

Zonación del Pirocloro Primario en Carbonatitas de Angola

/ AURORA JOÃO CUIAELA MATEUS BAMBI (1*,2), JOAN CARLES MELGAREJO (1), ANTONIO OLIMPIO GONÇALVES (2), PURA ALFONSO (3), ALESSANDRA COSTANZO (1)

(1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogía i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Martí i Franquès s/n. 08028, Barcelona (Espanya)

(2) Departamento de Geología. Universidade Agostinho Neto. Av/ 4 de Fevereiro, 71. Caixa postal, 815, Luanda (Angola)

(3) Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Campus Manresa. Universitat Politècnica de Catalunya. Av/ De les Bases de Manresa, Manresa (Espanya)

INTRODUCCIÓN.

Los minerales del grupo del pirocloro están representados por la fórmula general ($A_2B_2X_6Y_1$), donde:

A= Ca, Na, Ba, Sr, Pb, U, Th, Mn, REE, Fe, Sn, Bi, Sb

B= Nb, Ti, Ta

X= O

Y= O, OH, F

Este grupo está compuesto por los subgrupos de microlita (B=Ta), betafita (B=Ti) y pirocloro s.s. (B=Nb), que es nuestro objeto de estudio.

El objetivo de este trabajo es describir la variación de la composición química primaria del pirocloro de las rocas carbonatíticas de diferentes complejos. Para ello, se ha seleccionado cristales en tres complejos carbonatíticos (los complejos de Tchivira, Bonga y Catanda, ubicados en las zonas sur y oeste de Angola, al sur del continente Africano), representativos de niveles de emplazamiento plutónico, subvolcánico y efusivo.

MARCO GEOLÓGICO.

Los complejos muestreados forman parte de la estructura de Lucapa, un sistema riftogénico producido durante el Cretácico temprano inferior, con dirección NE-SW. Los complejos carbonatíticos tienen mayor desarrollo en la parte SW de la estructura (Lapido-Loureiro, 1973; Alberti et al., 1999).

El complejo carbonatítico plutónico de Tchivira (en el sur de Angola, en la provincia de Lubango) es uno de los más extensos, y está asociado a un complejo plutónico básico-alcalino: gabros, ijolitas, sienitas nefelínicas y sienitas. Encaja en granitos arcaicos fenitizados. Las rocas carbonatíticas aparecen como dos cuerpos posiblemente asociados a una intrusión circular, e intruyen el resto de rocas básicas y alcalinas. Se trata de

carbonatitas cálcicas, que constituyen la mayor parte de los afloramientos; carbonatitas magnésicas, constituidas por mezclas de calcita y dolomita en proporciones muy variables; y brechas carbonatíticas. El conjunto está fuertemente reemplazado por fluidos hidrotermales tardíos, que producen una intensa recrystalización de los carbonatos, fluoritización y silicificación (Bambi et al., 2004).

El complejo carbonatítico subvolcánico de Bonga se localiza también en la zona sur del país, a 11 Km de Tchivira, y es uno de los mayores afloramientos de carbonatita del mundo. El cuerpo principal, de estructura sub-circular, consta de carbonatitas masivas en los bordes, compuestas por dolomita y calcita, mientras que en el centro consta de ankerita. El cuerpo principal está rodeado de diques anulares concéntricos de carbonatitas cálcicas y brechas carbonatíticas (Bambi et al., 2004).

La estructura carbonatítica volcánica de Catanda (localizada en la provincia de Kuanza Sul, en el oeste de Angola) es un conjunto de estratovolcanes muy erosionados, compuestos por edificios piroclásticos y lavas carbonatíticas. Los piroclastos tienen espesores variables, excediendo a veces los 100 m (Bambi et al., 2008), y están formados por bloques y fragmentos de granito fenitizado, anfíbolitas y carbonatitas, todos ellos rodeados por una matriz de calcita. Las rocas piroclásticas generalmente aparecen en ciclos cuya parte superior está formada por lapilli poco consolidados. Existen posibles lavas natrocarbonatíticas donde los minerales primarios como la nyerereita y la gregoryita han sido sustituidos por calcita.

ZONACIÓN DEL PIROCLORO.

De entre todos los cristales de pirocloro localizados, se han seleccionado para un

estudio detallado solamente aquéllos en que se observan texturas de cristalización magmática primaria, descartándose aquellos cristales en que se reconocen texturas típicas de alteración subsólidos (reemplazamiento por bordes de grano o fracturas, corrosión, etc.). Los cristales se seleccionaron con MEB en modo de electrones retrodispersados, y se realizaron perfiles composicionales con microsonda electrónica.

Carbonatitas plutónicas (Tchivira).

Se han localizado cristales de pirocloro con una zonación concéntrica poco acusada en carbonatitas dolomíticas. El núcleo de los cristales muestra evidencias de haber sido reabsorbido (Fig. 1).

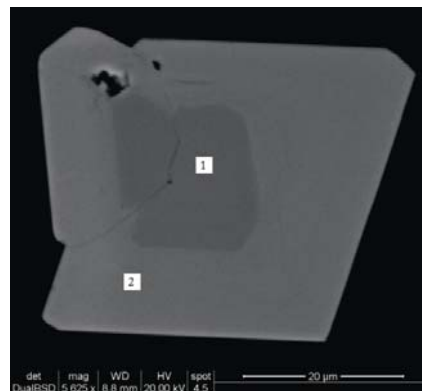


Fig. 1. Zonación concéntrica simple en cristal de pirocloro de las carbonatitas magnésicas plutónicas de Tchivira, representada por dos zonas, 1- núcleo del cristal y 2- borde del cristal. Imagen de electrones retrodispersados.

Por lo demás, cada una de estas zonas es bastante homogénea. La zonación es consecuencia de cambios químicos ligeros, principalmente en la posición A. De este modo, en el núcleo de los cristales (zona 1) la posición A está ocupada principalmente por Na y Ca, con medias de $Na_2O=7.50$ wt.% de óxido y $CaO=15.14$ wt.% mientras que en los bordes el cristal (zona 2) se enriquece en Th, con los valores máximos de

palabras clave: Carbonatita, Pirocloro, Zonación, Angola

key words: Carbonatite, Pyrochlore, Zoning, Angola

$\text{ThO}_2=3.29$ wt.%. En cambio, la posición B queda invariable (a excepción de un ligero enriquecimiento tardío en Ti).

Carbonatitas Subvolcánicas (Bonga).

Se ha estudiado la zonación en cristales de pirocloro de carbonatitas calcíticas. El pirocloro presenta una zonación concéntrica muy acusada. Los cristales están ligeramente reabsorbidos (Fig. 2)

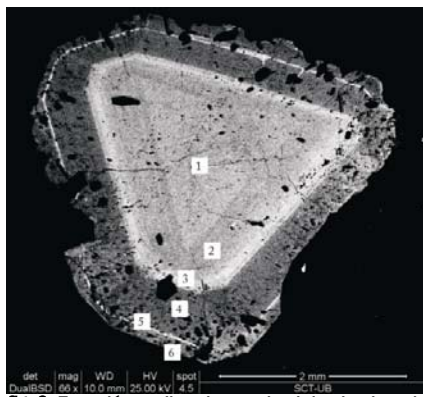


Fig. 2. Zonación oscilatoria en cristal de pirocloro de la carbonatita subvolcánica de Bonga. Imagen de electrones retrodispersados. Para leyenda, véase texto.

La zonación es oscilante. La zonación responde esencialmente a cambios en la posición A, de modo que el núcleo (1) en la (Fig. 2) está ligeramente enriquecido en Th ($\text{ThO}_2=4.05$ wt.%). La zonación dentro de este núcleo se debe a cambios ligeros en el contenido de este elemento que disminuye ligeramente ($\text{ThO}_2=3.51$ wt.%), sólo en parte compensados por la entrada de pequeñas cantidades de U (zona 2). En la parte más externa del núcleo se da nuevamente un enriquecimiento en Th (zona 3) con contenido medio de $\text{ThO}_2=5.44$ wt.%.

Hacia el exterior, en la zona 4 el contenido en Th disminuye fuertemente ($\text{ThO}_2=1.44$ wt.%) y el pirocloro toma una composición próxima a la del pirocloro s.s. Esta composición se mantiene hasta el fin de la cristalización (zona 6) sólo interrumpida por un estadio de cristalización rico en Th (zona 5) con valores de $\text{ThO}_2=6.35$ wt.%.

Carbonatitas Volcánicas (Catanda).

El pirocloro de Catanda presenta una zonación relativamente sencilla, con núcleos parcialmente reabsorbidos durante el proceso de cristalización del magma y partes externas que, a menudo, muestran también golfos de corrosión (Fig. 3).

La composición del núcleo (1) es

cerca a la del pirocloro s.s. En cambio, en los bordes se dan cambios significativos en la posición A y en la B.

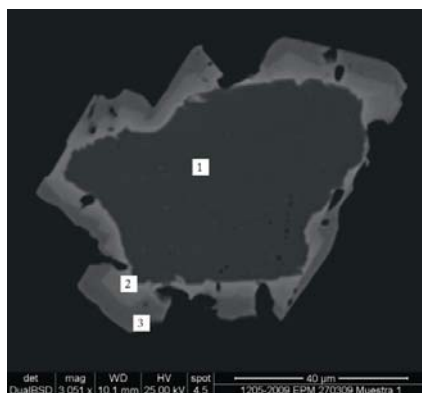


Fig. 3. Cristal de pirocloro zonado en las carbonatitas volcánicas de Catanda. Nótese la corrosión en los bordes del cristal e incluso en el núcleo.

Los cambios más importantes se ven en la zona 2, pues en la posición A el Nb y sobre todo el Ti se ven sustituidos por Ta, U, Th y Zr con contenido medio de $\text{Ta}_2\text{O}_5=5.85$ wt.%, $\text{UO}_2=8.90$ wt.%, $\text{ThO}_2=8.75$ wt.% y $\text{ZrO}_2=9.88$ wt.%, mientras que en la B el Ca y sobretodo el Na con contenido medio de $\text{CaO}=14.76$ y $\text{Na}_2\text{O}=1.84$ wt.% se ven sustituidos por Th y U

En la zona 3 disminuye nuevamente el contenido de Th ($\text{ThO}_2=5.18$ wt.%), U ($\text{UO}_2=1.01$ wt.%), Ta ($\text{Ta}_2\text{O}_5=1.13$ wt.%) y Zr ($\text{ZrO}_2=5.02$ wt.%), en la posición B, mientras que en la posición A aumenta el contenido en Ce ($\text{Ce}_2\text{O}_3=4.28$ wt.%).

DISCUSIÓN.

Las variaciones geoquímicas del pirocloro en carbonatitas han sido estudiadas por algunos autores en carbonatitas africanas. Existen diversos modelos, a menudo contradictorios. Así, en los trabajos de síntesis de Hogarth et al. (2000) y Bagdasarov (1972) se indica que el pirocloro, durante el proceso de cristalización, puede tener varias tendencias:

- de enriquecimiento en los elementos "carbonatíticos" (Nb, Ca, Na).
- de enriquecimiento en "elementos "extraños" (Ti, Ta, U, Th, Ce, Zr).

Los mismos autores indican que la zonación puede ser oscilante, y atribuyen las oscilaciones a desequilibrio durante los procesos de cristalización.

En el caso de las carbonatitas de Angola, se aprecian procesos de corrosión de los cristales, generalmente

en las interrupciones que existen entre zonas de composición muy diferente. Este aspecto puede ser también explicado mediante cambios en los estados de equilibrio. Teniendo en cuenta la presencia de brechas de explosión frecuentes en estas rocas, es posible que algunos de estos procesos de desequilibrio puedan estar relacionados con la pérdida de volátiles

CONCLUSIONES.

La cristalización del pirocloro de las carbonatitas se realiza en contexto fuera de equilibrio, ya sean en condiciones plutónicas, subvolcánicas o volcánicas.

El enriquecimiento de Ta hacia las carbonatitas volcánicas puede ser la consecuencia de que este elemento se comporta como incompatible durante los procesos carbonatíticos, fraccionándose hacia los magmas más residuales.

AGRADECIMIENTOS.

Esta investigación es apoyada por el proyecto CGL2006-12973 del Ministerio de Educación y Ciencia, el SGR 589 de Generalitat de Catalunya y el Departamento de Geología de la Universidad Agostinho Neto de Angola, y por una subvención de AEIC (Aurora Bambi). Los autores reconocen el apoyo de los Serveis Científico-Tècnics de la Universidad de Barcelona.

REFERENCIAS.

- Alberti, A., Castorina, F., Censi, P., Comin-Chiaromonte, P., Gomes, C.B. (1999): *Geochemical characteristics of Cretaceous Carbonatites from Angola*. *J. African earth Sci.*, **29**, 735-759.
- Bagdasarov, Yu.A. (1972): *Application of nuclear physical methods to the study of rock, ore and mineral samples. Spatial distribution of uranium and thorium in pyrochlore crystals from carbonatites*. *Trudy Vsesoyuznyi Nauchno-Issledovatel'skii Institut Yadernoi Geofiziki i Geokhimii*, **13**, 60_5 (in Russian).
- Bambi, A.C.J.M., Melgarejo, J.C., Gonçalves, A.O., Costanzo, A., Pura, A. Neto, A.B., Manuel, J. (2008): *Evolution of Pyrochlore in Carbonatites: the Angola Case*. *Macla*, **9**, 43-44.
- Bambi, A.C.J.M., Melgarejo, J.C., Gonçalves, A.O., Neto, A.B., Morais, E.A. (2004): *Os maciços carbonatítico-alcálicos de Tchivira-Bonga (Angola): novos dados sobre su estructura*. *Actas VIII congreso de geoquímica dos países de Língua portuguesa*, **1**, 71-74.
- Hogarth, D.D., Williams, C.T., Jones, P. (2000): *Primary zoning in pyrochlore group minerals from carbonatites*. *Mineral Mag.*, **64**, 683-697.
- Lapido-Loureiro, F.E. (1973): *Carbonatitos de Angola*. IICA. Luanda, 242 pp.