

# Depósitos de Titanio en Nelsonitas en el Complejo Anortosítico de Cunene (Angola)

/ CRISTINA VILLANOVA (1,\*), SALVADOR GALÍ (1), LISARD TORRÓ (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 (Espanya)  
(2) Departamento de Geología. Universidade Agostinho Neto. Luanda (Angola)

## INTRODUCCIÓN.

Los mayores depósitos de titanio del mundo se encuentran asociados a cuerpos anortosíticos. Algunos de los más importantes están poco estudiados y se conoce poco sobre sus condiciones de formación. En este trabajo se aportan los primeros datos de composición mineral de algunos depósitos de Fe-Ti hasta ahora muy poco conocidos pero de gran importancia, situados en el complejo anortosítico de Cunene (Angola).

## EL COMPLEJO ANORTOSÍTICO DE CUNENE.

Es el mayor de los intrusivos anortosíticos del mundo. Sus afloramientos se extienden en dirección NNE-SSE en las provincias de Huíge y Cunene en Angola, prolongándose ampliamente en Namibia, ocupando más de 18.000 km<sup>2</sup>. El macizo intruye en gneisses metamórficos de alto grado del complejo metamórfico pre-panafricano de Epupa (Brandt et al., 2000). La edad del complejo ha sido establecida contemporánea con el ciclo Grenville-Kibara, alrededor de 1370±4 Ma, a partir de datación con U/Pb en circón procedente de una segregación de mangerita que se supone contemporánea con la intrusión de Kunene (Mayer et al., 2004). Cabe recordar que esta edad es generalizada en los macizos masivos anortosíticos del Proterozoico (Ashwal & Twist, 1994).

Este macizo consta de una diversidad de rocas gabbroicas y anortosíticas, que pueden presentar un bandeo magmático muy bien definido, si bien en el macizo predominan las anortositas masivas (Morais et al., 2000). El macizo se formó polifásicamente. En primer lugar, intruyeron anortositas blancas muy tectonizadas; posteriormente anortositas más oscuras,

leucotroctolitas y leucogaronoritas aprovechando fallas de dirección E-W (Druppel et al., 2000a, b). Para Morais et al. (2000) la propia intrusión de las anortositas blancas es polifásica, por coalescencia de intrusiones con magmas ricos en cristales ya formados. La procedencia de estos magmas es mantélica, y podrían proceder de una actividad térmica ligada a un estadio de rifting. En conexión con este estadio de magmatismo básico existe también el desarrollo de diversos intrusivos ácidos que alcanzan a cortar al complejo.

El complejo intruye en rocas cristalinas de edad muy diversa desde el Arcaico hasta el Proterozoico, y queda a su vez cortado por diversos intrusivos ácidos kibarianos y por los diques básicos de dirección aproximada N-S asociados con la abertura del Atlántico, de edad Cretácico inferior.

## ESTRUCTURA DE LOS DEPÓSITOS.

Se han estudiado cuatro depósitos de titanio: Dongue Sul, Tchimbueio, Tchingunguanga y Chiange Velho. Aunque cuesta diferenciar a nivel de afloramiento las relaciones con las anortositas encajantes, se puede apreciar que en todos los casos se trata de cuerpos filonianos que cortan a la foliación regional de las anortositas.

El depósito de Dongue es de forma amigdaloides (fig.1), con unos 100 m de largo por unos 40 de anchura máxima., orientado N-S. El cuerpo es subvertical y está zonado, estando constituido en sus bordes esencialmente por óxidos de Ti y Fe, mientras que el núcleo, de unos 10 m de ancho, está constituido por nelsonita con predominio de apatito-(CaF). Por otra parte, se encuentran vetas de fosfatos aluminicos secundarios de grosor milimétrico a centimétrico, que cortan el conjunto.

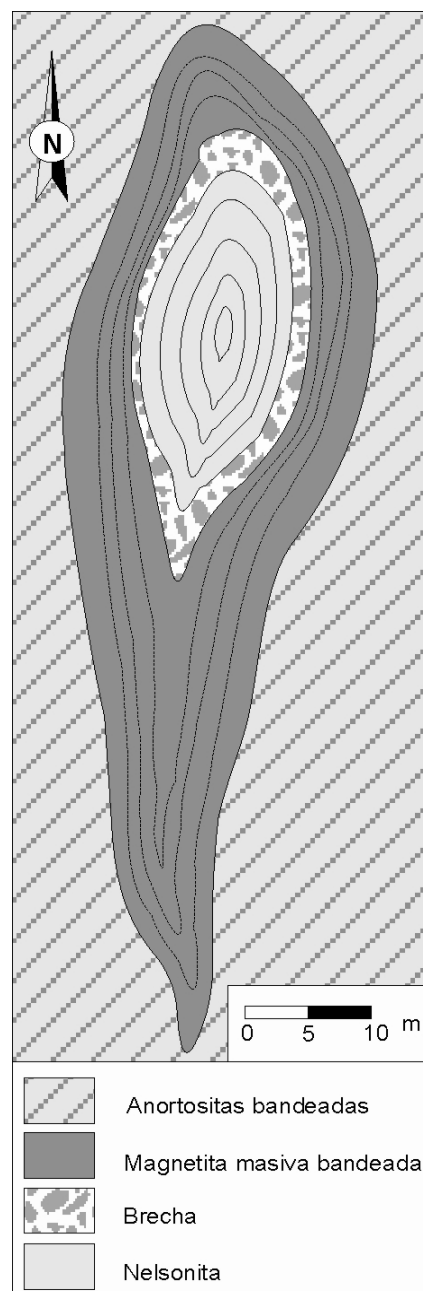


fig. 1. Esquema geológico en planta del cuerpo de óxidos de Fe-Ti y nelsonitas de Dongue Sul.

**palabras clave:** Anortosita, Titanio, Ilmenita, Ortomagmático, Nelsonita

**key words:** Anorthosite, Titanium, Ilmenite, Orthomagmatic, Nelsonite

resumen SEM 2009

\* corresponding author: cvillanovadb@hotmail.com

Los cuerpos de Tchimbueio y Tchingunguanga son de morfología filoniana, con longitud hectométrica y potencia decamétrica. El apatito es escaso, y están constituidos esencialmente por óxidos de Ti y Fe.

El cuerpo de Chiange es el de mayores dimensiones. Es de morfología filoniana y se ha podido seguir sobre unos 3 km de longitud en dirección NW-SE, con una anchura mínima de 5m y una máxima de más de 50. También consta mayoritariamente de óxidos de Ti y Fe, que definen una foliación milimétrica.

### MINERALOGÍA Y TEXTURAS.

En todos los casos la composición mineral es relativamente sencilla pero de texturas complejas. Se trata de cristales de tamaño milimétrico de ulvöespinela, ilmenita y, en menor proporción, espinela s.s. (fig.1). Estos minerales están a menudo acompañados de cristales de apatito y, en menores proporciones, de grafito, flogopita y olivino. Las texturas son típicamente de equilibrio entre los granos, con desarrollo generalizado de bordes curvos y puntos triples, pero las exsoluciones y reemplazamientos tardíos son también comunes en algunos minerales.

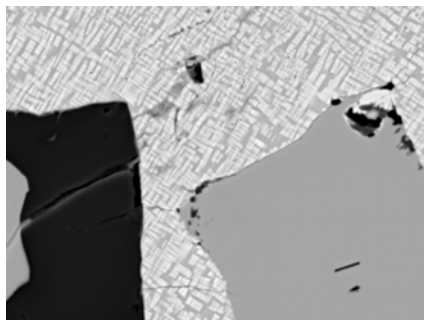


fig.2. Relaciones texturales de equilibrio entre ilmenita (gris), ulvöespinela (mallado) y espinela (oscuro). Imagen de MEB, modo ERD. Campo, 100 micras.

### Ulvöespinela.

Es el mineral más abundante (excepto en las nelsonitas), representando en todo caso casi siempre más del 50% modal de la proporción de óxidos. Se encuentra en cristales de orden milimétrico, si bien acostumbra a presentar exsoluciones laminares muy complejas, constituidas por tres fases. Estas exsoluciones se dan a escala nanométrica, y constan de una espinela s.s., otra espinela rica en Fe y otra rica en Ti (fig. 2).

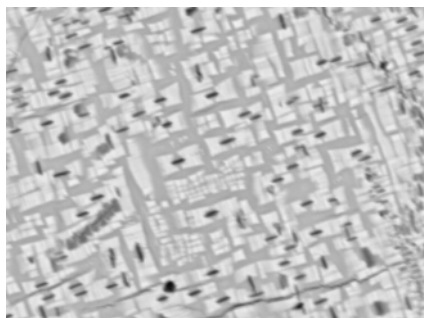


fig.3. Exsoluciones en ulvöespinela desarrolladas a escala nanométrica. Imagen de MEB, modo ERD. Campo, 50 micras.

### Ilmenita.

Es el segundo mineral en abundancia en todos los depósitos. Se encuentra en proporciones del 30-40% modal. Forma cristales de tamaño casi siempre milimétrico. No presenta fenómenos de exsolución. Se trata de ilmenita muy rica en componente geikielita (promedio del 16%), y muy reducida, con componente hematites muy bajo. La proporción de componente pirofanita es asimismo muy baja, del orden del 1%.

### Espinela.

Es mucho menos abundante que los anteriores, aunque acostumbra a estar presente en proporciones inferiores al 3% modal. Forma cristales de dimensiones milimétricas, de color verde oliváceo en lámina delgada, lo que es congruente con su composición, pues contiene importantes proporciones de componente hercínico.

### Apatito.

Los cristales de apatito acostumbran a ser subbrales. La proporción de apatito es muy variable, pues en los cuerpos de óxidos masivos sólo alcanza el 5%, mientras que en las nelsonitas supera a veces el 50%; además, cambia mucho dentro de cada cuerpo. Por otra parte, en los cuerpos masivos es de grano fino (milimétrico), mientras que en las nelsonitas desarrolla cristales de tamaño centimétrico. En afloramiento el apatito está a menudo pseudomorfizado en parte a crandallita o wavellita. Estos fosfatos secundarios forman vetas que cortan a los cuerpos de óxidos

### Grafito.

El grafito es relativamente común en todos los depósitos, si bien no alcanza proporciones superiores al 3%, encontrándose en forma de agregados

de forma subesférica.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Existen mineralizaciones similares de óxidos de Fe-Ti asociados a anortositas en diversos escudos precámbricos. Se ha propuesto que los cuerpos de óxidos son de cristalización ortomagmática, pudiendo representar fundidos residuales inmiscibles en magmas silicatados, que pueden estar fundidos por debajo de 1000°C por efecto de fluidificantes como P o C (Force, 1992). Estos cuerpos se pueden disponer de modo discordante o concordante con las anortositas con las que están asociadas.

Las mineralizaciones de Fe-Ti estudiadas son discordantes, y las texturas son de equilibrio magmático, si bien existen reequilibrios subsolidus en las espinelas. La presencia generalizada de apatito y grafito encajan con el modelo de formación a partir de inmiscibilidad líquida. Finalmente, cabe señalar que la presencia de ilmenita abundante entre las menas, con granos redondeados y sin exsoluciones, favorecen su explotación como mena de Ti o para producción de rutilo sintético.

### REFERENCIAS.

- Ashwal, L.D. & Twist, D. (1994): The Kunene complex, Angola/Namibia: a composite massif-type anorthosite complex. *Geological Magazine*, **131** (5), 579-591.
- Brandt, S., Klemd, R., Okrusch, M. (2000): Evidence for ultrahigh-temperature metamorphism in the Pan-African Epupa complex, NW Namibia. *Abstracts Geolunda 2000*, 33-34.
- Druppel, K., Brandt, S., Okrusch, M. (2000a): Evolution of the anorthositic Kunene intrusive complex and the metamorphic rocks of the Epupa complex, NW Namibia: evidence for cogenetic formation during Proterozoic crustal extension. *Abstracts Geolunda 2000*, 47-48.
- , Okrusch, M. (2000b): Petrology and geochemistry of anorthositic rocks of the Kunene intrusive complex, NW Namibia. *Abstracts Geolunda 2000*, 49-50.
- Force, E.R. (1992): *Geology of Titanium-Mineral Deposits*. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 120 pp.
- Mayer, A., Hofmann, A.W., Sinigoi, S., Morais, E. (2004): Mesoproterozoic Sm-Nd and U-Pb ages for the Kunene anorthosite complex of SW Angola. *Precambrian Research*, **133**, 187-206.
- Morais, E., Sinigoi, S., Mayer, A., Miguel, L.G. (2000): The Kunene gabbro-anorthosite complex: coalescence of discrete crystal mush intrusions. *Abstracts Geolunda 2000*, 110.