido escasamente investigado hasta el momento.

Clásicamente este Complejo se subdivide en tres unidades (Mäkel, 1985): La unidad paleozoica, la unidad permotriásica y la unidad mesozoico-terciaria, con desigual desarrollo a lo largo de la cordillera. En este trabajo solo se hace referencia a la parte inferior de la unidad permotriásica y a la unidad paleozoica, cuyos diferentes miembros se han esquematizado en la columna de la Figura 2.

El conjunto de los materiales maláguides se ha visto sucesivamente afectado por los episodios tectónicos hercínico y alpino, aunque los efectos del primero han sido ampliamente debatidos por los geólogos que han estudiado esta zona, ya que aparecen en gran medida enmascara-

dos por las deformaciones alpinas. Felder (1978) señala la existencia de una fase metamórfica hercínica que habría afectado localmente a los materiales paleozoicos. Ruiz Cruz & Andreo (1996) identifican ambas fases metamórficas, la primera en materiales paleozoicos, la segunda en materiales paleozoicos y permotriásicos. Las condiciones físicas en ambos procesos debieron ser diferentes y una serie de fases minerales desarrolladas durante el episodio hercínico se ha mantenido tras el episodio alpino.

## Materiales y métodos

La secuencia maláguide ha sido muestreada en varios afloramientos próximos a Málaga donde, a partir del estudio de 200 muestras, se ha realizado una selección (Fig. 2), que ilustra los cambios químicos y mineralógicos.

Los resultados recogidos en el siguiente apartado se basan en:

(1) Examen al microscopio de polarización y realización de análisis modales.

(2) Examen mediante microscopía electrónica de barrido (microscopio Jeol-JSM 840).

(3) Estudio mediante difracción de rayos X de muestras totales y las fraccio-

nes de tamaño <2µm y 2-20µm (difractómetro Siemens D-5000, radiación CuKα y monocromador de grafito).

(4) Determinaciones químicas mediante: (a) microsonda electrónica (Cameca SX-50) y (b) análisis al microscopio electrónico de transmisión (microscopio Philips CM-200, equipado con unidad de microanálisis EDAX).

## Resultados

La evolución mineralógica de las muestras totales viene caracterizada por: (1) Evolución en el contenido y composición de los feldespatos (Fig. 2), (2) Descenso gradual del contenido en filosilicatos a 7 Å a partir del límite Permotriás-Carbonífero (3) Desarrollo considerable de clorita en los miembros del Paleozoico superior y medio. El estudio textural pone de manifiesto que, en el Permotriás la mayor parte de micas y cloritas son detríticas, aunque en los tramos inferiores, sericita y clorita autigénica han crecido, especialmente a partir de dickita (Ruiz Cruz & Andreo, 1996). En las areniscas del Carbonífero y Devónico se han podido identificar varias generaciones de micas y cloritas, desarrolladas en diferentes fases metamórficas. En este

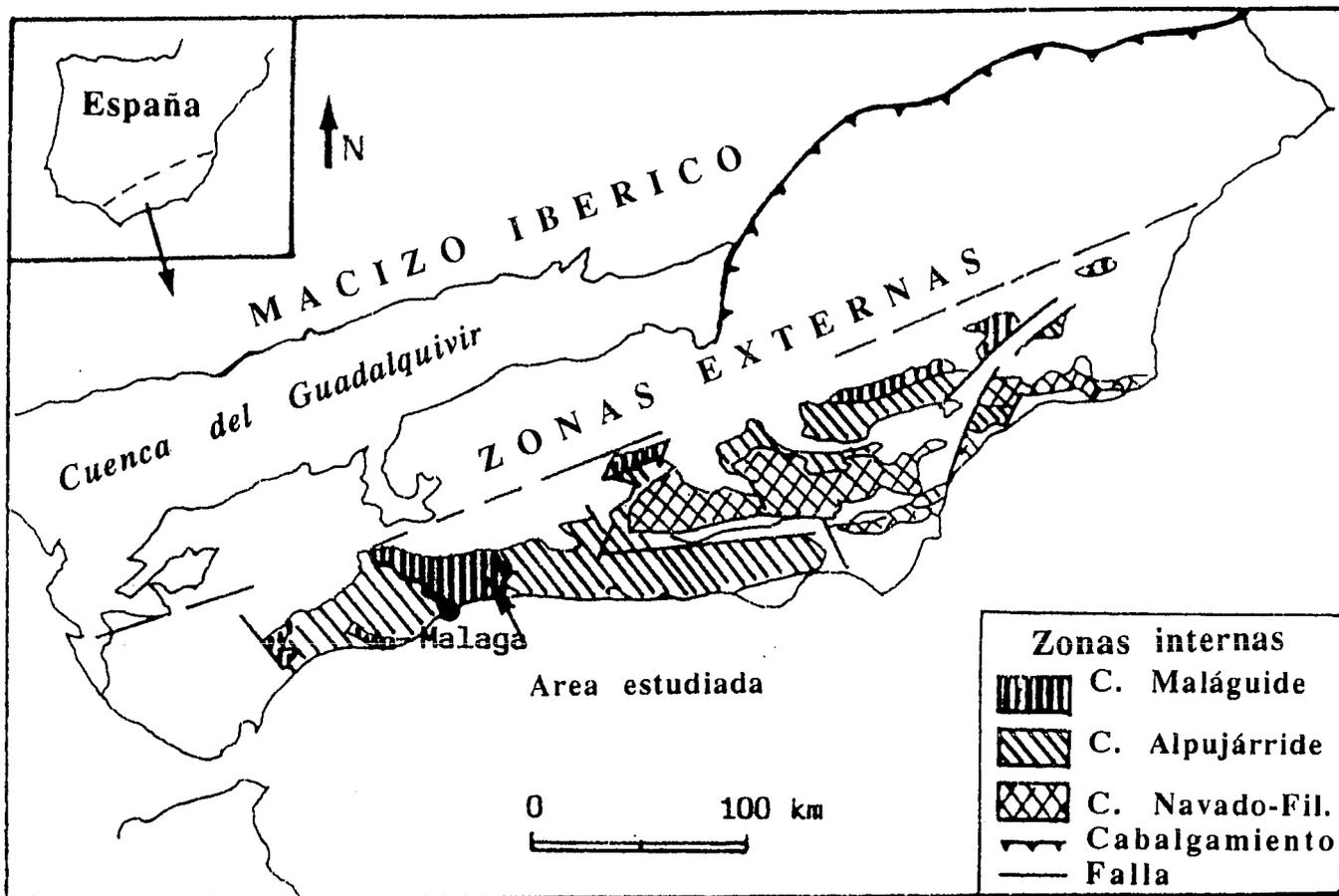


Fig. 1.- Mapa geológico esquemático de la Cordillera Bética y situación del área estudiada.

Fig. 1.- Geological sketch map of the Betic Cordillera and location of the studied area.

trabajo recogemos únicamente los datos químicos relativos a aquellos minerales que aparecen claramente relacionados con el episodio alpino. A partir del Silúrico, no obstante, la textura es mucho más homogénea y solo el desarrollo de minerales en venas y, ocasionalmente, la presencia de varios planos de esquistosidad, permiten identificar diversas generaciones de micas y cloritas.

En las fracciones finas, las variaciones más significativas (Fig. 2) incluyen: (1) Las transiciones caolinita → dickita y dickita → nacrita, desarrolladas, respectivamente, en el Permotriás inferior y el Carbonífero. (2) Descenso considerable en el contenido en estos minerales, aumento simultáneo en el contenido en clorita y evolución en la composición de las cloritas, reflejada en la relación de intensidades basales en los diagramas de DRX. (3) Evolución en la cristalinidad de la illita, y (4) Presencia esporádica, a lo largo de la secuencia paleozoica de una serie de mi-

nerales interestratificados regulares con clorita, y evolución de los mismos en el sentido tosudita → interestratificados mica/clorita → corrensitita de alta carga (Ruiz Cruz, 1995).

La evolución mineralógica viene acompañada por una evolución química dentro de cada grupo de minerales, que aparece esquematizada en la Figura 2. Las micas desarrolladas durante el episodio alpino ofrecen contenidos medios homogéneos en  $Si^{IV}$  a lo largo de la secuencia (alrededor de 3.2 a.p.f.), aunque se observa un ligero descenso en las muestras más profundas (hasta 3.14 a.p.f.). La mayor variación en los valores se observa en las muestras permotriásicas, reflejando un mayor grado de desequilibrio químico. Variaciones más significativas se observan en relación con el contenido en ferromagnesianos: muy bajo en los materiales del Permotriás, el grado de fengitización es máximo en el Carbonífero y vuelve a decrecer hasta alcanzar composiciones propias de moscovita en el miembro infe-

rior. La tendencia generalmente admitida, de un aumento en la sustitución de Al por Fe+Mg en micas dioctaédricas, a profundidades crecientes (Cipriani *et al.*, 1968; Guidotti *et al.*, 1989) aparece en los sedimentos maláguide interrumpida, probablemente a causa de diferencias químicas importantes en las rocas totales, a lo largo de la secuencia.

La variación química es más notable en las cloritas y viene caracterizada por: (1) Descenso general en el contenido en  $Si^{IV}$  (de 3.05 a.p.f. en el Permotriás a 2.69 a.p.f. en el Silúrico), si bien la variabilidad es baja en toda la secuencia. (2) Variaciones en el contenido en Al total (entre 2.88 a.p.f. en el Permotriás y 2.60 a.p.f. en el Carbonífero), y aumento gradual (hasta 2.83 a.p.f.) en el miembro inferior. (3) Sin embargo, las variaciones en Al total no aparecen necesariamente reflejadas en el contenido en  $Al^{VI}$ , que descende gradualmente con la profundidad. (4) Variaciones en la relación Fe/Fe+Mg, en gran medida paralelas a las variaciones

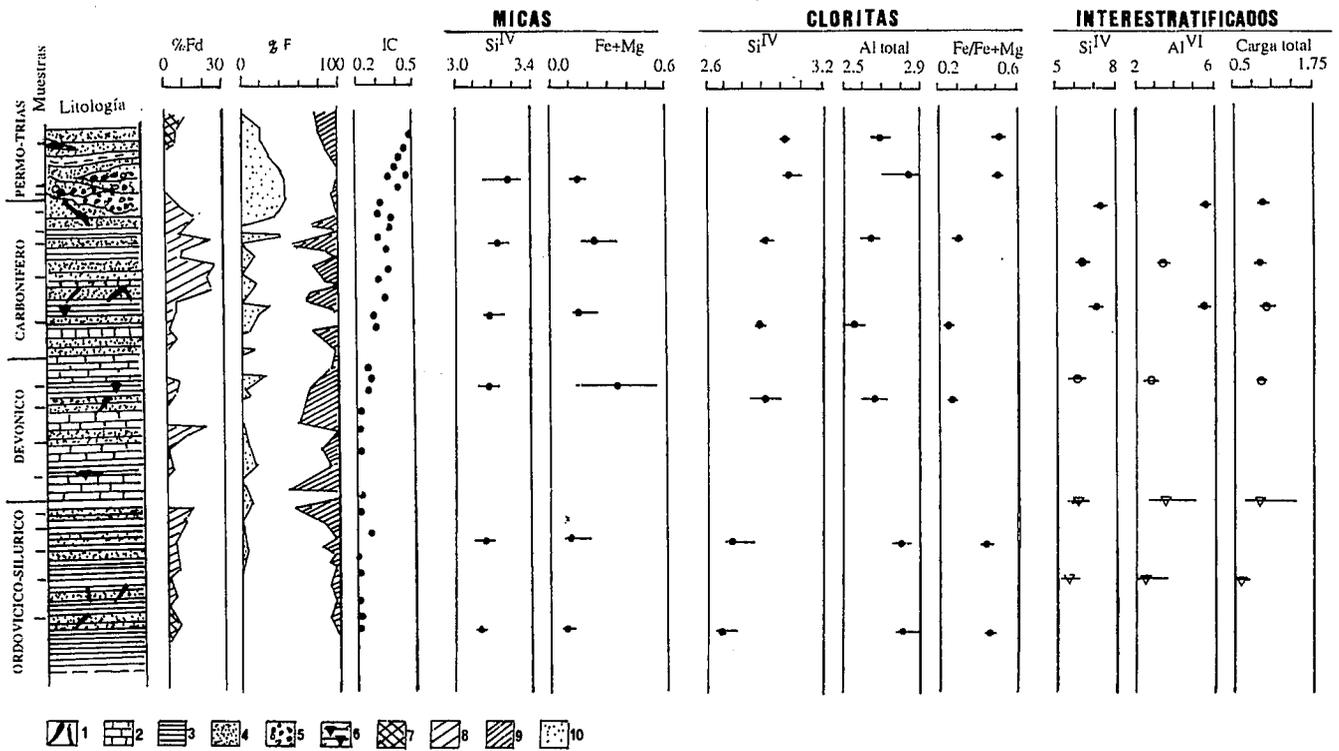


Fig. 2.- Evolución mineralógica y química, en función de la profundidad, en el Permotriás inferior y el Paleozoico del Complejo Maláguide. El contenido en feldespato corresponde a muestras totales. El contenido en filosilicatos (F) e IC (índice de cristalinidad de las ilitas) corresponde a la fracción <2mm. Los datos químicos se han representado como composiciones medias (puntos) y rango composicional. En el caso de los minerales interestratificados, los puntos corresponden a tosudita, los círculos a interestratificados mica/clorita y los triángulos a interestratificados clorita/vermiculita. 1: Venas ricas en cuarzo y clorita. 2: Calizas. 3: Pizarras, filitas y esquistos. (4) Areniscas. 5: Conglomerados. 6: Sílex. 7: Feldespato potásico. 8: Albita. 9: Clorita. 10: Minerales del grupo de la caolinita.

Fig. 2.- Compositional trends along the Maláguide Paleozoic and early Permo-Triassic. Feldspar contents belong to whole rocks. Phyllosilicates content (F) and IC (illite crystallinity) belong to <2mm size-fraction. Chemical data have been represented as mean composition (points) and compositional range. Mixed-layer minerals include tosudite (points), mica/chlorite (circles) and chlorite/vermiculite (triangles). 1: Quartz-chlorite rich veins. 2: Limestones. 3: Shales, slates, schists. 4: Sandstones. 5: Conglomerates. 6: Chert. 7: K-feldspar. 8: Albite. 9: Chlorite. 10: Kaolinite-type minerals.

ofrecidas por el Al total, que no ofrecen a lo largo de la secuencia una tendencia clara hacia la transición chamosita → clinocloro, frecuentemente descrita en el paso diagénesis-metamorfismo. Variaciones similares han sido descritas también en cloritas derivadas de materiales volcánicos (Robinson *et al.*, 1993).

En la Figura 2 se han recogido también las variaciones químicas más significativas en los minerales interestratificados. Dentro de cada grupo la evolución, para profundidades crecientes viene marcada por: (1) Descenso en el contenido en Si<sup>IV</sup> y (2) Descenso paralelo del contenido en Al<sup>VI</sup>. Estas variaciones son en gran medida paralelas a las observadas en la evolución de la composición del conjunto de minerales interestratificados, que además vienen caracterizados por contenidos específicos en Na, K y/o Ca, en las posiciones interlaminares.

### Discusión y Conclusiones

En el caso de secuencias con litologías diversas, como es el caso de la secuencia maláguide, la composición química de las rocas totales refleja fundamentalmente el contenido relativo en cuarzo, feldespatos y carbonatos, muy diferentes en niveles de areniscas (e incluso dentro de estos niveles), esquistos y pizarras. Por ello, hemos realizado el análisis de la evolución química en base a las variaciones determinadas dentro de cada grupo de minerales, teniendo en cuenta, simultáneamente, composiciones químicas y mineralógicas, deducidas éstas últimas a partir de los resultados de DRX. Un artificio similar ha sido utilizado por Eberl (1993).

El descenso considerable en Al total que aparece en cada grupo de filosilicatos a partir del límite Permotriás-Carbonífero, viene en gran medida determinado por

la disminución brusca del contenido en minerales del grupo de la caolinita. Precisamente la intervención de estos minerales en algunas de las reacciones metamórficas condiciona las características químicas de los minerales desarrollados en materiales del Permotriás (moscovitas y cloritas con contenidos importantes en Al) y en sedimentos Carboníferos (tosuditas).

La evolución química en cloritas y minerales interestratificados, caracterizada por un descenso general del contenido en Si<sup>IV</sup> con la profundidad, refleja, en el caso de las cloritas, el aumento gradual de la temperatura (Hillier & Velde, 1991; De Caritat *et al.*, 1993). El descenso en Si<sup>IV</sup> en el caso de los minerales interestratificados puede ser, en principio, interpretado también como un efecto de la temperatura creciente. No obstante, los minerales interestratificados contienen siempre Si en mayor proporción que

las cloritas desarrolladas en niveles estratigráficamente equivalentes, indicando que, para valores homogéneos de la temperatura los minerales interestratificados (aún aquellos que no contienen esmectita) admiten más Si en su estructura que las cloritas.

Una evolución paralela en cloritas y minerales interestratificados se observa también en relación con el contenido en Fe+Mg. La tendencia general consiste en un aumento en ferromagnesianos con la profundidad, es decir, una transición de minerales di, trioctaédricos a trioctaédricos. Sin embargo, a profundidades similares, la relación Al/Fe+Mg es siempre superior en los edificios interestratificados, que aparecen así con un carácter más dioctaédrico que las correspondientes cloritas. Estas diferencias en la ocupación octaédrica viene además marcada por diferentes relaciones Fe/Fe+Mg en ambos grupos de minerales. El mayor contenido en Fe en los minerales interestratificados sugiere, que su desarrollo puede venir condicionado por la disponibilidad de Fe y probablemente por la presencia de Fe<sup>3+</sup> que justifica a menudo, en estos minerales la baja ocupación octaédrica.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido Elnanciado por Ia Junta de Andalucía (Grupo de Investigación nQ 4082).

#### Referencias

- Cipriani, C.; Sassi, F.P.; Viterbo-Bassani, C. (1968) La composizione delle miche chiare in rapporto con le costanti reticolari e col grado metamorfico. *Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrol.*, 24, 153-187.
- De Caritat, P.; Hutcheon, I. & Walshe, J.L. (1993) Chlorite geothermometry: A review. *Clays Clay Miner.*, 41, 219-239.
- Díaz De Federico, A.; Torres Roldan, R. & Puga, E. (1990) The rock series of the Betic substratum. In: *Le Bassin Néogène du Domain Bétiqne Oriental. Document et Travaux, IGAL, Paris*, 12-13, 19-29.
- Eberl, D.D. (1993) Three zones for illite formation during burial diagenesis and metamorphism. *Clays Clay Miner.*, 41, 26-37.
- Felder, T.E. (1978) Zur geologischen Entwicklung der Betischen Internzonen der westlichen Serranía de Ronda (Prov. Málaga, Spanien). *Mitt. Geol. Inst. ETH Zu-*

- rich, 222, 168 pp.
- Guidotti, C.V.; Sassi, F.P. & Blencoe, J.G. (1989) Compositional controls on the a and b cell dimensions of 2M1 muscovite. *Eur. J. Min.*, 1, 71-84.
- Hillier, S. & Velde, B. (1991) Octahedral occupancy and the chemical composition of diagenetic (low-temperature) chlorites. *Clay Miner.*, 26, 149-168.
- Mäkel, G.G. (1985) The geology of the Malaguide Complex and its bearing on the Geodynamic evolution of the Betic-Rif orogen (Southers Spain and northern Morocco). *Gua Papers of Geology*, 22, 263 pp.
- Robinson, D.; Bevins, R.E. & Rowbotham, G. (1993) The characterization of mafic phyllosilicates in low-grade metabasalts from eastern North Greenland. *Am. Mineral.*, 78, 377-390.
- Ruiz Cruz, M.D. (1995) Some mixed-layer minerals of very low-grade metamorphic origin. Abstract Eur. Clay Conf., Leuven, 333.
- Ruiz Cruz, M.D. & Andreo, B. (1996) Genesis and transformation of dickite in Permo-Triassic sediments (Betic Cordilleras, Spain). *Clay Miner* 31, 133-152