

Avances en Cristalografía de Filosilicatos

/ MERCEDES SUÁREZ BARRIOS (1)

(1) Departamento de Geología. Área de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca. 37008, Salamanca (España)

En los últimos años el estudio sistemático de materiales geológicos mediante el uso de nuevas técnicas instrumentales, o la mejora en la resolución de las técnicas tradicionales, ha permitido un aumento considerable del conocimiento de la cristalografía mineral en general, y de los filosilicatos en particular. El descubrimiento de nuevos minerales es constante, sólo en los cuatro primeros meses del año 2010 dos nuevos filosilicatos, ambos del grupo de las micas, fueron aprobados por el Comité de Nomenclatura de la IMA: fluorkinoshitalita y fluorotetraferriphlogopita (Miyawaki et al., 2010 a y b). Por tanto, el primer aspecto a resaltar, ligado a los avances en el conocimiento de los filosilicatos, es el incremento en el número de especies así como las modificaciones realizadas en su clasificación.

Una de las primeras clasificaciones generales de filosilicatos data de los años 60 basándose, como es lógico, en esquemas anteriores. Desde entonces y hasta nuestros días se han sucedido numerosos informes de los Comités de Nomenclatura de la AIPEA y la IMA que afectan a este amplio grupo de minerales, el último en 2007. Brindley y Pedro (1972) definieron filosilicato como mineral que "contiene capas tetraédricas bidimensionales de composición T_2O_5 ($T = Si, Al, Be...$), con tetraedros enlazados compartiendo tres de sus vértices y el cuarto apuntando en otra dirección. Las capas tetraédricas están enlazadas en la unidad estructural a capas octaédricas, o a grupos de cationes coordinados o a cationes individuales." Desde las primeras clasificaciones las subdivisiones formales dentro de los filosilicatos se han basado en el tipo de lámina, la carga neta de la lámina y el carácter di- o tri- octaédrico de la capa octaédrica, como es bien sabido. En los años 60 se utilizó una clasificación en tres tipos de lámina: 1:1, 2:1 y 2:1:1. En 1980 el grupo de las cloritas, anteriormente filosilicatos 2:1:1, se integró en el de los filosilicatos de tipo 2:1 con \times variable

(siendo \times carga por celda unidad) (Bailey, 1980). La última clasificación (Guggenheim et al., 2006 y 2007) incluye modificaciones importantes, la principal es la subdivisión de los filosilicatos en "planares" y "no planares". Cada una de estas familias se subdivide a su vez, dependiendo del tipo de lámina y del material interlamina (en los filosilicatos planares), o del tipo de componente modulado, (en los filosilicatos no planares) (Tabla I). Otra diferencia importante entre esta última clasificación y su predecesora es la desaparición del término biotita como nombre de mineral, ya que fue desacreditado como tal por la IMA en 1998 (Rieder et al., 1998). El término biotita se utiliza como nombre de serie para referirse a las micas verdaderas trioctaédricas (es decir incluyendo flogopita, siderofilita, aspidoliata...) y como una palabra útil como término "de campo", es decir macroscópico, para referirse a las micas oscuras. También son nombre de serie illita y galuconita, tratándose en ambos casos de micas con interlámina deficiente y baja carga de la lámina.

En los últimos años son numerosos los estudios realizados sobre las diferentes formas de heterogeneidad química y estructural de los filosilicatos, principalmente en micas y esmectitas. Dentro de esta "heterogeneidad" se incluyen interstratificados, defectos de apilamiento y defectos de las estructuras laminares tanto por rotación como por traslación de las láminas, el orden a corta distancia de la distribución de los cationes isomorfos, etc... Uno de los temas que en los últimos años está siendo objeto de estudio y se ha abordado, tanto desde los trabajos experimentales con nuevas y más precisas técnicas instrumentales como desde la modelización, es el de la localización de las vacantes en los filosilicatos dioctaédricos y la interstratificación de láminas con vacantes cis y trans dentro de un mismo mineral, como sucede en las micas verdaderas. El avance en el

conocimiento de estos y otros aspectos de la cristalografía de los filosilicatos se realiza fundamentalmente a partir de técnicas difractométricas y espectroscópicas de alta resolución, combinadas con la modelización y la simulación de difractogramas y espectros en los que se consideran variables como las fluctuaciones en el espesor de las láminas, o las diferencias entre el centro y el borde de las partículas.

El aumento del conocimiento de la cristalografía de los filosilicatos no sólo permite un mayor conocimiento sobre el número y la variedad de las especies mineralógicas, sino que la determinación de las imperfecciones que violan la periodicidad del cristal tienen una gran importancia científica y práctica (Drits, 2003). El tipo de defectos, su contenido y distribución modifican fuertemente las propiedades físico-químicas del cristal. Estas propiedades son también un reflejo de las condiciones de formación del mineral y permiten la "reconstrucción" de los procesos de formación. Por tanto, los estudios de cristalografía mineral tienen un gran interés más allá de la Mineralogía sistemática y son fundamentales en el conocimiento de las aplicaciones de los filosilicatos como minerales industriales y en el estudio de los procesos geológicos.

La importancia del conocimiento de detalle de la cristalografía de filosilicatos para una mejor interpretación de los procesos geológicos es especialmente relevante en las micas. Laurora et al. (2007) hacen hincapié en la relación entre la cristalografía de micas trioctaédricas y los procesos petrogenéticos activos durante su cristalización. Trabajos recientes como los de Brigatti et al. (2005) y Mesto et al. (2006), tratan de relacionar parámetros como las variaciones en el ángulo de rotación de los tetraedros, el espesor de la capa o las distorsiones en tetraedros y octaedros, con cambios regulares en la

palabras clave: Fillosilicatos, clasificación, cristalografía.

key words: Phyllosilicates, Classification, Crystal Chemistry.

		FILOSILICATOS				
		PLANARES				
TIPO DE LÁMINA	MATERIAL INTERLAMINAR (X = carga neta de la lámina)	GRUPO	CARÁCTER OCTAÉDRICO	ESPECIES (* series)		
				TIPO DE LÁMINA	ESPECIES	
2:1	Nada o sólo H ₂ O $x \approx 0$	Serpentina - caolinita	TRI	Lizardita, berthierina, amesita		
			DI	Caolinita, dickita, nacrita, haloisita (planar)		
			DI, TRI	Odinita		
	Nada $x \approx 0$	Talco - pirofillita	TRI	Talco, kerolita, pimelita		
			DI	Pirofillita, ferripirofillita		
		Cationes de cambio hidratados $x \approx 0.2 - 0.6$	Esmectita	TRI	Saponita, estevensita, hectorita	
				DI	Montmorillonita, beidellita, nontronita	
		Cationes de cambio hidratados $x \approx 0.6 - 0.9$	Vermiculita	TRI	Vermiculita trioctaédrica	
				DI	Vermiculita dioctaédrica	
		Cationes no hidratados $x \approx 0.6 - 0.85$	Micas con interlámina deficiente	TRI	Wonesita	
				DI	(* Illitas)	
			Cationes no hidratados $x \approx 0.85 - 1.0$	Micas verdaderas	TRI	Flogopita, biotita, siderofilita (* bitotitas)
DI	Moscovita, celadonita, paragonita					
Cationes no hidratados $x \approx 1.8 - 2$	Micas frágiles	TRI	Clintonita, kinoshitalita			
		DI	Margarita, chernykhita			
	Capa de hidróxido $x \approx \text{variable}$	Cloritas	TRI	Clinocloro, chamosita, pennantita		
DI			Donbasita			
DI, TRI	Sudoita, cookeita					
2:1	$x \approx \text{variable}$	Interestratificados regulares	TRI	Corrensita, allietita, hidrobiotita		
DI	Rectorita, tosudita					
1:1, 2:1	$x \approx \text{variable}$	Interestratificados regulares	TRI	Dozyita		
NO PLANARES	Estructuras esferoidales o enrolladas	TIPO DE LÁMINA	COMPONENTE MODULADO	CONEXIÓN	FILLACIÓN TRADICIONAL	ESPECIES
		1:1	Capa tetraédrica	Listones	Serpentina	Antigorita, bementita
				Islas	Serpentina	Grenalita, pirosmalita
		2:1	Capa tetraédrica	listones	Talco	Minnesotaita
				Islas	Mica	Ganofililita, eggletonita
				Islas	Mica/ complejos	Zussmanita, stilpnomelana
				Otros	-	Bannisterita
			Clorita	Gonyerita		
		Capa octaédrica	Listones	Fibrosos	Sepiolita, loughlinita, falcondoita	
			Listones		Palygorskita, yofortierita	
		1:1	TRI	Serpentina	Crisotilo, pecoraita	
DI	Caolinita				Haloisita (no planar)	

Tabla 1. Clasificación de los filosilicatos (modificada de Guggenheim et al., 2007). El listado de especies minerales no es exhaustivo.

composición de las rocas volcánicas de una secuencia.

Los estudios sobre la distribución de los cationes y las vacantes octaédricas en micas e illitas realizados en los últimos años, también están siendo utilizados para una mejor interpretación de los procesos de transformación mineral en distintos ambientes geológicos. Así. Por ejemplo, Drits et al., (1998) determinaron que la variación en la proporción del tipo de vacantes indica procesos de disolución-precipitación en el proceso de de illitización, mientras que si la proporción se mantiene constante indica la existencia de transformaciones en estado sólido; todo ello se basa en una combinación de datos de difracción y análisis térmicos con EWA.

Por otra parte, el interés del estudio cristalquímico de los filosilicatos en relación con las propiedades físico-químicas, y por tanto con su uso como minerales industriales, es indudable cuando nos referimos a alguno de los minerales arcillosos. La relación entre las propiedades cristalquímicas y las tecnológicas es especialmente evidente en las esmectitas. Emmerich et al., (2009) proponen una clasificación para las montmorillonitas teniendo en cuenta cinco parámetros. Cuatro de ellos han sido considerados tradicionalmente en el estudio de estos minerales: el carácter di o trioctaédrico, la carga de la lámina, la distribución de la carga y el contenido en Fe. El quinto se refiere a la distribución de los cationes en la capa octaédrica, es decir a la distribución de las vacantes cis y trans. La denominación y descripción de una muestra mineral mediante estos cinco criterios es complicada, pero indicativa de sus propiedades, de manera que, por ejemplo, una "montmorillonita beidellítica, sódica, cv, de baja carga" implica que esta esmectita tendrá baja CCC, alta capacidad de delaminación e hinchamiento en agua y alta estabilidad térmica, entre otras propiedades (Emmerich et al., 2009).

Un ejemplo sencillo de la relación entre las variables anteriormente citadas y las implicaciones geológicas y económicas se encuentra en los minerales del grupo palygorskita-sepiolita. El estudio sistemático de decenas de muestras, procedentes de distintos yacimientos e indicios, mediante técnicas muy diversas, ha permitido no sólo conocer la gran variedad existente en términos

de composición (García-Romero & Suárez, 2010) y propiedades físico-químicas de estos minerales, sino proponer la existencia de una serie continua polisomática entre los dos minerales (Suárez et al., 2010).

REFERENCIAS.

- Bailey, S.W. (1980): Summary of recommendations of AIPEA Nomenclature Committee. *Clays and Clay Miner.*, **28**, 73-78.
- Brigatti, M.F., Caprilli, E., Funicello, R., Giordano, G., Mottana, A., Poppi, L. (2005): Crystal chemistry of ferroan phlogopites from the Albano mar lake (Colli Albani volcano, central Italy) *Europ. Jour. of Miner.*, **17**, 611-621.
- Brindley, G.W. & Pedro, G. (1972): Report de la AIPEA Nomenclature Committee. *AIPEA Newsletter*, **7**, 8-13.
- Drits, V.A. (2003): Structural and chemical heterogeneity of layer silicates and clay minerals. *Clay Miner.*, **38**, 403-432.
- Emmerich, K., Wolters, F., Khar, G., Lagaly, G. (2009): Clay profiling: the classification of montmorillonites. *Clays and Clay Miner.*, **57**, 104-114.
- García-Romero, E., & Suárez, M. (2010): On the chemical composition of sepiolite-palygorskite. *Clays and Clay Miner.*, **58**, 1-20.
- Guggenheim, S., Adams, J.M., Bain, D.C., Bergaya, F., Brigatti, M.F., Drits, V.A., Formoso, M.L.L., Galán, E., Kogure, T., Stanjek, H. (2006): Summary of recommendations of nomenclature committees relevant to clay mineralogy: report of the association internationale pour l'étude des argiles (AIPEA) nomenclature committee for 2006. *Clays and Clay Miner.*, **54**, 6, 761-772.
- Laurora, A., Brigatti, M.F., Mottana, A., Malferari, D., Caprilli, E. (2007): Crystal chemistry of trioctahedral micas in alkaline and subalkaline volcanic rocks: A case study from Mt. Sasseto (Tolfa district, latium, central Italy). *Amer. Miner.*, **92**, 468-480.
- Miyawaki, R., Shimazaki, H., Shigeoka, M., Yokoyama, K., Matsubara, S., Yang, Z. (2010): Fluorkinoshitalite, IMA 2010-01. *CNMNC Newsletter*, April 2010, p. 376, *Miner. Mag.*, **74**, 375-377.
- Miyawaki, R., Shimazaki, H., Shigeoka, M., Yokoyama, K., Matsubara, S., Yang, Z. (2010): Fluorotetraferriphlogopite, IMA 2010-01. *CNMNC Newsletter*, April 2010, p. 377, *Miner. Mag.*, **74**, 375-377.
- Mesto, E., Schingaro, E., Scordari, F., Ottolini, L. (2006): An electron microprobe analysis, secondary ion mass spectrometry, and single-crystal X-ray diffraction study of phlogopites from Mt. Vulture, Potenza, Italy: Consideration of cation partitioning. *Amer. Miner.*, **91**, 182-190.
- Rieder, M., Cavazzini, G., Dýakonov, Y.S., Frank-Kamenetskii, V.A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P.V., Müller, G., Neiva, A.M.R., Radoslovich, E. W., Robert,

- J.-L., Sassi, F.P., Takeda, H., Weiss, Z., Wones, D.R. (1998): Nomenclature of the micas. *Clays and Clay Miner.*, **46**, 586-595.
- Suárez, M., García-Romero, E., Sánchez del Río, M. (2010): Structure and composition of sepiolite. in: "Field trip guide and abstract of the sepiolite symposium". J. Cuevas, J. Barrenechea, E. García-Romero, S. Leguey, J. Luque, eds., 51-53