

Evolución Composicional de la Ilmenita en Kimberlitas Fértiles y Estériles de Angola

/ MONTGARRI CASTILLO-OLIVER (1,*), SALVADOR GALÍ (1), ANTONIO OLIMPIO-GONÇALVES (2), VLADIMIR PERVOV (3), JOAN-CARLES MELGAREJO (1)

(1) Dept. Cristal·lografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals, Fac. de Geologia, Universitat de Barcelona. C/ Martí i Franquès, S/N, 08024 Barcelona

(2) Dept. Geologia, Universidade Agostinho Neto, Luanda, Avda. 14 de fevereiro, Luanda, Angola.

(3) Sociedade Mineira Catoca, S.L., Catoca, Angola

INTRODUCCIÓN

La ilmenita es un mineral indicador que aparece en las kimberlitas como xenocristal y que ha sido utilizado comúnmente en la exploración de diamante. Sin embargo, los escasos estudios texturales detallados de ilmenita (Pasteris, 1980; Mitchell, 1977; Robles-Cruz et al., 2009; Castillo et al., 2012) reflejan una gran complejidad, mientras muchos aspectos de su evolución geoquímica no han sido totalmente comprendidos. Este trabajo tiene como objetivo caracterizar los procesos que han modificado la composición de la ilmenita desde su formación hasta su actual aparición como xenocristal, así como sugerir posibles implicaciones en la exploración de diamante.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Más de 15 kimberlitas, con diferente grado diamantífero, fueron muestreadas en distintas localidades de Angola. Todas ellas se encuentran dentro del corredor de Lucapa, un graben que cruza el país de NE a SW y que controló el emplazamiento tanto de kimberlitas como de carbonatitas en el Cretácico Inferior (Egorov et al., 2007).

DESCRIPCIÓN TEXTURAL

Las observaciones con microscopía óptica de luz transmitida y reflejada y SEM permiten reconocer 9 poblaciones texturales de ilmenita distintas.

- **Ilmenita intergranular:** ilmenita que se encuentra intersticialmente entre granos de piroxeno u olivino en xenolitos mantélicos (Fig. 1a). En algunos casos va acompañada de kaersutita.
- **Ilmenita en xenolitos de carbonatita:** sólo aparece en la kimberlita de Catoca, formando cristales alotriomórficos dentro de enclaves carbonatíticos.

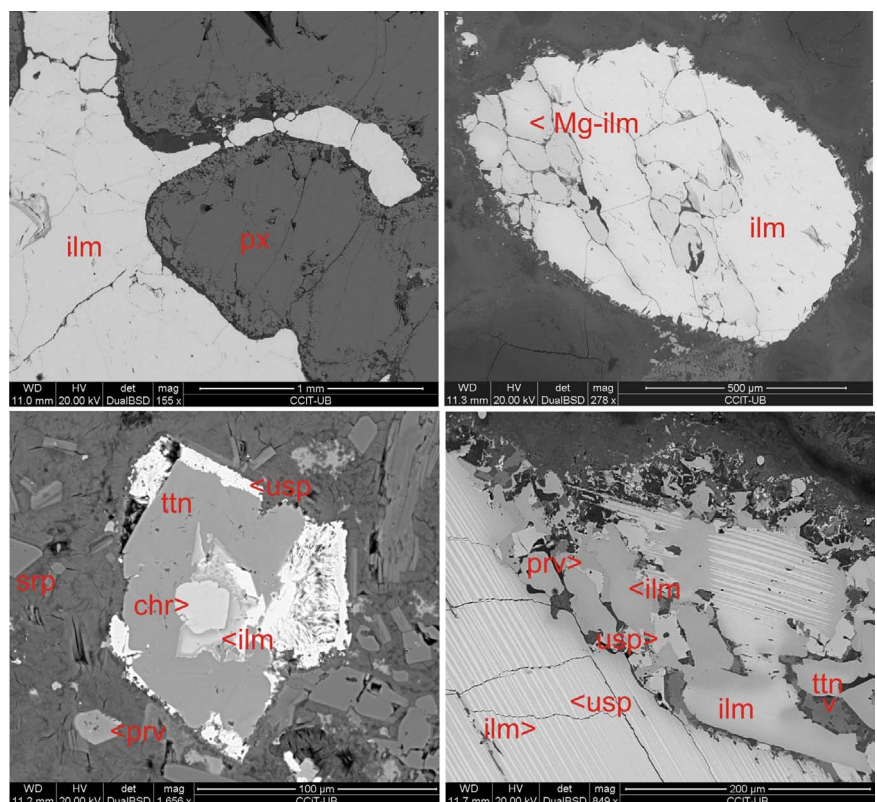


fig 1. Imágenes de SEM-BSE de algunas de las texturas encontradas en las kimberlitas. A) Ilmenita (ilm) intergranular en xenolito mantélico. B) Xenocristal de ilmenita alotriomórfica. El enriquecimiento en Mg cerca de los bordes de grano y fracturas se traduce en tonos de gris más oscuro. C) Ilmenita zonada con inclusiones de cromita (chr). D) Reemplazamiento de ilmenita con exsoluciones de ulvöspinel (usp) por una ilmenita magnésiana y perovskita (prv). Posteriormente cristaliza titanita (ttn) y hematites.

- **Ilmenita nodular:** xenocristales de ilmenita sin exsoluciones, a menudo policristalina, con bordes curvos y puntos triples (Fig. 1b).
- **Ilmenita con inclusiones de cromita:** se trata de una textura muy poco común. La ilmenita es alotriomórfica y con zonado en sus bordes (Fig. 1c).
- **Ilmenita como inclusiones en olivino y piroxeno.**
- **Ilmenita exsuelta con ulvöspinel:** textura poco frecuente en kimberlitas pero común en las de Angola (Fig. 1d).
- **Ilmenita simplectítica:** puede aparecer únicamente en los bordes de grano de

generaciones anteriores de ilmenita (Fig. 1d) o puede afectar al conjunto de estos cristales.

- **Ilmenita esquelética.** Esta textura sólo se ha reconocido en Catoca.
- **Ilmenita tabular,** en la matriz de kimberlita. Sólo aparece en Catoca.

Los xenocristales de ilmenita suelen presentar, además, complejas texturas de reemplazamiento y/o alteración (Fig. 1d), que incluyen la formación de ilmenita enriquecida en Mg y la cristalización de perovskita, titanita, rutilo, ulvöspinel y hematites.

palabras clave: Kimberlita, Ilmenita, Geoquímica, Textura, Mineral Indicador de Diamante

key words: Kimberlite, Ilmenite, Geochemistry, Texture, Diamond Indicator Mineral

resumen SEM/SEA 2012

* corresponding author: montgarricastillo@ub.edu

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los análisis de EMP muestran que la ilmenita intergranular en xenolitos mantélicos es composicionalmente homogénea ($\sim 78,87 \pm 2,06\%$ FeTiO₃) y pobre en Mg ($\sim 5,04\%$ MgTiO₃) mientras que la que aparece dentro de enclaves carbonatíticos está muy enriquecida en Mn ($\sim 28,19\%$ MnTiO₃). Contrariamente, los xenocristales de ilmenita acostumbran a presentar un rango composicional muy amplio, con tendencia general hacia geikielita.

La representación de los datos de composición según la clasificación de Haggerty & Tompkins (1983) no permite determinar el carácter fértil/estéril de las kimberlitas. Sin embargo, el diagrama Fe³⁺ - Mg (Fig. 2) muestra que los xenocristales procedentes de kimberlitas fértiles presentan una variación composicional continua desde términos más férricos hacia términos más magnesianos; mientras que la ilmenita procedente de kimberlitas estériles tiene un rango composicional muy restringido a altos contenidos de Mg y bajos contenidos de Fe³⁺.

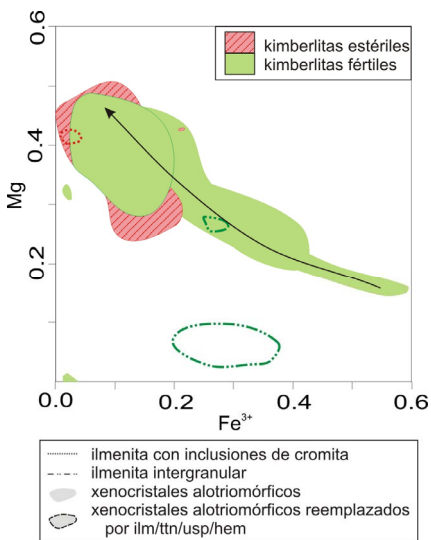


fig 2. Diagrama Fe³⁺-Mg. Se puede apreciar el enriquecimiento en Mg hacia los bordes de grano en la ilmenita procedente de kimberlitas fértiles.

DISCUSIÓN

La combinación de observaciones texturales con datos composicionales ha permitido reconocer los siguientes procesos:

Metasomatismo

Los bajos contenidos en Mg de la ilmenita intergranular, junto con la

presencia de kaersutita, sugieren un origen metamórfico mantélico para este tipo de ilmenita.

Interacción con el Magma Kimberlítico

El enriquecimiento en Mg observado en los xenocristales de ilmenita se puede explicar por un proceso de difusión, que tuvo lugar preferentemente en los bordes de grano y a través de fracturas. Esta geikielización fue interpretada anteriormente como el resultado de la interacción de los xenocristales con el magma kimberlítico (Pasteris; 1980) o con fluidos hidrotermales (Boctor & Boyd, 1980). En Angola, algunas evidencias permiten interpretar que este enriquecimiento deriva directamente de la interacción con el magma kimberlítico durante el ascenso.

En primer lugar, la presencia de perovskita, mineral de origen típicamente kimberlítico, rodeando esta ilmenita magnesiana (Fig. 1d). Por otro lado, estudios experimentales llevados a cabo recientemente por Nikolenko et al. (2012) han obtenido texturas muy similares a las de este estudio. Éstas fueron producidas por la interacción de una ilmenita férrica con un magma kimberlítico enriquecido en Ti a una temperatura de $1100 \pm 20^\circ\text{C}$ y una presión de $2,00 \pm 0,25$ GPa.

También los granos de ilmenita exsuelta con ulvöspinel presentan este característico reemplazamiento por ilmenita magnesiana. Teniendo en cuenta que las exsoluciones son el resultado de un enfriamiento lento y a bajas temperaturas, éstas no se han podido originar durante el emplazamiento de la kimberlita, dado el rápido ascenso (20-30m/s) del magma hacia la superficie (Wilson & Head, 2007). En consecuencia, esta textura podría tener un origen cortical y, por consiguiente, la interacción con el magma kimberlítico tendría lugar también en condiciones relativamente superficiales.

Reemplazamiento Tardío

La formación de titanita reemplazando la ilmenita inicial pone de manifiesto procesos subsolidus tardíos a baja temperatura ($T < 450^\circ\text{C}$; Gazley et al, 2011). Del mismo modo, la presencia de bordes de ulvöspinel y hematites en numerosos granos de ilmenita indica condiciones más oxidantes en los últimos estadios de cristalización.

CONCLUSIONES

La interacción de los xenocristales de ilmenita con el magma kimberlítico puede modificar significativamente su composición por procesos de difusión. Una prolongada interacción con el magma kimberlítico podría ser la responsable de la destrucción del diamante en las kimberlitas estériles, caracterizadas por presentar ilmenita con un mayor contenido de Mg.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación cuenta con el apoyo del proyecto CGL2009-13758 (BTE) y AGAUR SGR 444. Los autores agradecen asimismo la asistencia de los técnicos del CCIT-UB durante el uso del SEM/ESEM-BSE-EDS y la EMP.

REFERENCIAS

Boctor N., Boyd F (1980): Oxide minerals in the Lihobong kimberlite, Lesotho. *Am. Min.* **65**, 631-638.

Castillo, M., Galí, S., Olimpio, T., Melgarejo, J.C. (2012): Use of diamond indicator minerals in diamond exploration: a comparison between barren and fertile kimberlites in Angola. In: 10th Int. Kimberlite Conf. Short Abstracts. 345-346.

Egorov, K.N., Roman'ko, E.F., Podvysotsky, V.T., Sablukov, S.M., Garanin, V.K., D'yakonov, D.B. (2007): New data on kimberlite magmatism in southwestern Angola. *Rus. Geol. Geophys.* **48**, 323-336.

Gazley, M.F., Vry J.K., Boorman, J.C., (2011): P-T evolution in greenstone-belt mafic amphibolites. *J. Metam. Geol.* **29**, 685-697.

Haggerty, S.E., Tompkins, L.A. (1983): Redox state of Earth's upper mantle from kimberlitic ilmenites, *Nature*, **303**, 295-300.

Mitchell (1977): Geochemistry of magnesian ilmenites from kimberlites in South Africa and Lesotho, *Lithos*, **10**: 29-37.

Nikolenko, E.I., Afanasiev, V.P., Chepurov, A. (2012): Fe-rich ilmenite and kimberlite melt interaction, experimental researches. In: 10th Int. Kimberlite Conf. Short Abstracts. 143-144.

Pasteris, J.D. (1980): The significance of groundmass ilmenite and megacryst ilmenite in kimberlites. *Contrib. Mineral. Petrol.* **75**, 315-325.

Robles-Cruz, S., Watangua, M., Isidoro, L., Melgarejo, J.C., Galí, S., Gonçalves, A.O. (2009): Contrasting compositions and textures of ilmenite in the Catoca kimberlite, Angola, and implications in exploration for diamond, *Lithos*, **112s**, 966-975.

Wilson L. & Head J.W. (2007): An integrated model of kimberlite ascent and eruption. *Nature*, **447**, 53-57.