

Discriminación de Cromititas Ofiolíticas a Partir de Elementos Menores y Trazas: un Estudio Mediante LA-ICP-MS

/ JOAQUÍN A. PROENZA (1,*), MÓNICA ESCAYOLA (2), JOSÉ MARÍA GONZÁLEZ-JIMÉNEZ (3), SIMON JACKSON (4)

- (1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogia i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès s/n. 08028 Barcelona
- (2) CONICET, IDEAN. Instituto de Estudios Andinos. Laboratorio de Tectónica Andina. Universidad de Buenos Aires. Pabellón II, Nuñez. C1428EHA Buenos Aires (Argentina)
- (3) ARC National Key Centre of GEMOC and ARC Centre of Excellence of CCFS. Department of Earth and Planetary Sciences. Macquarie University. NSW 2109 Sydney (Australia)
- (4) Geological Survey of Canada. 601 Booth St.. K1A 0E8 Ottawa, Ontario (Canada)

INTRODUCCIÓN.

La composición química de la cromita [(Mg,Fe)(Cr,Al,Fe³⁺)₂O₄], se utiliza como un indicador de la naturaleza del magma parental y del ambiente tectónico de formación de los depósitos ofiolíticos de cromita.

En los complejos ofiolíticos que han experimentado un intenso grado de metamorfismo y/o de alteración hidrotermal (ej: listvenitización) muy frecuentemente todos los silicatos ígneos primarios de las peridotitas se encuentran completamente alterados. En tales casos, la presencia de cromititas puede representar la única litología primaria de la cual se puede inferir información petrogenética. Los elementos que suelen brindar mayor información son el Cr, Al, Fe³⁺ y el Ti. Diferentes relaciones entre estos elementos permiten discriminar el ambiente tectónico de formación de las cromititas ofiolíticas (e.g. #Cr [Cr/(Cr+Al)] vs. TiO₂). Sin embargo, para valores intermedios del #Cr (0.5-0.65) existe un área importante de solapamiento entre los dos tipos de ambientes en los cuales se suelen formar las cromititas: MOR/BAB (dorsales oceánicas/cuencas de trasarco) y SSZ (zonas de suprasubducción).

La mayoría de las cromititas ofiolíticas encajadas en peridotitas mantélicas se pueden agrupar en 2 tipos principales (Leblanc y Nicolas, 1992): i) ricas en Cr y pobres en Al (grado metalúrgico) y ii) pobres en Cr y ricas en Al (grado refractario). Una característica de ambos tipos de cromititas es que

presentan contenidos muy bajos de TiO₂ (generalmente < 0.25 % en peso) y de Fe₂O₃ (normalmente < 4 % en peso). Sin embargo, recientemente se ha descrito un tercer tipo de cromititas ofiolíticas caracterizadas por ser ricas en Cr, Ti, Fe³⁺, y pobre en Al (Loma Peguera en República Dominicana; Proenza et al., 2007). De acuerdo con las ideas genéticas más aceptadas actualmente, las cromititas del tipo-I (#Cr>0.6) precipitan en equilibrio con magmas de afinidad IAT-boninitica, mientras que las del tipo-II (#Cr<0.6) cristalizan en equilibrio con magmas tipo BABB (o MORB) (véase Rollinson et al., 2008). En cambio, para las cromititas del tipo-III (#Cr>0.6 y contenido de TiO₂ ~1% en peso) se propone una cristalización a partir de magma tipo *oceanic plateau*, asociado con una pluma mantélicas (Proenza et al., 2007).

La estimación de la composición de los magmas parentales de la cromititas ofiolíticas normalmente se realiza a partir de los contenidos de Al₂O₃ y TiO₂ en la cromita (ej: Kamenetsky et al., 2001). En cambio, existen muy pocos estudios que tengan en cuenta la composición en elementos menores y trazas para determinar la naturaleza de los magmas parentales de las cromititas ofiolíticas. La técnica de LA-ICP-MS permite obtener análisis micropuntuales en los cristales de cromita, en un corto periodo de tiempo, con límites de detección muy bajos (< 1ppm), y sin la influencia de posibles interferencias entre las líneas espectrales de algunos elementos como sucede en los análisis mediante microsonda electrónica. Solo existen 2 estudios previos sobre la composición de los elementos trazas en la cromita de cromititas ofiolíticas

utilizando LA-ICP-MS (Dare et al., 2009; Pagé y Barnes 2009). En este trabajo presentamos un estudio de la distribución de elementos menores y trazas (Ga, Sc, V, Co, Ni, Zn, Mn, Ti, Zr, Nb), mediante LA-ICP-MS, en muestras representativas de los tres principales tipos composicionales de cromititas encajadas en peridotitas mantélicas de complejos ofiolíticos.

MUESTRAS ESTUDIADAS Y TÉCNICAS ANALÍTICAS.

En este trabajo hemos seleccionado muestras representativas de depósitos ofiolíticos de cromita previamente estudiados por nuestro grupo de investigación, y de los cuales disponíamos de suficiente información geológica y geoquímica:

- i) Cromititas ricas en Cr del distrito de Mayarí en Cuba Oriental (formadas en equilibrio con magmas de afinidad boninitica; Proenza et al., 1999; Gervilla et al., 2005).
- ii) Cromitita pobres en Cr (ricas en Al) del distrito Moa-Baracoa en Cuba Oriental (en equilibrio con magmas de afinidad BABB/MORB; Proenza et al., 1999; Gervilla et al., 2005).
- iii) Cromititas ricas en Cr y Ti de Loma Peguera en República Dominicana (probablemente asociadas con un *oceanic plateau*/pluma mantélica; Proenza et al., 2007).

La composición de los elementos mayores en la cromita se determino mediante EMP en los *Serveis Científicotècnics* de la Universitat de Barcelona. Los análisis de elementos menores y trazas en cromita se realizaron, sobre probetas, mediante LA-ICP-MS en el *Geological Survey of*

palabras clave: Cromita, Cromititas ofiolíticas, Elementos traza, LA-ICP-MS.

key words: Chromite, Ophiolitic chromitites, Trace elements, LA-ICP-MS.

Canada, Ottawa. El equipo utilizado fue un *Photon-Machines Analyte 193nm Excimer laser ablation* en combinación con un *ICP-MS Agilent 7500cx quadrupole*. La reducción de los datos se realizó mediante el software *GLITTER 4.4.2*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La cromita de las cromititas ricas en Cr del distrito Mayarí (#Cr>0.6, TiO₂<0.2 %) presenta los contenidos más bajos de Ga (~27 ppm), V (~827 ppm), Ni (1025 ppm), y Zn (332 ppm) de los tres tipos de cromititas estudiadas (Fig. 1).

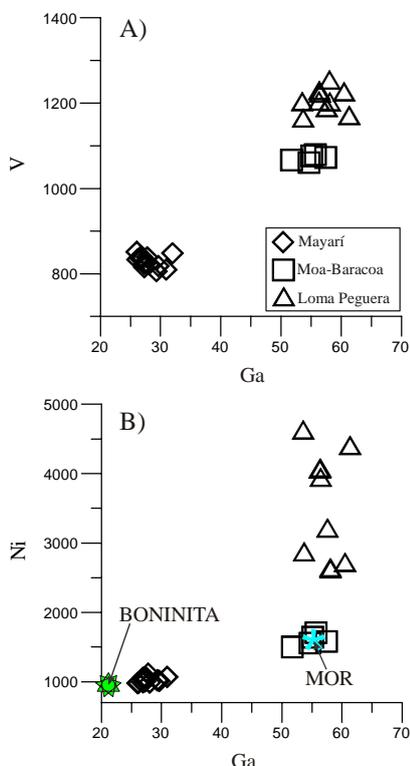


fig 1 Composición de la cromita en función de los contenidos de V vs. Ga (A) y de Ni vs. Ga (B). La composición de la cromita en basaltos tipo MOR y en las boninitas es tomada de Pagé y Barnes (2009). Nótese la correlación positiva entre los contenidos de V y Ga.

La cromita de las cromititas pobres en Cr del distrito de Moa-Baracoa (#Cr<0.6, TiO₂<0.4 %) presenta contenidos de Ga (~55 ppm), V (~1070 ppm), Ni (1597 ppm), Zn (380 ppm) mayores que los de la cromita en las cromititas de Mayarí (Fig. 1). En cambio, muestran contenidos menores de Co (2010 ppm) y de Mn (1064 ppm).

La cromita de las cromititas ricas en Cr y Ti de Loma Peguera (#Cr>0.6, TiO₂~1 %) tienen los mayores contenidos de Ga (57 ppm), V (1207 ppm), Ni (3522 ppm),

Zn (1240 ppm), Co (425 ppm), Mn (2831 ppm) y Nb (1,2 ppm) de los tres tipos de cromititas estudiadas (Fig. 1).

Nuestros resultados indican que los elementos menores y trazas se distribuyen desigualmente en los tres tipos de cromititas (Fig. 1). Por lo tanto, la distribución de tales elementos es una herramienta que puede usarse para discriminar entre los diferentes tipos de cromititas. Por ejemplo, el diagrama Ni vs. Ga muestra que la cromita en las cromititas ricas en Cr de Mayarí tiene una composición similar al de la cromita en las lavas boniniticas. También, que la composición de la cromita de las cromititas pobres en Cr de Moa-Baracoa es similar al que presenta la cromita en los basaltos tipo MOR (Fig. 1B). En general, la cromita de las cromititas de Mayarí tiene una composición en elementos menores y trazas similares a las cromita presente en las cromititas podiformes de Thetford Mines precipitadas a partir de magmas boniniticos (Pagé y Barnes, 2009).

La cromita en las cromititas ofiolíticas ricas en Cr y pobres Ti (grado metalúrgico) están empobrecidas en Ga, V, Ni, y Zn, y ligeramente enriquecidas en Mn y Sc, con respecto a las cromititas ofiolíticas pobres en Cr y ricas en Al (grado refractario).

Los altos valores de Co, Mn y Zn medidos en la cromita de las cromititas de Loma Peguera probablemente se corresponden con la composición magmática primaria, ya que esta cromita también presenta los mayores contenidos de Ni. El Zn, Mn y el Co pueden ser removilizados durante los procesos de alteración hidrotermal, pero en estos casos los contenidos de Ni son sistemáticamente muy bajos (Pagé y Barnes, 1999). Por tanto, los elementos menores y trazas de estas cromititas sugieren que estas representan un tipo composicional diferente (ricas en Cr, Ti, Fe³⁺, Ga, V, Ni, Co, Zn, Mn y Nb). Tales cromititas podrían cristalizar a partir de magmas tipo oceanic plateau asociados con una pluma mantélica, y definirían un nuevo subtipo de cromita ofiolítica (tipo *oceanic plateau*) como ha sido sugerido previamente (Proenza et al., 2007).

Los contenidos de Ga y V en las cromititas estudiadas se correlacionan positivamente. Trabajos previos han puesto de manifiesto que la disminución del #Cr implica un incremento en los contenidos de V y Ga (Pagé y Barnes, 1999). En cambio, nuestros resultados muestran que no siempre existe una

correlaciona negativa entre el #Cr y los contenidos de Ga y V. Las cromititas de Loma Peguera son ricas en Cr y presentan los mayores contenidos de Ga y V (Fig. 1). En las muestras estudiadas los contenidos de V se correlacionan positivamente con los contenidos de Fe₂O₃. Esta correlación sugiere que el V es dependiente de la fO₂ (Dare et al., 2009; Pagé y Barnes, 2009).

Finalmente, los datos presentados permiten concluir que los contenidos magmáticos primarios de Ga, V, Ni, Mn, Zn, Co, Sc, pueden preservarse en la cromita de las cromititas ofiolítica. Estos elementos menores y trazas pueden aportar una excelente información sobre la naturaleza del magma parental y del ambiente geodinámico de formación de las cromititas ofiolíticas.

REFERENCIAS.

Dare, S.A.S., Pearce, J.A., McDonald, I., Styles, M.T. (2009): Tectonic discrimination of peridotites using fO₂-Cr# and Ga-Ti-Fe^{III} systematic in chrome-spinel. *Chem. Geol.*, **261**, 199-216.

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 Ophiolitic Belt (eastern Cuba). *Contrib. Mineral. Petrol.*, **150**, 589-607.

Kamenetsky, V.S., Crawford, A.J., Meffre, S. (2001): Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr-spinel and melt inclusions from primitive Rocks. *J. Petrol.*, **42**, 655-671.

Leblanc, M. & Nicolas, A. (1992): Ophiolitic chromitites. *Int. Geol. Rev.*, **34**, 653-686.

Pagé, P. & Barnes, S.J. (2009): Using trace elements in chromites to constrain the origin of podiform chromitites in the Thetford Mines ophiolites, Québec, Canada. *Econ. Geol.*, **104**, 997-1018.

Proenza, J.A., Gervilla, F., Melgarejo, J.C., Bodinier, J.L. (1999): Al and Cr rich chromitites from the mayari-Baracoa Ophiolitic Belt, (eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotite in suprasubduction mantle. *Econ. Geol.*, **94**, 547-566.

Proenza, J.A., Zaccarini, F., Lewis, J.F., Longo, F., Garuti, G. (2007): Chromian spinel composition and the Platinum-Group Minerals of the PGE-rich Loma Peguera chromitites, Loma Caribe peridotite, Dominican Republic. *Can. Mineral.*, **45**, 211-228.

Rollinson, H. (2008): The geochemistry of mantle chromitites from the northern part of the Oman ophiolite: inferred parental melt composition. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **156**, 273-288.