

# Mineralizaciones de Nb y Tierras Raras en la Carbonatita de Virulundo (Namibe, Angola)

/ LISARD TORRÓ (1), CRISTINA VILLANOVA (1), MONTGARRI CASTILLO (1), MARC CAMPENY (1), ANTONIO OLIMPIO (2), JOAN CARLES MELGAREJO (1)

(1) Departament de Cristal·lografia, Mineralogía i Dipòsits Minerals. Universitat de Barcelona. c/Martí i Franquès s/n. 08028 Barcelona (España)  
(2) Departamento de Geología. Universidade Agostinho Neto. Luanda (Angola)

## INTRODUCCIÓN.

Los complejos carbonatíticos de Angola forman parte de la estructura de Lucapa, que se extiende a través de Angola en dirección NE-SW. A su vez, estas estructuras forman parte de la provincia carbonatítica de Paraná-Angola, extendiéndose hasta el Brasil. Estos cuerpos, de edad Cretácico inferior, a menudo están asociados con intrusivos alcalinos. En Angola se reconocen cuerpos carbonatíticos de dimensiones y estructura muy variables. Actualmente se está llevando a cabo el estudio de las carbonatitas de Tchivira, Bonga y Catanda, consideradas como representativas, respectivamente, de complejos intrusivos profundos asociados a plutones alcalino-básicos, de cuerpos subvolcánicos y de conos piroclásticos extrusivos. Se localizan, en todos ellos, concentraciones de minerales de interés económico, como pirocloro (Bonga, Tchivira y, en menor medida, Catanda), fluorita (Tchivira), magnetita (Tchivira), minerales de REE como sinchisita, parisita, bastnäsita entre otros, (Bonga), U-Th en la estructura del pirocloro (Bonga). Además, pueden presentar un interés añadido como fuente de carbonato para la producción de cemento.

No obstante, en Angola existen otras carbonatitas de gran importancia que también forman parte del mismo contexto geodinámico. Así, la carbonatita de Virulundo está catalogada como una de las más importantes del mundo por su volumen de afloramiento. No obstante, aunque en ella se citan mineralizaciones significativas de pirocloro y otros minerales industriales, hasta el momento no se han publicado trabajos petrográficos detallados. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es describir las mineralizaciones de elementos raros de la carbonatita de Virulundo.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA.

Se trata de una carbonatita subvolcánica, centrada en las coordenadas 16°16'34,2" S y 12°55'56,2" E, en la provincia de Namibe, a unos 60 km al S de Virei (Angola).

## ESTRUCTURA DE LA CARBONATITA DE VIRULUNDO.

Es un cuerpo con forma troncocónica y de unos 2,5 km de diámetro, que se yergue sobre una llanura compuesta de rocas graníticas de edad Arcaico, muy erosionadas. La cota superior de la carbonatita supera los 1200 m de altura, con un desnivel de 600 m sobre la llanura.

La estructura de la carbonatita, de manera similar a la del macizo de Bonga, es concéntrica, y se distinguen una serie de diques anulares de anchura de decamétrica a hectométrica en la parte más externa, encajados en granitoides arcaicos muy fenitizados. Estos diques tienen una textura brechoide, estando constituidos por fragmentos de granito y de carbonatita ankerítica o siderítica. El tamaño de los fragmentos es muy variable, oscilando de decimétrico a métrico, y casi siempre con formas angulosas. La matriz es carbonatítica de grano muy fino.

En el centro de la estructura anular se encuentra un cuerpo central de carbonatitas masivas, aunque orlado de una franja de brechas carbonatíticas de poca anchura (escasamente 5 m). La carbonatita masiva está a su vez constituida por diversas generaciones de carbonatitas. Una primera generación de carbonatita calcítica o dolomítica es cortada por otra carbonatita siderítica-ankerítica. Esta última presenta enriquecimientos en magnetita. La magnetita puede llegar a formar cuerpos monominerales, constituidos

casi siempre por cristales de hábito octaédrico, idiomórficos y de tamaño centimétrico.

Finalmente, el conjunto es cortado por microdiques de composición aparentemente silícico-feldespática y textura porfídica y color rojizo. Posiblemente en asociación con esta etapa hay una silicificación, acompañada por mineralizaciones de fluorita y de barita, a semejanza de lo que acontece en Tchivira y Bonga.

Por otra parte, alrededor del complejo se encuentran acumulaciones de minerales pesados, especialmente, magnetita. No puede descartarse en absoluto la presencia de mineralizaciones de pirocloro de origen residual, producidos por la laterización de la carbonatita y el subsiguiente enriquecimiento de los coluviones en minerales resistentes (principalmente barita, pirocloro y magnetita).

## MINERALIZACIÓN DE ELEMENTOS RAROS.

Si bien en el macizo existen algunas concentraciones de barita, fluorita, óxidos de hierro y apatito, el interés mayor del macizo se concentra en las reservas de pirocloro, carbonatos y silicatos de REE.

## Pirocloro.

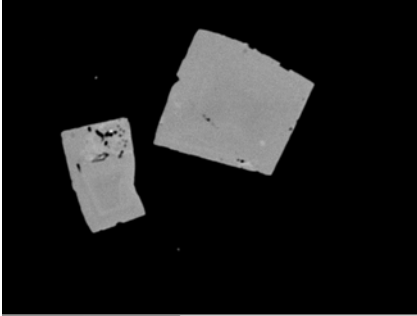
La mineralización de pirocloro aparece en granos de tamaño fino, de inframilmétrico a submilmétrico. Se trata de cristales diseminados aislados, idiomórficos {111}. Aparecen en todas las facies de carbonatitas.

En la posición B de la estructura, además de Nb, se registran proporciones bajas de componente betafita y nulas de microlita. Por otra parte, en la posición A se encuentran Na y Ca en proporciones muy variables, por

**palabras clave:** Carbonatita, Pirocloro, REE, Angola

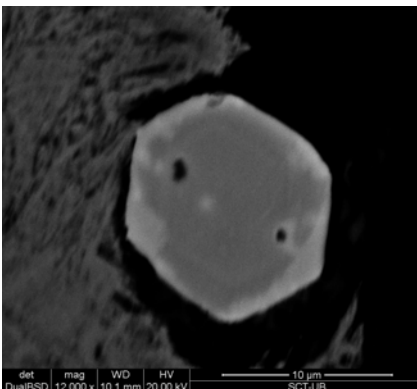
**key words:** Carbonatite, Pirochlore, REE, Angola

lo que el mineral corresponde a pirocloro s.s. No obstante, el contenido de F es también muy alto, y puede corresponder a fluorpirocloro. Los cristales de pirocloro se encuentran generalmente zonados, si bien esta zonación, de tipo concéntrico, es muy difusa y parece responder a ligeros cambios composicionales (Fig. 1).



**fig 1.** Zonación primaria en cristales de pirocloro no reemplazado, incluidos en calcita. Imagen de SEM-BSE.

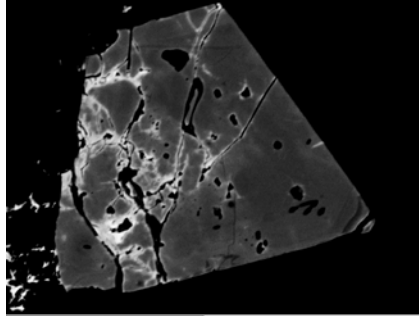
Por otra parte, los cristales de pirocloro situados en aquellas zonas de la carbonatita que han sufrido alteraciones subsólidas muy intensas exhiben, a su vez, reemplazamientos importantes en los bordes de grano y en zonas próximas a las fracturas del cristal, con sustitución del Na y Ca originales por Sr y Ba. De este modo, se observa una alteración progresiva en que, mientras el Ba se concentra en las áreas más externas del cristal, el Sr tiene mayor capacidad de difusión para penetrar más en su estructura. En la figura 2 se pone de manifiesto que la zonación y la alteración siguen patrones distintos, siendo cortada aquélla por ésta.



**fig 2.** Zonación primaria del pirocloro cortada por pirocloro tardío, subsólido (bordes más brillantes) rico en Ba-Sr. Imagen de SEM-BSE.

El grado de alteración y corrosión de los cristales de pirocloro es variable en las

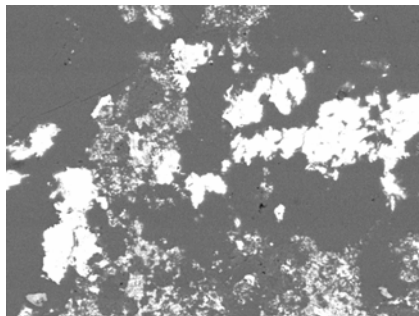
distintas facies carbonatíticas. Así, es muchísimo más acusada (con texturas cariadas, Fig. 3) en los cristales de pirocloro situados dentro de las zonas silicificadas que en los incluidos en matriz calcítica o dolomítica no reemplazada, en cuyo caso llegan a presentarse en forma de cristales idiomórficos y sin alteraciones (Fig. 1).



**fig 3.** Textura cariada del pirocloro. Las zonas más cariadas se encuentran, además, reemplazadas por estronciopirocloro con grises medios. Las zonas más claras corresponden a términos más ricos en bariopirocloro. Además pueden reconocerse pequeños cristales de barita situados en las vetas. Imagen de SEM-BSE.

#### Silicatos de REE.

Los silicatos de REE se encuentran directamente asociados a las zonas silicificadas, donde pueden llegar a formar nidos con proporciones relativamente significativas (Fig. 4). Forman cristales de hábito tabular dispuestos radialmente, que llegan a rellenar geodas; son de tamaño de grano muy fino. Se dan composiciones ricas en LREE y otras ricas exclusivamente en Ce.

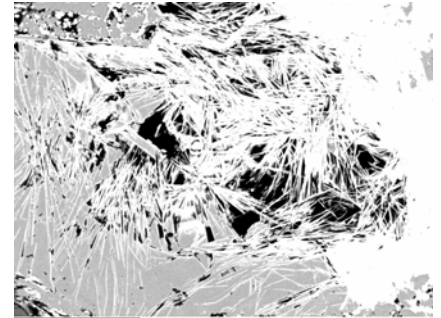


**fig 4.** Minerales de REE (zonas más claras) en matriz de cuarzo. Imagen de SEM-BSE.

#### Carbonatos de REE.

Los carbonatos de REE se forman durante los estadios más tardíos del proceso hidrotermal, y están asociados a una generación de calcita tardía, que reemplaza al resto de carbonatos.

Se trata nuevamente de fases ricas en LREE, en las que se produce la separación de Ce para formar un carbonato propio. Son minerales muy abundantes, generalmente de forma listonada o acicular, dispuestos en crecimientos radiales, muy a menudo asociados con barita (Fig. 5).



**fig 5.** Carbonatos de REE (hábito acicular) junto a barita (blanco masivo) en matriz calcítica. Imagen de SEM-BSE.

#### CONCLUSIONES.

Los minerales del grupo del pirocloro han cristalizado en los diferentes estadios magmáticos de la carbonatita, incluyendo sus diversas facies. Durante los estadios subsólidos, en los que se producen fenómenos hidrotermales de silicificación, con cristalización de barita y baritocelstina, se produce una alteración más o menos acentuada del pirocloro, con lavado de álcalis en la posición A y entrada de Sr y Ba en la misma. La posición B no queda modificada en este proceso.

En los procesos hidrotermales tardíos se produce asimismo una importante movilización de elementos de las tierras raras ligeras. Este proceso se da en condiciones marcadamente oxidantes, lo que determina la separación de Ce<sup>4+</sup> respecto del resto de LREE cosa que explica la presencia de silicatos y carbonatos de Ce coexistiendo con otros minerales afines sin Ce.

#### AGRADECIMIENTOS.

El estudio fue apoyado por el proyecto CGL2006-12973 (Ministerio de Educación y Ciencia), el SGR 589 (Generalitat de Catalunya) y el depto. de geología (Univ. Agostinho Neto, Angola).