

Minerales de Nb y REE en las Carbonatitas de Longonjo y Bailundo, Angola

/ AMAIA CASTELLANO CALVO (1,*), JOAN CARLES MELGAREJO (1), PURA ALFONSO ABELLA (2), AURORA CUAIELA JOÃO MATEUS BAMBI (3), ANTONIO OLIMPIO GONÇALVES (3), MONTGARRI CASTILLO-OLIVER (1)

(1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogía i Dipòsits Minerals, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès, 08028 Barcelona.

(2) Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Universitat Politècnica de Catalunya, Avda. Bases de Manresa, Manresa.

(3) Departamento de Geología, Universidade Agostinho Neto, Avda. 4 de fevereiro, 71815 Luanda, Angola.

INTRODUCCIÓN.

Bailundo y Longonjo son dos de los mayores macizos carbonatíticos de Angola, en los que Lapido-Lourel (1973) y Alberti et al. (1999) mencionaron la presencia de minerales de Nb, pero las condiciones políticas impidieron durante más de 40 años el desarrollo de estudios de detalle.

El objetivo de este trabajo consiste en aportar nuevos datos referentes a la mineralogía de los elementos raros, así como de los procesos subsolidus implicados en el enriquecimiento en Nb y REE de las carbonatitas.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA.

Los macizos de Longonjo y Bailundo se encuentran a 70Km al E y al N (respectivamente) de la ciudad de Huambo. Longonjo a 665km al SE de Luanda y Bailundo a 564Km al SE de la misma.

Las carbonatitas de Bailundo y Longonjo pertenecen a la provincia alcalino-carbonatítica de Parana-Namibia-Angola. Esta provincia es de edad cretácica temprana, y está relacionada con la ruptura de Pangea (Ernst and Bell, 2010). Ambos macizos se encuentran dentro de la estructura tectónica de Lucapa, la cual atraviesa Angola en dirección NE-SW.

ESTRUCTURA.

Los macizos subvolcánicos de Bailundo y Longonjo intruyen rocas graníticas de edad Arcaica, sobre las que causan una intensa fenitización.

Estos macizos están constituidos por un núcleo carbonatítico circular envuelto por diques carbonatíticos anulares dispuestos concéntricamente. Se

reconocen carbonatitas férricas y cálcicas. Ambos tipos de intrusivos se acompañan de brechas carbonatíticas. Todas estas carbonatitas se encuentran fuertemente meteorizadas, con un importante desarrollo de arcillas de descalcificación.

PETROGRAFÍA.

Los carbonatos primarios son calcita o siderita, con textura granular. Como minerales accesorios hay magnetita, pirocloro y apatito, con un diámetro inferior a 500 µm. El pirocloro es común y suele asociarse a la magnetita. Los sulfuros (pirita y calcopirita) y el circón son escasos.

La mayoría de las carbonatitas han sufrido una intensa alteración hidrotermal, formándose venas de cuarzo orientadas al azar, alrededor de las cuales los carbonatos originales han sido reemplazados por dolomita, ankerita y cuarzo, con grandes cantidades de barita, minerales de REE y fluorita; así como pequeñas cantidades de galena, witherita y estroncianita. En este estadio se forma una generación tardía de plumbopirocloro (Fig. 1).

Finalmente, la intensa meteorización sufrida por las carbonatitas férricas de Bailundo y Longonjo ha producido el reemplazamiento de éstas por goethita, minerales del grupo de la hollandita y fosfatos de REE.

BRECHAS CARBONATÍTICAS.

En Bailundo, las brechas carbonatíticas consisten en fragmentos de granitoides fenitizados, diseminados en la matriz carbonatítica. Ésta se encuentra afectada por los mismos procesos hidrotermales y meteóricos que las carbonatitas.

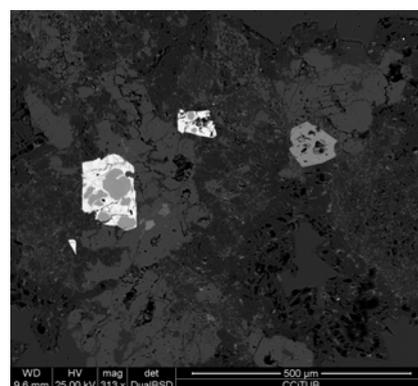


fig. 1. Cristales octaédricos de pirocloro en carbonatita, parcialmente reemplazados por plumbopirocloro más brillante. El cristal de brillo intermedio es zircón. Imagen de MEB, modo de electrones retrodispersados.

PIROCLORO.

La fórmula estructural del pirocloro es $A_2B_2O_6Z$, donde A puede ser Ca, Na, K, Ba, Sr, U, Th, Pb, Mn, Sb, Bi y REE. La posición B la ocupan Nb, Ta, Ti, Zr, Si, Fe³⁺, y en la posición Z hay F, OH y O.

El pirocloro es un mineral muy común en las carbonatitas de Bailundo y Longonjo, con hábito euhedral octaédrico y un diámetro inferior a 250 µm. A nivel textural se distinguen varias generaciones. El pirocloro primario es idiomorfo y zonado, y suele estar reemplazado por pirocloro secundario a favor de los bordes de grano y fracturas.

Los pirocloros primarios de Bailundo, presentan una zonación concéntrica y tienen la posición A completamente ocupada por Ca y Na (\pm Th). La posición B está ocupada por Nb (\pm Ti, Ta, Si, Zr), y la posición Z la ocupa principalmente el F, por lo que los cristales presentan una composición muy similar al polo fluorpirocloros, con algunas vacantes en la posición A.

La zonación en los pirocloros de Bailundo, se debe a sustituciones de Nb

palabras clave: Carbonatita, Pirocloro, Carbonatos REE, Fosfatos REE, Silicatos REE.

key words: Carbonatite, Pyrochlore, REE carbonates, REE phosphates, REE silicates.

resumen SEM 2011

* corresponding author: amaiacastellano@gmail.com

por (Ta+Zr+Ti) en la posición B, acompañados por pequeños cambios en los contenidos de Th en la posición A. Inicialmente se produce el reemplazamiento del par Na-F, mientras que en episodios tardíos se genera el pumbopirocloro. En algunos casos se produce además enriquecimiento en Ba, Sr o Ce. La baddeleyita (ZrO_2) puede reemplazar el pirocloro siguiendo pequeñas fracturas.

En las carbonatitas de Longonjo, el pirocloro es el principal portador de Nb, predominando el pumbopirocloro asociado a barita (Fig. 2). El pumbopirocloro aparece en cristales idiomorfos inferiores a $30 \mu m$ y generalmente, zonados. En ellos se produce un reemplazamiento por Ba y Sr, que suele ir acompañado de un incremento en el número de vacantes en la posición A. El Pb es el único catión presente en la posición A en los núcleos de los pumbopirocloros, pero en los bordes puede producirse un enriquecimiento en Ba, Ce y Sr.

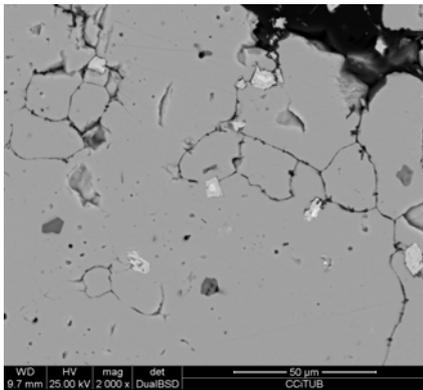


fig 2. Cristales octaédricos de pirocloro hidrotermal incluidos en barita. Se distingue un núcleo más brillante (pumbopirocloro) reemplazado por un borde de composición afín a bariopirocloro. Imagen de MEB, modo de electrones retrodispersados.

Además, en estadios hidrotermales tardíos se forman generaciones de fluornatropirocloro, que a su vez vuelven a ser reemplazados por generaciones tardías de plumbopirocloro y bariopirocloro (Fig. 3).

El "ilmenorutilo" se genera como último episodio rellenando venas, en particular en las ferrocronatitas. Aparece con hábito xenomorfo, con un tamaño inferior a $50 \mu m$. Éste mineral se debe a un mecanismo de sustitución acoplada donde $2Ti^{4+}=1Fe^{3+}+1Nb^{5+}$.

MINERALES DE REE.

Los minerales de REE se forman en

grandes cantidades en los estadios hidrotermales, en asociación con cuarzo, fluorita y barita. Típicamente ocupan una posición geódica, y constan de fosfatos (rabdofana), carbonatos (sinchisita) y diversos fluoruros (Fig. 4).

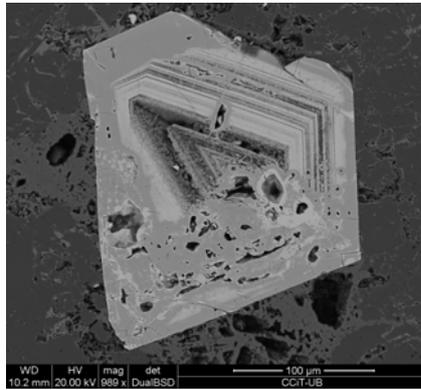


fig 3. Plumbopirocloro zonado reemplazado por fluornatropirocloro (gris claro). Imagen de MEB, modo de electrones retrodispersados.

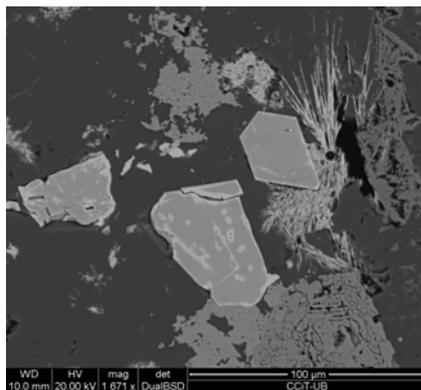


fig 4. Cristales tabulares de sinchisita-Ce ocupando porosidad en carbonatita. Se distinguen también cristales idiomórficos de fluornatropirocloro. Imagen de MEB, modo de electrones retrodispersados.

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Las carbonatitas de Bailundo y Longonjo se encuentran fuertemente afectadas por procesos subsolidus de alteración hidrotermal y meteorización. Éstos procesos han producido el enriquecimiento de elementos económicamente interesantes, en las zonas meteorizadas de las carbonatitas de Bailundo, con concentraciones en Nb de unos 2000 ppm, 1500 ppm en Ce y un 8.5% en peso de P. En Longonjo, las concentraciones medias en Nb son de 2000 ppm, de Th y La de 1300 ppm, de Ce de 500 ppm y de Nd de 1600 ppm.

Los procesos subsolidus no parecen producir cambios significativos en la concentración en Nb de los pirocloros, pero sí en la de los elementos que

ocupan la posición A. Por otro lado, la cristalización hidrotermal de plumbopirocloro y rutilo indica que el Nb puede ser móvil en medios hidrotermales asociados a carbonatitas.

Al mismo tiempo, los procesos subsolidus producen cambios en la distribución de algunos de los elementos de interés económico, como el P y las REE. El enriquecimiento en REE puede deberse a la extracción de REE de la estructura de los carbonatos magmáticos y del apatito durante la fase subsolidus; el P así lavado contribuye a fijar parte de las REE produciendo fosfatos secundarios.

Los minerales de REE formados durante los procesos subsolidus están enriquecidos en LREE respecto a las HREE. Algunos de estos minerales tienen sólo Ce, el cual puede estar en la forma Ce^{4+} . Por consiguiente, las HREE pueden haber sido lixivadas hacia las arcillas de descalcificación.

AGRADECIMIENTOS.

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos CGL2009-13758 y SGR444. A. Castellano y M. Castillo han recibido una beca del MICCIN y A. Bambi del AEI. El departamento de Geología de la Universidad Agostinho Neto apoyó el trabajo de campo.

REFERENCIAS.

- Alberti, A., Castorina, F., Censi, P., Comin-Chiaromoni, P., Gomes, C.B. (1999): *Geochemical characteristics of Cretaceous carbonatites from Angola*. *J. Afr. Earth Sci.*, **29**, 735-759.
- De Araujo, A.G., Perevalov, O.V. (1998): *Carta de recursos minerales - Mineral Resources Map*. Ministério de Geologia e Minas. Instituto Geológico de Angola, Luanda.
- , —, Jukov, R.A. (1988): *Carta geológica de Angola - Geological Map of Angola*. Ministério da Indústria. Instituto Nacional de Geologia, Luanda.
- De Carvalho, H., Tassinari, C., Alves, P.H. (2000): *Geochronological review of the Precambrian in western Angola: links with Brazil*. *J. Afr. Earth Sci.*, **31**, 383-402.
- Ernst, R.E., Bell, K. (2010): *Large Igneous Provinces (LIPs) and carbonatites*. *Miner. Petrol.*, **98**, 55-76.
- Lapido-Loureiro, F.E.V. (1973): *Carbonatitos de Angola. Memórias e trabalhos Instituto de Investigações Científicas de Angola*, 242 pp.