

# «MINERALIZACIONES DE TIERRAS RARAS: LOS COMPLEJOS DE ROCAS PLUTONICAS ALCALINAS Y CARBONATITAS DEL COMPLEJO BASAL DE FUERTEVENTURA (ISLAS CANARIAS)»



José Mangas Viñuela

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca, su faceta investigadora está orientada hacia la Geología Económica (yacimientos minerales del Oeste Peninsular) y Regional (Archipiélago Canario). En la actualidad es Profesor Titular de Universidad en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



Francisco José Pérez Torrado

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad de Salamanca, se doctoró en Ciencias del Mar por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Su área de investigación es el volcanismo ligado a islas oceánicas y en la actualidad ejerce como Profesor Ayudante en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

*Los complejos intrusivos alcalinos de Fuerteventura se han explorado como fuente potencial de Tierras Raras. Dos complejos constituidos por rocas ultramáficas a sálicas y carbonatitas aparecen en la isla, uno el de Puerto de La Peña-cueva de Lobos ( $\approx 60$  m.a.) en el centro-oeste y otro el de Esquinzo ( $\approx 30$  m.a.) en la zona norte. Las calciocarbonatitas (sövitas y alwikitas), formadas en las fases últimas de estos complejos, muestran los valores más altos de Tierras Raras (511-7.324 ppm) y estos elementos están asociados principalmente a carbonatos (synchysita), fosfatos (apatito) y silicatos (allanita).*

*Alkaline intrusive complexes at Fuerteventura have been explored as potential source of REE. Two main complexes constituted by ultramafic to salic rocks and carbonatites are present in the island: the Puerto de la Peña-Cueva de Lobos ( $\approx 60$  Ma) in the western centerpoint and the Esquinzo ( $\approx 30$  Ma) in the northern zone. The calciocarbonatites (sövites and alwikites), formed in the last crystallization phases of these complexes, show the highest values of REE (511-7,372 ppm) and these elements mainly are associated with carbonates (synchysite), phosphates (REE apatite), silicates (allanite).*

## 1.-Los recursos minerales de tierras raras

Primera-mente, conviene recordar que las Tierras Raras (TR) están formadas por 15 elementos con números atómicos entre el 57 y el 71, y se dividen en dos grupos: el del Ce o TR ligeras del La al Eu y el del Y o TR pesadas del Gd al Lu, más el Y. El término de «Raras» es confuso pues el Ce, que es el elemento más abundante de todas ellas, aparece en la corteza en mayores concentraciones que por ejemplo el Sn, Co y el Mo; y el Tm, que es el más escaso, es incluso más abundante que el Au, Pt, Ag o Cd. Las TR representan cerca del 0,02 % en peso de la corteza superior de la Tierra y raramente forman sus propios minerales, apareciendo a menudo como sustituciones atómicas de cationes litófilos de gran radio iónico (por ejemplo, el Ca). Los elementos de las TR y el Y están formando parte de más de 160 minerales principalmente como óxidos, silicatos, fosfatos, carbonatos y haluros

(Cesbron, 1989). Entre ellos destacan la monacita, bastnaesita y xenotima por presentarse en concentraciones suficientes para ser explotadas (Möller, 1989 a; Mariano, 1989 a y b). Estos minerales de TR pueden contener proporciones muy diferentes de elementos individuales y estar enriquecidos indistintamente en TR ligeras o en pesadas.

**«Los yacimientos de TR pueden originarse por procesos endógenos, exógenos y/o metamórficos, y los de mayor importancia económica están asociados a complejos ígneos alcalino-carbonatíticos»**



Foto 1.—Aspecto general del afloramiento de carbonatitas de la Punta del Peñón Blanco situado en el litoral del Campo de Tiro Militar de Pájara. Las carbonatitas de color blanco quedan como relictos al estar atravesadas por un espectacular enjambre de diques máficos oscuros posteriores.

Los yacimientos de TR pueden originarse por procesos endógenos, exógenos y/o metamórficos, y los de mayor importancia económica están asociados a complejos ígneos alcalino-carbonatítico. Estos complejos representan una fracción mínima del volumen total de rocas ígneas (1 %) pero constituyen una reserva considerable de elementos como las TR, Nb, Ta, Th, U, Zr, Ti, Fe, Cu, Pb, Zn, Mo, P, Sr, Ba y F, entre otros.

Hoy día se conocen cerca de 330 complejos alcalino-carbonatíticos distribuidos por Estados Unidos, Canadá, Brasil, Bolivia, Rusia, Suecia, Noruega, Finlandia, Alemania, Groenlandia, Australia, India y en más de 15 países africanos, entre otros (Woolley, 1989). Desde el punto de vista geotectónico, estos complejos se presentan en áreas muy diversas: rift intracontinentales, zonas de grandes fallas y abombamiento litosférico intraplaca, zonas extensionales de fallas transformantes en márgenes continentales; cinturones orogénicos y, ocasionalmente, en islas oceánicas como son los casos de Fuerteventura en el Archipiélago Canario (Foto 1) y Maio en el de Cabo Verde (Allegre *et al.*, 1971). La edad de las carbonatitas oscila entre 2.500 m.a. y la actualidad, como es el caso del volcán activo Oldoinyo Lengai en Tanza-

nia con emisiones carbonatíticas. Los complejos alcalino-carbonatíticos intrusivos se presentan frecuentemente con estructuras concéntricas en stocks y/o en diques cónicos y radiales. Los elementos de las TR suelen aparecer en estos complejos asociadas a minerales primarios como loparita, bastnaesita, calcita y apatito. Durante los procesos postmagmáticos se producen movilización de las TR y se originan minerales secundarios de TR como, por ejemplo, bastnaesita, parisita o synchysita. Los fluidos hidrotermales enriquecidos en TR (y álcalis) pueden alterar a las rocas encajantes produciendo una intensa fenitización y consecuentemente su mineralización.

El yacimiento magmático más importante, desde el punto de vista económico, es el de Mountain Pass en California, USA (Möller, 1989 a; Mariano, 1989 a y b), siendo éste el mayor productor del mundo de bastnaesita, es decir, de TR ligeras (reservas de 31 millones de Tm con leyes de 8,86 % de óxidos de TR -TRO-). Dentro de los yacimientos magmático-hidrotermales el más sobresaliente es la de Bayan Obo en Mongolia, China (Möller, 1989 a y Mariano, 1989 ay b) y está caracterizada por tener 37 millones de Tm de reservas de TRO, con contenidos de 34 % de Fe total, 0,1 %

de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, del 0,8 % al 6,2 % de TRO y del 0,5 al 4,3 % de F. Otros complejos alcalinos importantes son los de Khibina y Lovozero en la Península de Kola y el de Synnyr en Siberia (Rusia); y el de Palabora en Sudáfrica (Foto 2).

«La prospección de mineralizaciones de TR es compleja, puesto que las bajas concentraciones en estos elementos son difíciles o imposibles de detectar por análisis químicos rutinarios»

La prospección de mineralizaciones de TR es compleja puesto que las bajas concentraciones en estos elementos son difíciles o imposibles de detectar por análisis químicos rutinarios y son necesarios otras técnicas como la activación neutrónica. Además, los minerales portadores de TR no son muy comunes y resultan extraños para muchos prospectores. Algunas de las guías de explotación de yacimientos de TR dadas por Möler (1989 b) son las siguientes: a) suelen ser radiogénicos debido a la presencia de Th, b) presentan fluorescencia algunos minerales portadores de TR, como la xenotima y monacita, y c) los complejos magmáticos alcalinos son áreas interesantes de prospección.

Las aplicaciones principales de las TR son las siguientes (Preinfalk y Morteani, 1989): metalurgia para aleaciones y aceros especiales, catalizadores, cerámicas, vidrios, imanes permanentes, fosforescentes, usos nucleares, metales hidrogenados, sensores oxigenados, sistemas de memoria en comunicaciones y ordenadores, entre otras. Como indicativo del consumo de TR, éste se distribuyó en Estados Unidos durante 1988 de la forma siguiente: 53 % en catálisis del petróleo, 22 % en metalurgia, el 18 % en cerámica y vidrios, y 7 % en otros usos. En la próxima década se prevee que el consumo de TR aumente especialmente en el campo de las cerámicas especiales, sobre todo dirigido a la industria automotriz.

## 2.-Las mineralizaciones de tierras raras asociadas a los complejos plutónicos alcalino-carbonatíticos del Complejo Basal de Fuerteventura (Islas Canarias)

### 2.1.-Introducción

Las consideraciones del apartado anterior muestran que las TR han adquirido en los últimos años una gran importancia por sus aplicaciones industriales y tecnológicas. El mercado industrial europeo, incluido el español, consume más TR de las que produce, pues los recursos disponibles son muy limitados y hay que importarlas ya en elementos puros o compuestos químicos, a unos precios extraordinariamente altos para su manufactura. Por ello,



Foto 2.-Vista aérea de la explotación a cielo abierto del complejo carbonatítico circular de Palabora (Subáfrica). La corta en esta fotografía de 1986 tiene un diámetro próximo a 1,8 Km y una profundidad de 378 metros.

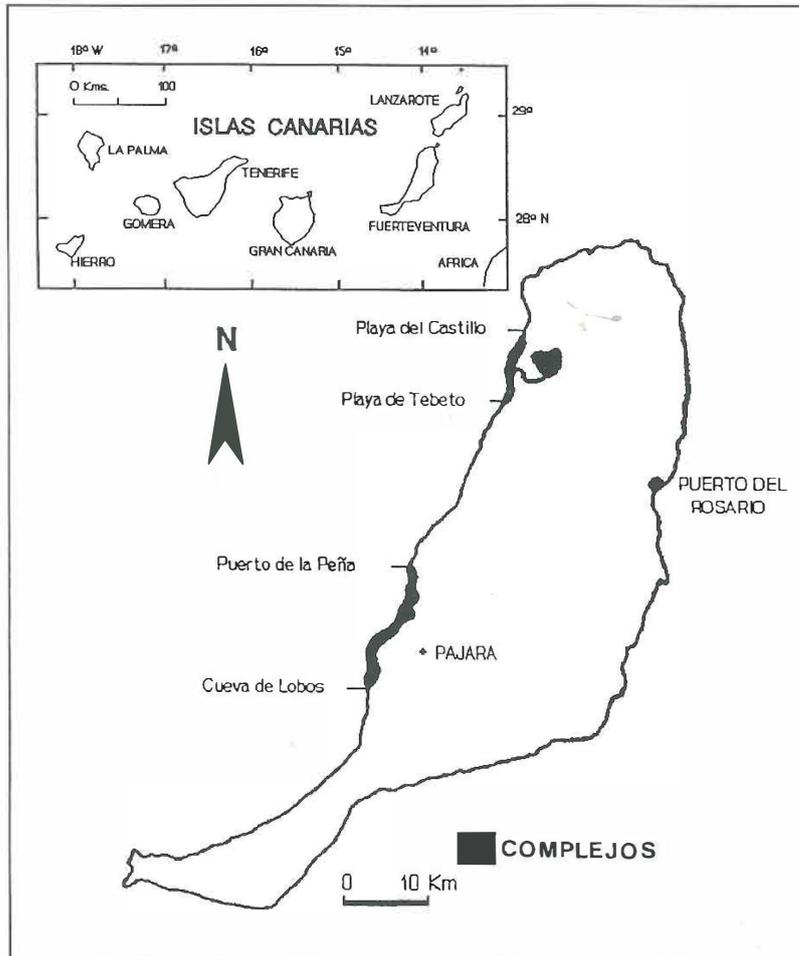


Figura 1.-Mapa de situación de los complejos plutónicos alcalinos con carbonatitas de la isla de Fuerteventura, al noroeste el de Esquinzo y en el centro oeste el de Puerto de la Peña-Cueva de Lobos.

las mineralizaciones de TR son en España una de las líneas prioritarias del Programa Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Recursos Minerales).

### «Los únicos afloramientos españoles de rocas plutónicas alcalinas con carbonatitas aparecen en el Complejo Basal de Fuerteventura»

Los únicos afloramientos españoles de rocas plutónicas alcalinas con carbonatitas aparecen en el Complejo Basal de Fuerteventura, en las Islas Canarias (Figura 1). Por ello, se ha llevado a cabo una explotación geológica de estos complejos, con vistas a definir sus características metalogénicas y efectuar la valoración económica de sus posibles mineralizaciones de TR.

### 2.2.-Geología Regional

Fuerteventura es la segunda isla en extensión del Archipiélago Canario (1.731 Km<sup>2</sup>) con una elevación máxima de 807 m sobre el nivel del mar. En

ella se diferencian dos grandes unidades geológicas: el Complejo Basal (CB), constituido por rocas plutónicas, volcánicas y sedimentarias submarinas, y el grupo de rocas volcánicas, subaéreas, más recientes (Fuster *et al.*, 1986; Hernández Pacheco, 1989, entre otros).

El CB está formado por sedimentos pelágicos de edad Albense-Cenomanense, que tienen intercalaciones de rocas volcánicas alcalinas, lo que indica que el vulcanismo de Fuerteventura comenzó en el Cretácico Superior. Se puede señalar que esta isla ha estado volcánicamente activa desde hace aproximadamente 80 m.a., lo que es todo un récord de actividad a nivel mundial (Le Bas *et al.*, 1986). La sedimentación turbidítica del margen continental africano fue contemporánea hasta el Oligoceno con el vulcanismo submarino insular que es de composición basáltica alcalina. La secuencia volcánica-sedimentaria inferior es intruida por plutones ultramáficos, gabros toleíticos y alcalinos, sienitas y un complejo ijolítico-sienítico-carbonatítico ( $\approx 60$  m.a., Le Bas *et al.*, 1986) y todo el conjunto aflora actualmente en el centro de Fuerteventura. Todas estas rocas son penetradas posteriormente por abundantes diques y plutones subvolcánicos de composiciones variadas y con edades comprendidas entre 48 y

12 m.a. En este último episodio intrusivo destaca un segundo complejo ijolítico-sienítico-carbonatítico ( $\approx 30$  m.a., Le Bas *et al.*, 1986) que aparece en el noroeste de la isla y que es atravesado, a su vez, por una red de diques y plutones posteriores.

Los materiales volcánicos subaéreos (coladas, piroclastos y diques basálticos alcalinos) más antiguos que afloran en Fuerteventura tienen una edad de 20,6 m.a. y Fuster *et al.*, (1968) los han dividido en 4 Series: I (Mioceno), II (Plio-Cuaternario), III (Cuaternario?) y IV (Subreciente).

Los dos complejos intrusivos alcalino carbonatíticos, que aquí se van a tratar, se han denominado en función del lugar en el que afloran: a) **Puerto de la Peña-Cueva de Lobos (PP-CL,  $\approx 60$  m.a.)**, en el centro-oeste de la isla, esencialmente entre los sectores costeros de estas dos localidades, y b) **Esquinzo (E,  $\approx 30$  m.a.)** ya que aparece en ese barranco y en la zona litoral que va desde la Playa de Tebeto hasta la del Castillo, a unos 30 Km al norte del primero (Figura 1).

### 2.3.-Exploración radiométrica

Una campaña de exploración radiométrica se llevó a cabo en estos dos complejos, ya que las mineralizaciones

de TR son en general radiactivas debido a la presencia de Th. En esta campaña se estudiaron tanto los materiales sedimentarios, volcánicos y plutónicos que componen el CB como el grupo de rocas volcánicas subaéreas y sedimentarias recientes (Mangas *et al.*, 1992). Se utilizó permanentemente un escintilómetro del tipo SPP 2NF y donde aparecía una anomalía, se usó un espectrómetro de rayos gamma portátil, llevándose a cabo 54 medidas.

Como era de esperar, las rocas sílicas y carbonatíticas de los complejos alcalinos mostraron los valores más altos de anomalías radiométricas (entre 50 y 820 cuentas por segundo), localizándose éstas en las cabeceras de los barrancos de Agua Salada y Encantados en el complejo de E, y en las áreas litorales de Punta de Nao-Caleta Mansa, Punta de Gaspar González-Punta Viento y punta de Peñón Blanco-Salinas, en el complejo PP-CL.

### 2.4.-Mineralogía y Petrología

A nivel de afloramiento, los materiales ultramáficos-máficos-sílicos que componen estos complejos presentan características texturales y estructurales muy complejas y variables.

Por su parte, las carbonatitas aparecen en forma de diques y venas irregulares, a veces con dimensiones métricas como las que afloran entre Punta de Nao y Caleta Mansa (complejo PP-CL), o de brechas carbonatíticas con fragmentos angulosos de las demás rocas que sólo afloran en la cabecera del Barranco de los Encantados en el complejo de E. Hay que resaltar que las carbonatitas que existen en Caleta de la Cruz y Peñón Blanco (PP-CL) presentan espectaculares texturas magmatíticas (Figura 4) y, aparecen en bandas con potenciales entre 25 y 50 metros, dirección N20-50E y son subverticales o buzan hacia el noroeste.

Ambos complejos muestran una densa intrusión de diques máficos y, en menor medida, sílicos que pueden ocupar hasta el 95 % del total de ciertos afloramientos (ver Foto 1). A veces, se observa los efectos de un metamorfismo térmico (con procesos de recristalización) y metasomático alcalino (fentización con vesiculación sienítica o plagioclásica generalizada), producidos por las intrusiones posteriores. En general, todas las rocas del CB han sufrido un metamor-



Foto 3.-Detalle del afloramiento de carbonatitas de Punta de la Cruz situado en el complejo PP-CL con impresionantes texturas magmatíticas.

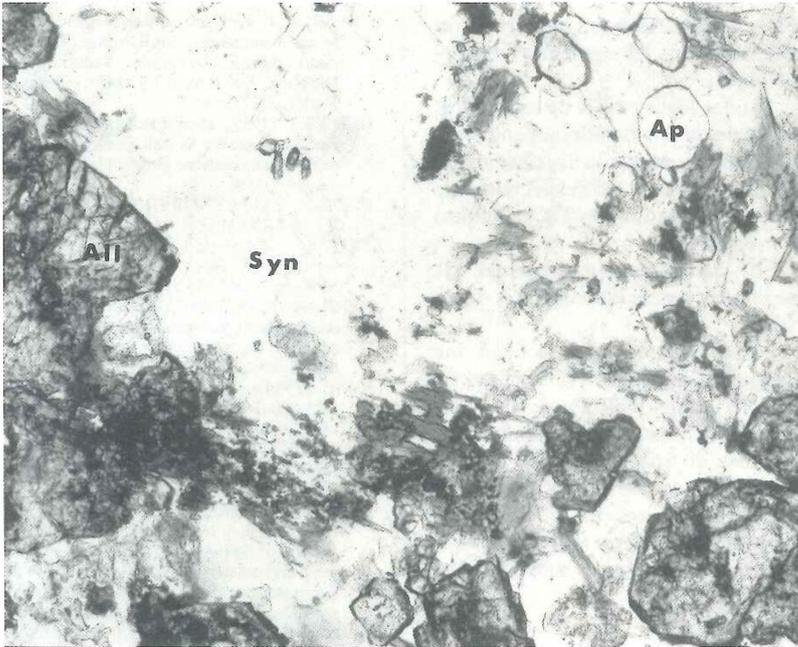


Foto 4.—Sección transparente de una carbonatita granulada del área de Caleta Mansa en el complejo PP-CL, donde se observan minerales portadores de Tierras Raras: synchisita (Syn), apatito (Ap) y allanita (Ali) (100X, LN).

fismo regional de bajo grado, en facies de esquistos verdes-epidota-albita y están recubiertos por materiales basálticos subaéreos y sedimentarios recientes.

Desde el punto de vista litológico, el complejo PP-CL presenta una extraordinaria variabilidad, apareciendo mezcladas principalmente piroxenitas, anfibolitas, gabros alcalinos, melteigitas, ijolitas, sienitas, sienitas nefrelínicas, malignitas, junto con calciocarbonatitas. Por su parte, en el del E aparecen fundamentalmente ijolitas y sienitas nefrelínicas y, en menor proporción, melteigitas, sienitas, malignitas, urtitas y calciocarbonatitas. Todas estas rocas alcalinas pueden presentar como minerales accesorios apatito, esfena, horblenda, biotita (flogopita), melanito, perovskita, circón, granate y opacos; y como minerales secundarios epidota, allanita, sericita, clorita, albita-oligoclasa, calcita, apatito con TR, barita, goetita, hematite y fluorita.

Las carbonatitas están compuestas esencialmente de calcita ( $\geq 70\%$ ), como minerales accesorios aparecen apatito, egirina, feldespato K, opacos, esfena, biotita, circón, horblenda, perovskita, melanito y nefelina; y como secundarios epidota, allanita, apatito con TR, sericita, clorita, albita,

synchisita, calcita y barita (Foto 4). Los minerales opacos de las carbonatitas son principalmente magnetita e ilmenita y, en menor proporción, contienen pirita, calcopirita, pirrotina, esfalerita, hematite, calcosina, covelina y goetita (Foto 5). Aunque la mayoría de las carbonatitas se han definido como calciocarbonatitas (alvikitas y sövitas), algunas se encuadran en el



Foto 5.—Sección pulida donde se aprecian cristales de magnetita reemplazados por hematitas según planos de exfoliación (martitización), en una muestra de carbonatita de la zona de Punta de Nao en el complejo PP-CL (100X, LN).

campo de las ferrocronatitas, lo que es debido a la presencia importante de óxidos y sulfuros de Fe.

## 2.5.—Geoquímica

Se llevaron a cabo más de un centenar de análisis geoquímicos de roca total en muestras representativas de los dos complejos, con el estudio en cada una de ellas de aproximadamente 60 elementos entre mayores y menores utilizando plasma, fluorescencia de rayos X y activación neutrónica. Además, en las carbonatitas se realizaron análisis de isótopos estables C y O.

El quimismo de estos dos complejos de Fuerteventura es similar al encontrado en otros complejos alcalinos. Así, los datos de elementos mayores y menores de los materiales presentes, que han sido elaborados según cálculos geoquímicos de uso común, muestran un carácter subsaturado alcalino en la mayoría de las muestras y, como se ha indicado anteriormente, cubren un amplio espectro composicional. El comportamiento de elementos mayores y menores está influenciado directamente con la aparición y desaparición de alguna fase mineral y, en líneas generales, cuando progresa la diferenciación, disminuye la proporción de Cr, Co, Ni y aumenta la de Ba, Sr, Zr, V, TR ligeras (Ce, La, Nd) y, en menor medida, Rb y Nb. Destacaremos que los

valores de  $\Sigma$ TR máximos y mínimos en ppm en los dos complejos son los siguientes: **E** = rocas máficas (116-236), sálicas (51-1.127), carbonatitas (511-4.974) y **PP-CL** = ultramáficas y máficas (184-357), sálicas (246-2.290), carbonatitas (697-7.372).

Las calciocarbonatitas contienen los valores más altos de TR, con elevada relación TR ligeras/TR pesadas y cumpliéndose siempre que la concentración de  $Ce \geq La \geq Nd$ , considerándose estas rocas fuente potencial de TR (Mangas *et al.*, 1993). Estos contenidos en TR y los de otros elementos son similares a los descritos por Wooley y Kempe (1989) para carbonatitas de otras partes del mundo.

Estos elementos de las TR están ligados a algunos de los minerales accesorios descritos anteriormente (apatito, calcita, perovskita, circón y esfena) y se encuentran concentrados en mayor proporción en minerales secundarios (synchysita, apatito con TR y allanita), productos de la alteración de los anteriores y que se han originado en los procesos postmagmáticos, metamórficos, tectónicos y supergénicos que han sufrido posteriormente las rocas de estos complejos.

Los análisis isotópicos que se han realizado en las carbonatitas muestran valores de  $\delta^{18}O_{SMOV}$  que varían desde 6,6 a 11 ‰ y los de  $\delta^{13}C_{PDB}$  oscilan entre -4,8 y -6,5 ‰, y estos caen dentro del campo de las carbonatitas mantélicas definidas por Deines (1989).

## 2.8.-Potencial económico

Los objetivos actuales de explotación de TR, que son el reflejo de las demandas del mercado, están dirigidos hacia mineralizaciones de alta ley y pureza en elementos específicos, más que a las que contienen notables concentraciones de TR en las carbonatitas son interesantes ( $\Sigma$ TR varía entre 511 y 7.372 ppm), destacando las que afloran en el peñón Blanco dentro del complejo **PP-CL** y las de la cabecera del Barranco de los Encantados en él del **E**. Estos valores son similares a los que aparecen en otros complejos carbonatíticos pues los  $\Sigma$ TR señalados por Wooley and Kempe (1989) en 150 complejos carbonatíticos continentales oscilan entre 500 y  $\geq 10.000$  ppm, con medias de 2.000 ppm.

No obstante, para definir el potencial económico-minero de estas carbo-

natitas de Fuerteventura es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

a) las leyes en TR de estas rocas varían en un mismo afloramiento y de unos a otros, ya que la distribución de los minerales de TR (especialmente synchysita, apatito con TR y allanita) es irregular,

b) estos minerales contienen TR mezcladas (esencialmente Ce, La y Nd),

c) el volumen que ocupan los cuerpos carbonatíticos es mínimo en los dos complejos alcalinos, y

d) algunos de sus afloramientos se sitúan en zonas protegidas por la Ley de Costas (áreas intermareales y de costa) y de Espacios Naturales del Archipiélago Canario (Parque Natural de Betancuria), o en el Campo de Tiro Militar de Pájara.

## «El potencial económico-minero real para TR de las carbonatitas de Fuerteventura es de baja rentabilidad»

Por todo ello se concluye que el potencial económico-minero real para TR de las carbonatitas de Fuerteventura es de baja rentabilidad. Sin embargo, desde el punto de vista científico estos complejos carbonatíticos son espectaculares pues, junto con los de Cabo Verde, son los únicos que aparecen subaéreamente en ambientes oceánicos a nivel mundial. Por ello, estamos obligados a una continuidad de estas investigaciones, llevándose a cabo actualmente la profundización en algunos de los temas descritos en este texto. ■

### Bibliografía

ALLEGRE, C. J.; PINEAU, F.; BERNAT, M. y JAROY, M. (1971): «Evidence for the occurrence of carbonatites on the Cape Verde and Canary Islands». *Nature Phys. Sci.*, 233, 103-104.

CESBRON, F. P. (1989): «Mineralogy of the rare-earth elements». En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé. *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7, SGA. Springer Verlag, 3-27.

DELNES, P. (1989): «Stable isotope variations in carbonatites». En: K. Bell. *Carbonatites: genesis and evolution*. Unwin Hyman. London, 301-359.

FUSTER, J. M.; CENDRERO, A.; GASTESI, P.; IBARROLA, E. y LOPEZ RUIZ, J. (1968): «Geología y vulcanología de las islas Canarias. Fuerteventura». Inst. Lucas Mellada, CSIC, Madrid, 239 pp.

HERNANDEZ-PACHECO, A. (1989): «Datos sobre la geología y petrología del Macizo de Amanay, Fuerteventura, Canarias». *Geogaceta*, 6, 40-43.

IGME (1984): Mapa geológica de España 1:25.000 (Pájara, 1106) y memoria, 63 pp.

LE BAS, M. J.; REX, D. C. y STILLMAN, C. J. (1986): «The early magmatic chronology of Fuerteventura, Canary Islands». *Geol. Mag.*, 123 (3), 287-298.

MANGAS, J.; PEREZ TORRADO, F. J.; REGUILON, R. y CABRERA, M. C. (1992): «Prospección radiométrica en rocas alcalinas y carbonatitas de la Serie Plutónica I de Fuerteventura (Islas Canarias). Resultados preliminares e implicaciones metalogénicas». III Congreso Geológico de España, t. 3, 389-393.

MANGAS, J.; PEREZ TORRADO, F. J.; REGUILON, R. y MARTIN IZARD, A. (1993): «Alkaline and carbonatitic intrusive complexes from Fuerteventura (Canary Islands): radiometric exploration, chemical composition and stable isotope». En: *Int. Conf. Rare Earth Minerals: chemistry, origin and ore deposits*. London, 79-81.

MARIANO, A. N. (1989 a): «Economic geology of rare earth minerals». En: *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. Reviews in Mineralogy, Publ. The Mineralogical Society of America, vol. 21, 309-338.

MARIANO, A. N. (1989 B): «Nature of economic mineralization in carbonatites and related rocks». En: K. Bell, *Carbonatites: genesis and evolution*. Ed. Unwin Hyman. London, 149-176.

MÖLER, P. (1989 a): «REE (Y), Nb and Ta enrichment in pegmatites and carbonatite-alkalic rock complexes». En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé (eds.), *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7 SGA. Springer Verlag, 103-144.

MÖLER, P. (1989 b): «Prospecting for rare-earth deposits». En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé (eds.), *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7 SGA. Springer Verlag, 263-265.

PREINFALK, C. y MORTEANI, G. (1989): «Industrial applications of rare earth elements». En: P. Möler, P. Cerny and F. Saupé (eds.), *Lanthanides, Tantalum and Niobium*, Sp. Pub. n.º 7 SGA. Springer Verlag, 359-370.

STILMAN, C. J.; FUSTER, J. M.; BENNELL, M.; MUÑOZ, M.; SMEWING, J. y SAGREDO, J. (1975): «Basal complex of Fuerteventura is an oceanic intrusive complex with rift-system affinities». *Nature*, 257, 469-471.

WOOLLEY, A. R. (1989): «The spatial and temporal distribution of carbonatites». En: K. Bell (eds.), *Carbonatites: genesis and evolution*. Ed. Unwin Hyman. London, 15-37.

WOOLLEY, A. R. y KEMPE, D. R. C. (1989): «Carbonatites: nomenclature, average chemical composition and element distribution». En: K. Bell (eds.), *Carbonatites: genesis and evolution*. Ed. Unwin Hyman. London, 1-14.