

Minerales del Grupo del Platino en Cromititas Ofiolíticas: Significado Genético

/ JOSE M^a GONZÁLEZ-JIMÉNEZ (1, *), FERNANDO GERVILLA (1), JOAQUÍN A. PROENZA (2)

(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, Mineralogía i Dipòsits Minerals, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n, 08028, Barcelona, España.

INTRODUCCIÓN.

Los elementos del grupo del platino (EGP) son metales estratégicos y de gran interés industrial. En las últimas décadas, el crecimiento de su demanda ha promovido la financiación de numerosos proyectos de exploración para descubrir nuevas fuentes potenciales de estos metales nobles. Uno de los contextos geológicos sobre los cuales se han centrado gran número de los estudios, son las mineralizaciones de cromita encajadas en las secuencias máficas-ultramáficas de los complejos ofiolíticos.

De importancia capital, en cualquier tipo de estudio sobre los yacimientos que contienen a los EGP, es la caracterización de los minerales que los concentran. Los trabajos pioneros realizados en los inicios de la década de los ochenta (ej. Legendre, 1982; Legendre y Augé, 1986) demostraron que, en las cromititas ofiolíticas, los EGP se encuentran, preferentemente como minerales portadores de estos elementos. Tales minerales se conocen como minerales del grupo del platino (MGP).

En este trabajo se presenta, a modo de revisión, la mineralogía de los EGP en las cromititas ofiolíticas basada en una recopilación de datos propios y de la literatura. Asimismo se discute el significado genético de los MGP sobre la base de su distribución en diferentes posiciones texturales.

La población de granos de MGP sobre la que se soporta el estudio asciende a un total de 4678. Tal suma de granos es resultado de la compilación de los granos descritos en cromititas de complejos ofiolíticos de diferentes edades.

Los complejos ofiolíticos de edad Precámbrica considerados en este trabajo han sido Al Ays (Arabia Saudí), Bou Azzer (Marruecos), Kraubath-Hochgrössen (Austria) y Sierras Pampeanas (Argentina); los de edad Paleozoica son Great Serpentine Belt (Australia), Thedford Mines (Canadá), Shetland (Escocia), Tehuiztzingo (Méjico), Ray-Iz (Rusia) y Rhodopes Centrales (Bulgaria); los de edad Mesozoica se encuentran en el entorno perimediterráneo (Troodos en Chipre; Otrys, Vourinos y Pindos en Grecia; Omán, Sultanato de Omán, y Mugla, Turquía) y en el Caribe (Faja Ofiolítica Mayarí-Baracoa, Cuba, Loma-Peguera, República Dominicana); y los de edad Cenozoica se encuentran en el Pacífico (Complejo Ofiolítico de Nueva Caledonia) (véase González-Jiménez, 2009).

BREVE CARACTERIZACIÓN DE LAS CROMITITAS OFIOLÍTICAS.

Los depósitos ofiolíticos de cromita (o "podiformes") están representados en complejos ofiolíticos de diferentes edades geológicas. Este tipo de depósitos presenta gran variedad de morfologías: lentes, capas, filones, diseminaciones en forma de *schlieren* o cuerpos irregulares. Sin embargo, todas estas morfologías se suelen agrupar en dos grupos básicos: "podiformes" y o bandeadas.

Las cromititas podiformes se presentan como cuerpos de morfología irregular o en forma de lente (*pod*) de tamaño relativamente pequeño (reservas inferiores al millón de toneladas), encajados en dunitas residuales y/o harzburgitas, que constituyen la secuencia mantélica de la ofiolita. Las cromititas bandeadas, menos abundantes, forman capas o láminas concordantes ubicadas, predominantemente, en la zona de transición entre el manto y la corteza.

MINERALES DEL GRUPO DEL PLATINO EN LAS CROMITITAS OFIOLÍTICAS.

Características y Localización Textural de los MGP.

Los MGP suelen presentar un tamaño de grano muy pequeño, que raramente supera los 50 μm . En la cromitita, estos minerales se encuentran en su mayoría incluidos en los cristales de cromita. No obstante, también son frecuentes los granos localizados en fracturas y en la matriz silicatada intersticial entre los cristales de cromita. Aquellos granos localizados en los cristales inalterados de cromita muestran preferentemente morfologías euhedrales. Por el contrario, aquellos granos que se encuentran en la cromita alterada, en fracturas o en la matriz son subhedrales o anhedrales. Comúnmente los bordes externos de estos granos están parcialmente corroídos, o en casos extremos, desarrollan porosidad.

Distribución de los MGP.

La compilación conjunta de los datos de la literatura, y de los obtenidos en este estudio, permite discernir que en las cromititas ofiolíticas existe un predominio de los MGP de Os-Ir-Ru (57%) sobre los que tienen como componentes principales al Pt, Pd y/o el Rh (48%). La diferencia de proporciones varía cuando se consideran la distribución de los MGP en las diferentes posiciones texturales que se reconocen en la cromitita. En la cromita inalterada, la proporción de MGP de Os-Ir-Ru asciende hasta el 78%. En cambio, en la cromita alterada, en fracturas, o en matriz silicatada intersticial, predominan los MGP de Pt-Pd-Rh (76%). La mayoría de los MGP localizados en la cromita inalterada son sulfuros (60%) y, menor medida, sulfoarseniuros (20%), aleaciones (15%) y arseniuros (5%). También se reconocen aleaciones de Pd

palabras clave: Mineral del grupo del platino, Cromitita ofiolítica.

key words: Platinum group minerals, Ophiolite chromitite.

y Hg, y telururos (<< 1%). El predominio de los sulfuros viene dado por la abundancia relativa de los minerales de la serie de solución sólida laurita (RuS₂)-erlichmanita (OsS₂) (54%). Las proporciones de sulfoarseniuros se debe al predominio de la irarsita (IrAsS) (17%). Las aleaciones más abundantes son las de Os-Ir-Ru (11%), mientras que el arseniuro más frecuente es la sperrylita (4%).

La moda de MGP de Pt-Rh-Pd, en la cromita alterada, fracturas, y matriz silicatada intersticial se asocia con la abundancia relativa de arseniuros (31%), aleaciones (24%) y antimoniuros (12%) de estos elementos. Otras especies minoritarias que los contienen son aleaciones con Hg, Sn y Te (<< 5%). Los porcentajes de MGP de Os-Ir-Ru se relacionan con la presencia de óxidos de Ru-Os-Ir-Fe (13%), y en menor medida del sulfoarseniuro de Ir (4%).

DISCUSIÓN.

La ubicación de los MGP en las diferentes posiciones texturales en las cromititas se interpreta como resultado de la combinación de procesos magmáticos y postmágmatos.

Los MGP incluidos en las zonas inalteradas de los cristales de cromita se consideran como formados durante la cristalización de la cromita (González-Jiménez et al., 2009). La abundancia relativa de MGP primarios de Os-Ir-Ru sobre los que contienen Pt-Pd-Rh pone de manifiesto los procesos de fraccionamiento de los EGP durante la etapa magmática de formación de la cromitita (González-Jiménez et al., 2009). Asimismo, el predominio de los sulfuros y sulfoarseniuros señala el importante rol que juega la fugacidad de azufre durante la formación de los MGP primarios (Augé y Johan, 1988).

Los MGP localizados en las zonas alteradas (generalmente los bordes) de la cromita, fracturas, o matriz silicatada intersticial alterada, se consideran como primarios, equilibrados durante los procesos de alteración, o secundarios formados durante los mismos (ej. Stockman y Hlava, 1984; Prichard et al., 1986; Thalhammer et al., 1990; El Ghorfi et al., 2008). La abundancia de arseniuros, antimoniuros, amalgamas, estannuros y telururos sugiere la concentración/adición de elementos tales como As, Sb, Sn, Hg o Te al sistema durante los eventos postmágmatos. Estos aniones añadidos fijan a los EGP más incompatibles o más móviles (Pt, Pd, Rh e Ir). La incorporación de estos elementos tiene lugar por parte de fluidos hidrotermales generados durante las etapas más tardías del magmatismo (Prichard y Lord, 1994) o la serpentización y/o el metamorfismo regional (González-Jiménez, 2009). La formación de óxidos de EGP secundarios sugiere el desequilibrio de las asociaciones magmáticas. La mayor abundancia de óxidos de Ru-Os-Ir-Fe, se relaciona con los procesos de oxidación-desulfuración durante la alteración a baja temperatura de los sulfuros magmáticos de la serie de solución sólida laurita-erlichmanita (Stockman y Hlava, 1984; Garuti y Zaccarini, 1997).

REFERENCIAS.

Augé, T., Johan, Z. (1988): *Comparative study of chromite deposits from Troodos, Vourinos, North Oman and New Caledonia Ophiolites*. En: *Mineral Deposits in the European Community*. Boissonas, J., Omenetto, P. (eds). Springer-Verlag, Heidelberg. 367-288.

El Ghorfi, M., Melcher, F., Oberthur, T., Boukhari, A.E., Maacha, L., Maddi, A., Mhaili, M. (2008): *Platinum Group minerals in podiform chromitites of the Bou Azzer ophiolite, Anti-Atlas, Central Morocco*.

Mineral. Petrol. DOI 10.1007/s007-0208-2.

Garuti, G., Zaccarini, F. (1997): *In situ alteration of platinum Group minerals at low temperature: evidence from serpentized and wetheared chromitite of the Vourinos Complex, Greece*. *Can. Mineral.*, **35**, 1431-1439.

González-Jiménez, J.M. (2009): *Mineralogía de los elementos del grupo del platino en cromititas ofiolíticas sometidas a diferentes tasas de alteración*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 230 pp.

González-Jiménez, J.M., Gervilla, F., Proenza, J.A., Kerestedjian, T., Augé, T., Bailly, L. (2009): *Zoning in laurite (RuS₂)-erlichmanite (OsS₂): implications for the origin of PGM in ophiolite chromitites*. *Eur. J. Mineral.*, **21**, 419-432.

Legendre, O. (1982): *Minéralogie et géochimie des platinoïdes dans les chromitites ophiolitiques*. Thèse Doct. 3^e cycle. Université de Paris, 6, 171 pp.

Legendre, O., Augé, T. (1986): *Mineralogy of platinum group minerals inclusions in chromitites from different ophiolitic complexes*. En: *Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks*. Gallagher, M.J., Ixer, R.A. Neary, C.R., Prichard, H.M. (eds). *Insitution of Mining and Metallurgy*. U.K. 351-372.

Prichard, H.M., Neary, C., Potts, P.J. (1986): *Platinum group minerals in the Shetland Ophiolite*. En: *Metallogeny of Basic and Ultrabasic Rocks*. Gallagher, M.J., Ixer, R.A. Neary, C.R., Prichard, H.M. (eds). *Insitution of Mining and Metallurgy*. U.K. 395-414.

Prichard, H.M., Lord, R.A. (1994): *Evidence for the mobility of PGE in the secondary environment in the Shetland Ophiolite Complex*. *Trans. Inst. Min. Metal. Sec B.*, **103**, 79-86.

Stockman, H.W., Hlava, P.F. (1984): *Platinum-group minerals in Alpine chromitites from south-western Oregon*. *Econ. Geol.*, **79**, 491-508.

Thalhammer, O.A.R., Prochaska, W., Mülhans, H.W. (1990): *Solid inclusions in chrome-spinels and platinum group elements concentrations from the Hochgrössen and Kraubath Ultramafic Massifs (Austria)*. *Contr. Mineral. Petrol.*, **105**, 66-80.