

El Papel del Titanio como Indicador Petrogenético en las Cromititas Ofiolíticas Ricas en Al

/ SATURNINA HENARES (1,*), FERNANDO GERVILLA (1), JOAQUÍN A. PROENZA (2), JOSÉ M. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ (3)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología e Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, (Universidad de Granada-CSIC), Facultad de Ciencias, Avda. Fuentenueva s/n. 18002, Granada (España)

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

(3) GEMOC ARC National Key Centre, Department of Earth and Planetary Sciences, Macquarie University, NSW 2109, Sydney (Australia)

INTRODUCCIÓN.

La cromita es un mineral que cristaliza en etapas magmáticas tempranas y su composición está íntimamente relacionada con el fundido primitivo a partir del cual cristaliza. Este hecho hace de este mineral un indicador petrogenético muy útil (p.e. Dick y Bullen, 1984). Durante la cristalización de la cromita, elementos como el Cr y el Mg se comportan de forma compatible incorporándose a su estructura, mientras que otros como el Al y el Fe²⁺, aunque entran a formar parte de la estructura de la cromita, se comportan de acuerdo con valores más bajos del coeficiente de reparto. Por otro lado, el Ti muestra un comportamiento aún más incompatible, tendiendo a permanecer, en su mayor parte, en el fundido.

Los cuerpos de cromita que se encuentran en los complejos ofiolíticos pueden dividirse claramente en dos grupos, en función de la composición de la cromita: cromititas ricas en Cr ($\#Cr = Cr/(Cr+Al) \geq 0.6$) y cromititas ricas en Al ($\#Cr < 0.6$). De acuerdo con Leblanc y Nicolas (1992) el contenido en TiO₂ de la cromita en las cromititas ofiolíticas es bajo, generalmente inferior a 0.25% en peso. Sin embargo, algunos datos publicados en la literatura y los obtenidos sobre muestras de cromititas podiformes de Cuba oriental (Proenza et al., 1999; Gervilla et al., 2005) y central (Henares et al., 2010) muestran que estos valores pueden ser mucho mayores (hasta 1% en peso), sobre todo cuando se consideran, sólo, las cromititas ricas en Al.

En este trabajo se realiza una revisión exhaustiva de los datos publicados hasta ahora sobre la composición química de la cromita en cromititas ricas en Al, se aportan datos inéditos sobre este tipo de cromititas en la

región de Cuba oriental y central, y se discute el papel del Ti como indicador de los procesos que dieron lugar a la génesis de tales cromititas.

RESULTADOS.

El contenido en TiO₂ de la cromita de los cuerpos de cromititas ofiolíticas ricas en Al oscila entre 0.03 y 1% en peso (estando los valores más comunes comprendidos entre 0.2 y 0.6% en peso). Estos valores son superiores a los medidos en las cromititas ricas en Cr (p.e. Proenza et al., 1999).

La composición de la cromita en las cromititas ricas en Al, sobre un diagrama de contenido en TiO₂ (en % en peso) frente a la relación Fe²⁺/Mg, permite establecer varios grupos composicionales. Por ejemplo, la Figura 1A muestra que la composición de la cromita de diferentes cuerpos minerales del distrito de Camagüey (Cuba Central) define tres grupos diferentes. El primer grupo presenta unos contenidos de TiO₂ que oscilan entre el 0.07 y 0.70% en peso, con valores de la relación Fe²⁺/Mg comprendidos entre 0.36 y 0.55. El segundo grupo muestra contenidos en TiO₂ que van desde el 0.04 hasta el 0.73% en peso, con valores de la relación Fe²⁺/Mg comprendidos entre 0.73 y 1.02. El tercer grupo muestra contenidos en TiO₂ más elevados, que oscilan entre 0.96 y 1% en peso, y valores de la relación Fe²⁺/Mg comprendidos entre 1.48 y 1.75. El estudio petrográfico de las muestras representadas ha puesto de manifiesto que el primer grupo está constituido por: (i) cromititas con texturas masivas y diseminadas con olivino (parcialmente serpentinizado) intersticial (en estas muestras el contenido en TiO₂ no supera el 0.40% en peso) y (ii) cromititas con textura nodular que contienen olivino y

plagioclasa intersticial. El segundo y el tercer grupo incluyen muestras con textura masiva en contacto con gabros.

En la Figura 1B se observan dos grupos composicionales de cromita procedentes de los cuerpos de cromitita de la Mina Mercedita (Cuba oriental). El primer grupo presenta contenidos en TiO₂ que oscilan entre el 0.12 y el 0.52% en peso, con valores de la relación Fe²⁺/Mg comprendidos entre 0.25 y 0.63. El segundo grupo muestra contenidos en TiO₂ que van desde el 0.15 hasta el 0.29% en peso, con valores de la relación Fe²⁺/Mg comprendidos entre 1.10 y 1.29. El estudio petrográfico de estas muestras pone de manifiesto que el primer grupo está compuesto por cromititas con textura masiva, mientras que el segundo grupo incluye sólo a cromititas con textura diseminada.

La composición química de las cromititas procedentes de las minas Yarey y Piloto, así como la de las del distrito de Cayo Guam (Cuba oriental) pueden agruparse también en dos grupos, con tendencias de variación química análogas a las descritas anteriormente. En las cromititas de Yarey, la cromita del primer grupo contiene entre 0.18 y 0.26% en peso de TiO₂ y valores de la relación Fe²⁺/Mg entre 0.37 y 0.42, mientras las del segundo contienen 0.30-0.59% en peso de TiO₂ con valores de la relación Fe²⁺/Mg entre 0.44 y 0.54. En la mina Piloto, la cromita del primer grupo muestran contenidos en TiO₂ entre 0.18 y 0.34% en peso y valores de la relación Fe²⁺/Mg entre 0.39 y 0.44, y las del segundo contienen 0.25-0.58% en peso de TiO₂ y valores de Fe²⁺/Mg entre 0.49 y 0.58. El estudio petrográfico de estas muestras revela que, tanto en Yarey como en Piloto, el segundo grupo está

palabras clave: Cromitita Ofiolítica, Cromitita Rica en Al, Contenido en TiO₂.

key words: Ophiolite Chromitite, Al-rich Chromitite, TiO₂ Content.

compuesto por muestras de cromitita masiva en contacto con cuerpos de gabros.

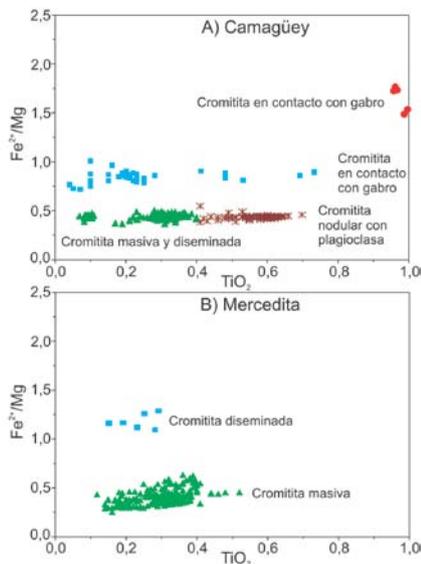


Fig. 1. Contenido en TiO_2 (% en peso) frente a la relación Fe^{2+}/Mg de la cromita de las cromititas de: A) Camagüey (Cuba Central) y B) Mercedita (Cuba oriental).

DISCUSIÓN.

Estudios experimentales han establecido la relación empírica entre el contenido en Ti y Al de la cromita y el de su magma parental. Además, la baja difusividad de estos elementos hace de ellos unos indicadores petrogenéticos idóneos para establecer las tasas de fusión parcial en el manto superior, y/o el grado de fraccionación en el fundido durante la cristalización de la cromita.

De acuerdo con los campos de composición química de la cromita de diferentes ambientes geotectónicos (p.e. Arai, 1992), se observa que la mayoría de las cromititas ofiolíticas ricas en Al se proyectan sobre, o cerca, del campo de la cromita en equilibrio con los basaltos tipo MORB. Esto concuerda con un origen de las cromititas a partir de un magma parental tipo MORB (o BABB) generado por una tasa de fusión parcial moderada en el manto superior (Proenza et al., 1999; Gervilla et al., 2005).

Las tendencias de variación química de las cromititas ricas en Al en el diagrama Fe^{2+}/Mg frente a TiO_2 ponen de manifiesto que el aumento en el contenido en TiO_2 es independiente de las variaciones de la relación Fe^{2+}/Mg , al contrario de lo que sucede en las cromita de los cuerpos de cromitita

estratiforme, donde ambos parámetros se correlacionan positivamente (p.e. Dickey, 1975). Si bien la correlación positiva de estos dos parámetros es, en rasgos generales, la consecuencia de un proceso de cristalización fraccionada, la ausencia de dicha correlación sugiere que dicho proceso no tuvo lugar durante la formación de las cromititas podiformes ricas en Al. Las tendencias observadas podrían ser explicadas asumiendo un modelo de formación de la cromita a partir de la mezcla de un magma parcialmente fraccionado (más evolucionado), en el que el único mineral líquido sería la cromita, con sucesivas inyecciones de magmas más primitivos. A su vez, el magma resultante puede interactuar con cuerpos de gabro preexistentes (Bédard y Hébert, 1998) que estén a temperaturas próximas al sólido, enriqueciéndose en Fe^{2+} y Ti.

Durante la cristalización de la cromita, ésta se enriquece preferentemente en Mg con respecto a Fe^{2+} , lo que daría lugar a un fundido residual con una relación Fe^{2+}/Mg mayor. Además, la reacción con cuerpos de gabro, enriquecería aún más al fundido residual en Fe^{2+} . No obstante, la mezcla con los sucesivos magmas primitivos (ricos en Mg) que llegan al conducto magmático, tendería a mantener constante la relación Fe^{2+}/Mg en el fundido residual, y, como consecuencia, en la cromita en equilibrio con él. El carácter altamente incompatible del Ti hace que este elemento tienda a enriquecerse en el fundido residual en equilibrio con la cromita. Tras la formación de un volumen importante de cromita, dicho fundido se habrá enriquecido significativamente en TiO_2 , al igual que la cromita formada en los últimos estadios de evolución del sistema. En las últimas etapas, el magma parental está tan diferenciado, que puede llegar incluso a cristalizar plagioclasa. Este último caso estaría representado por las cromititas nodulares de la Mina Guillermina en Camagüey (Figura 1A), las cuales se encuentran en equilibrio con olivino y anortita (Henares et al., 2010). Además, el reequilibrio del fundido residual con un cuerpo de gabro, provocaría un aumento aún mayor del contenido en Ti, haciendo así que las cromititas que cristalicen en equilibrio con él también lo sean. En la Figura 1A se observa como las cromititas en contacto con gabros presentan un mayor contenido en Ti.

Tal y como muestran los estudios petrográficos, el aumento de la relación Fe^{2+}/Mg en la cromita puede ser debido, bien a la interacción de los magmas parentales con diques de gabros, o bien ser la consecuencia de reacciones subsólidas entre la cromita y el olivino, durante el enfriamiento de estas rocas ígneas. Durante tales reacciones, más efectivas en cromititas diseminadas (con elevada relación olivino/cromita y, normalmente, con pequeño tamaño de grano; Figura 1A y 1B) y en condiciones de enfriamiento con tasas moderadas a bajas, el Mg tiende a fraccionarse hacia el olivino y el Fe^{2+} hacia la cromita.

REFERENCIAS.

- Arai, S. (1992): Petrology of peridotites as a tool of insight into mantle processes: a review. *Journal of Petrology of Economic Geology*, **87**, 351-363.
- Bédard, J.H. & Hébert, R. (1998): Formation of chromitites by assimilation of crustal pyroxenites and gabbros into peridotitic intrusions: North Arm Mountain massif, Bay of Islands ophiolite, Newfoundland, Canada. *Journal of Geophysical Research*, **103**, 5165-5184.
- Dick, H.J.B. & Bullen, T. (1984): Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **86**, 54-76.
- Dickey, J.S. (1975): A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, **39**, 1061-1074.
- Gervilla, F., Proenza, J.A., Frei, R., González-Jiménez, J.M., Garrido, C.J., Melgarejo, J.C., Meibom, A., Díaz-Martínez, R., Lavaut, W. (2005): Distribution of platinum-group elements and Os isotopes in chromite ores from Mayarí-Baracoa Ophiolite Belt (eastern Cuba). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **150**, 589-607.
- Henares, S., González-Jiménez, J.M., Gervilla, F., Proenza, J.A., Rodríguez, A.C., González-Pontón, R.B. (2010): Las cromititas del Complejo Ofiolítico de Camagüey, Cuba: un ejemplo de cromititas ricas en Al. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, **62**(1), 173-185.
- Leblanc, M. & Nicolas, A. (1992): Les chromitites ophiolitiques. *Chronique de la Recherche Minière*, **507**, 3-25.
- Proenza, J.A., Gervilla, F., Melgarejo, J.C., Bodinier, J.L. (1999): Al- and Cr- rich chromitites from the Mayarí-Baracoa Ophiolite Belt (eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotite in suprasubduction mantle. *Economic Geology*, **94**, 547-566.