

# Contenido de tierras raras en rocas volcánicas de la antigua Provincia de Camagüey, Cuba

JORDAN A. JORDANOV y M. DE LOS ÁNGELES IRIARTE

## RESUMEN

Se analizó el contenido de tierras raras en rocas volcánicas de las cuatro fases fundamentales del vulcanismo cretácico de la región Ciego-Camagüey-Guáimaro. Se realizaron comprobaciones de la correlación entre las peculiaridades petroquímicas de las vulcanitas de las distintas fases y las particularidades del comportamiento geoquímico de las tierras raras.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las direcciones fundamentales para la geoquímica actual es el estudio de los factores teóricos y prácticos que determinan la concentración de los elementos raros en los materiales de la corteza terrestre. Con este fin, la geoquímica de las tierras raras se desarrolla atendiendo a los tres aspectos siguientes:

Estudio de las regularidades en el comportamiento de las tierras raras, como base teórica para la solución de cuestiones que se relacionan con la búsqueda de concentraciones industriales de las mismas.

Aprovechamiento de estos elementos como indicadores geoquímicos.

Investigaciones del contenido de tierras raras en distintas formaciones rocosas en correspondencia con el "Clarke".

En cuanto al estudio de sus relaciones geoquímicas, éste se ha realizado más detalladamente en las rocas intrusivas y en las mineralizaciones relacionadas con las mismas, debido al interés que hacia

---

Manuscrito aprobado el 10 de junio de 1986.

J. A. Jordanov pertenece al Instituto de Geología, de la Academia de Ciencias de Bulgaria. M. de los Angeles Iriarte pertenece al Instituto de Geología y Paleontología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

las tierras raras han despertado los yacimientos industriales que corresponden principalmente a procesos magmáticos intrusivos. No obstante, en los últimos años se han determinado algunas mineralizaciones de tierras raras asociadas con rocas volcánicas ácidas y sus piroclastitas.

Las investigaciones de las tierras raras y de otros elementos dispersos en rocas volcánicas son muy perspectivas para la solución de una serie de cuestiones petrológicas, tanto en relación con el estado general de la teoría petrológica, y en especial con los problemas petrogenéticos, como en relación con la limitada aplicación de los métodos ópticos en las investigaciones de rocas microcristalinas (ALEKSIEV, 1972).

Los datos del contenido y distribución de las tierras raras en las formaciones rocosas de Cuba son excepcionalmente escasos y para las rocas volcánicas no existen.

El objetivo del presente trabajo es el estudio de los contenidos de las tierras raras en las vulcanitas de la zona estructurofacial Zaza, en la parte central de Cuba, la cual se desarrolló como un arco insular volcánico en el Cretácico (M. Iturralde-Vinent y otros, inédito)<sup>1</sup>. Las vulcanitas de esta zona representan una buena base para las investigaciones geoquímicas, ya que en ellas existe una amplia distribución de distintos tipos de rocas (desde las básicas hasta las medio-ácidas y ácidas), así como las distintas tendencias de diferenciación y fases de la actividad volcánica. Estas particularidades fueron establecidas durante el levantamiento geológico del territorio Ciego-Camagüey-Las Tunas y están descritas en el texto explicativo correspondiente. Las muestras analizadas en el presente trabajo y sus datos petrográficos, así como la numeración adoptada, se corresponden con estas investigaciones. Aquí se exponen los resultados de 57 muestras de diferentes fases del vulcanismo de la zona Zaza, en Cuba central.

Las determinaciones de tierras raras fueron realizadas mediante el conocido método de precipitación en forma de oxalados (doblemente precipitados) pasándolas después a óxidos por calcinación a temperatura de 600-700°C. Los óxidos obtenidos se disuelven en HNO<sub>3</sub>: concentrado, tomándose una parte alícuota apropiada para la determinación fotométrica del total de tierras raras con arsenazo III a pH = 2-3. Las lecturas se efectuaron a 650 nm. La ley de Lambert-Beer se cumple para concentraciones de 5 a 30 g de tierras raras en 25 cm<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> "Geología del territorio Ciego-Camagüey-Las Tunas". Archivo del Instituto de Geología y Paleontología (ACC), La Habana, 1981.

## 2. RASGOS GENERALES DEL VULCANISMO CRETÁCICO EN EL TERRITORIO DE LA ANTIGUA PROVINCIA DE CAMAGÜEY

El vulcanismo cretácico de esta región está desarrollado en la zona del arco volcánico insular conocida en Cuba como zona Zaza. Las rocas volcánicas forman parte de un complejo vulcanógeno-sedimentario de edad Albiano-Campaniano Medio y un espesor del orden de los 17 a 18 km. Según los datos del grupo que realizó el levantamiento de la región objeto de estudio, tomando en cuenta la evolución espacial y temporal del vulcanismo, se pueden considerar cuatro fases sucesivas, que se caracterizan del modo siguiente:

I. Fase básica: se compone de lavas básicas a medio-básicas (basaltos, andesitobasaltos, y andesitas) en las cuales se manifiesta a menudo una tendencia subalcalina (basaltos y andesitobasaltos subalcalinos, traquibasaltos y traquiandesitobasaltos). Esta fase finaliza con una subfase particular (ácida y subalcalina).

II. Fase media: está representada generalmente por andesitas de quimismo normal (calcoalcalinas).

III. Fase ácida: se representa también por rocas de quimismo normal (calcoalcalinas), pero ya de composición ácida: dacitas, hasta riolitas; raramente andesitas.

IV. Fase medio-básica final: tiene un desarrollo muy limitado y abarca rocas de tipo andesitobasáltico.

## 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS TIERRAS RARAS EN LAS ROCAS

Los datos analíticos de las tierras raras se exponen en la Tabla 1. El diagrama de variación se indica en la Fig. 1, la cual tiene como abscisa los valores del índice de diferenciación de Larsen ( $D_L$ ) modificado

por S. R. Nicolds (NICOLDS y ALLEN, 1958), donde  $D'_L = \frac{1}{3} \text{Si} + \text{K} - (\text{Ca} + \text{Mg})$ , expresados en porcentajes de peso. En la Fig. 2 se muestra el diagrama de variación que expresa la dependencia entre el total de las tierras raras y el coeficiente de agpaiticidad  $\frac{\text{K} + \text{Na}}{\text{Al}}$

El total de las tierras raras en las rocas volcánicas investigadas varía desde 160 hasta 234 g/ton para los basaltos subalcalinos, traquibasaltos, y basaltos; desde 132 hasta 215 g/ton para los andesitobasaltos, y de 178 a 205 g/ton para las andesitas. Valores casi constantes presentan las traquiandesitas y traquitas alcalinas, aproximadamente 210 g/ton. En las dacitas y riodacitas el total de las tierras raras varía de 154 a 300 g/ton.

**TABLA 1.** Datos analíticos de las muestras investigadas. Para cada muestra se indica el contenido total de tierras raras (TR) en g/t, el coeficiente de aptitud  $\left(\frac{K + Na}{Al}\right)$ , y el índice de diferenciación de Larsen ( $D_L$ ) modificado.

Muestra No.	TR (g/t)	$\frac{K + Na}{Al}$	$D_L$
<b>Basaltos subalcalinos, traquibasaltos, y basaltos</b>			
1	219	1,22	0,7
6	191	1,23	1,4
7	196	1,05	0,6
9	223	0,90	1,0
10	210	1,10	2,1
11	210	1,40	8,4
12	219	1,00	0,5
14	234	0,93	0,4
16	275	1,40	5,3
20	187	0,91	4,3
21	172	0,87	-1,2
22	182	0,93	0,4
36	196	1,26	1,2
39	171	1,10	4,0
41	188	1,17	1,0
40	201	1,40	0,8
49	253	1,13	4,8
3	160	0,85	0,8
5	177	0,53	-3,0
13	173	0,66	-1,3
4	205	0,80	0,9
<b>Andesitobasaltos</b>			
17	213	1,04	0,2
24	140	0,90	2,2
25	132	0,90	1,9
26	140	0,80	3,3
42	167	0,66	2,8
46	215	1,08	4,7
60	178	0,97	3,6
64	205	0,40	2,7

(Continúa)

TABLA 1 (Continuación)

Muestra No.	TR (g/t)	K + Na Al	$D_L$
Andesitas			
8	194	1,50	7,8
30	178	1,16	10,5
43	187	1,36	6,3
45	182	1,54	4,7
48	205	1,10	8,5
51	189	0,80	2,5
Traquiandesitas-basaltos y traquiandesitas			
15	200	1,12	4,8
18	227	1,73	6,1
19	200	1,36	6,4
32	211	1,36	7,5
33	227	1,59	9,3
Traquitas alcalinas			
28	230	2,15	10,3
34	214	1,99	12,7
Dacitas			
29	154	1,56	12,4
31	203	1,28	8,7
38	303	0,86	8,5
52	242	0,76	14,6
61	280	1,28	8,1
Riodacitas			
47	200	1,17	12,4
50	215	1,45	12,9
53	217	1,22	11,0
54	238	0,76	9,2
55	220	1,40	10,1
56	205	1,22	11,7
57	225	0,94	8,4
Riolitas			
58	195	1,50	12,6
59	184	1,08	9,6
62	142	0,90	10,4

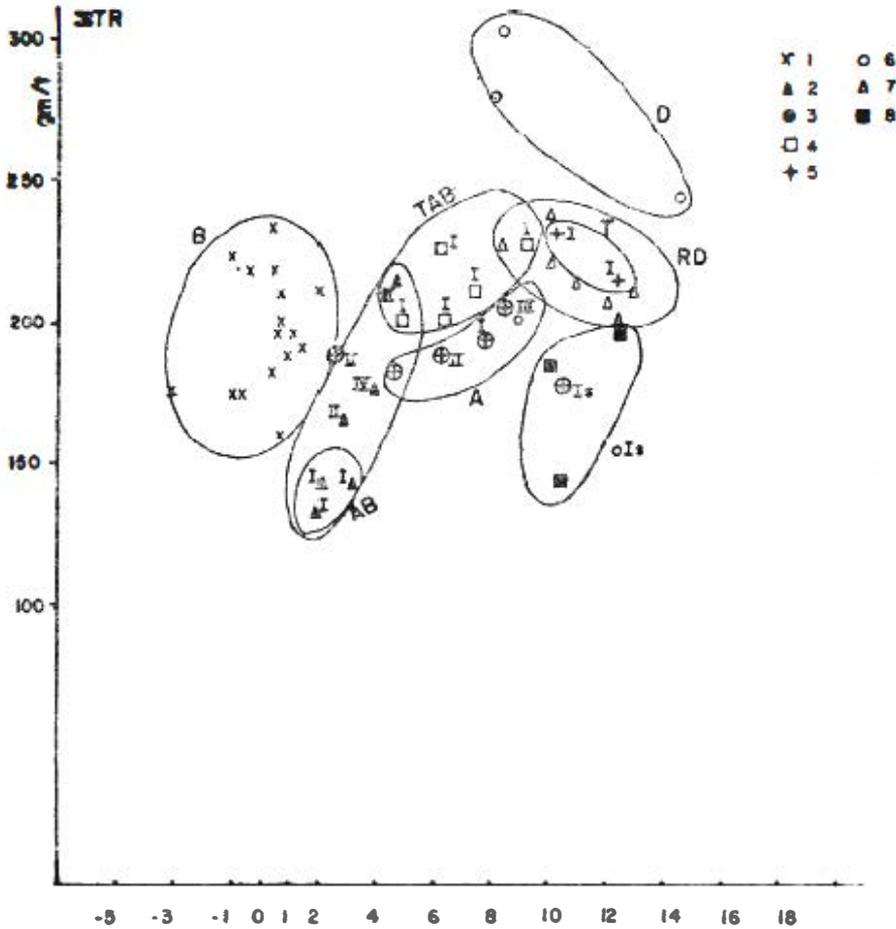


FIG. 1. Diagrama de variación  $\Sigma TR - D_L$ , donde  $\Sigma TR$  es la suma total de tierras raras (en g/t) y  $D_L$  es el índice de diferenciación de Larsen, modificado por S. R.

$D_L = \frac{1}{1} \frac{Si + K}{Ca + Mg}$  1. Basaltos subalcalinos, traquibasaltos, basaltos (B); 2, andesitobasaltos; 3, andesitas (A); 4, traquiandesitas-basaltos y traquiandesitas (TAB); 5, traquitas alcalinas; 6, dacitas (D); 7, riodacitas (RD); 8, riolitas; I, fase básica del vulcanismo; II, fase media del vulcanismo; III, fase ácida del vulcanismo; IV, fase medio-básica final del vulcanismo.

No existen datos sobre los "Clarkes" de las tierras raras en las rocas efusivas. Según los datos generalizados de Balaschov (BALASCHOV, 1976) para basaltos de arco insular, el contenido medio de tierras raras es de 100 g/ton; para andesitas de arco insular, 93 g/ton. Es evidente que los basaltos y andesitas de la zona Zaza, que perte-

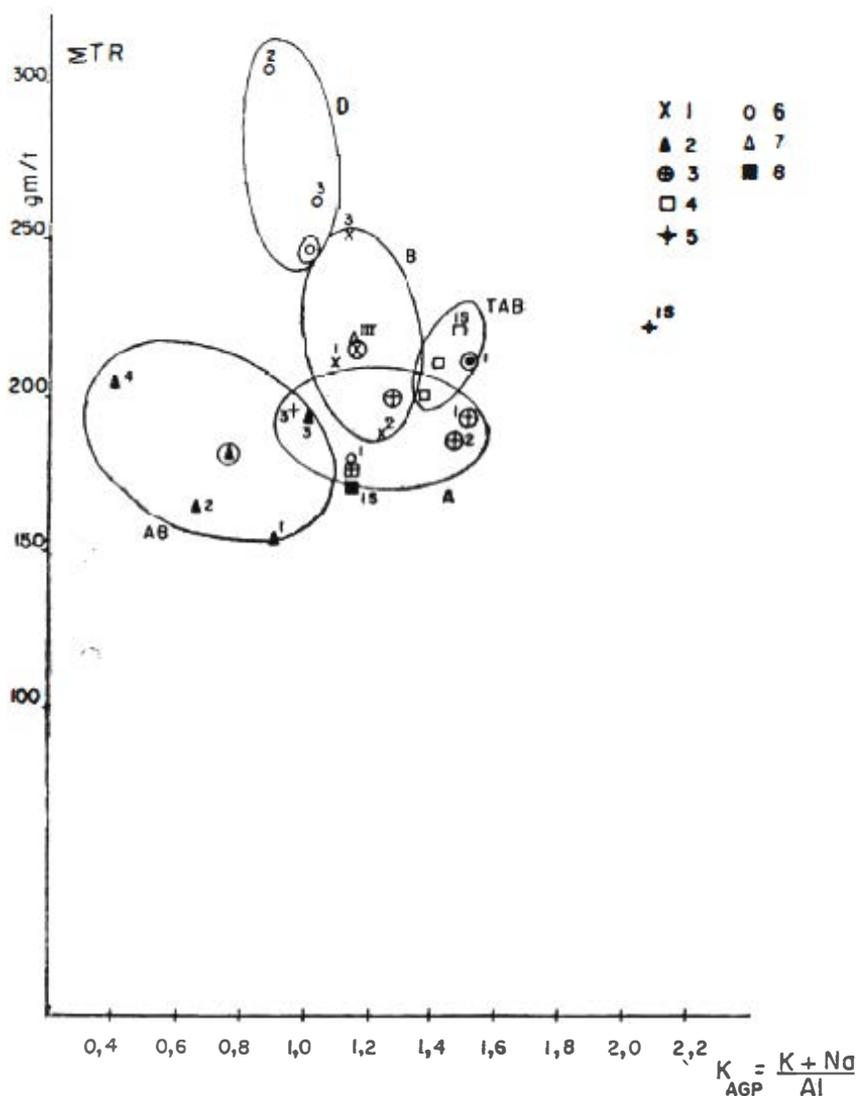


FIG. 2. Diagrama de variación  $\Sigma TR - K_{AGP}$ , donde  $\Sigma TR$  es la suma total de tierras raras (en g/t) y  $K_{AGP}$  es el coeficiente de agpaiticidad ( $K_{AGP} = \frac{K + Na}{Al}$ ). 1, basaltos subcalinos, traquibasaltos, basaltos (B); 2, andesitobasaltos (AB); 3, andesitas (A); 4, traquiandesitas-basaltos y traquiandesitas (TAB); 5, traquitas alcalinas; 6, dacitas; 7, riodacitas; 8, riolitas.

necen a la primera fase volcánica con una acentuada tendencia alcalina, contienen cantidades elevadas de tierras raras respecto a los "Clarkes" supuestos para este tipo de rocas. Por el contrario, las riolitas investigadas de la segunda y tercera fase, con un quimismo calcoalcalino normal (142-195 g/ton como total de tierras raras), indican

contenidos menores en comparación con los datos de HASKIN *et al.* (1968), según los cuales el total de tierras raras en las riolitas es de 287 g/ton; y también por otros datos (VINOGRADOV, 1962) de los análogos intrusivos correspondientes.

Los contenidos elevados de tierras raras en las rocas efusivas investigadas están estrechamente relacionados con la elevada alcalinidad. Es conocido el hecho de que fusiones que presenten altas concentraciones de elementos alcalinos (llamados "eutécticos agpaíticos") acumulan elevadas cantidades de tierras raras en comparación con las de menor contenido alcalino (BALASCHOV, 1976). En la mayor parte de las rocas investigadas la relación  $\frac{K + Na}{Al}$  es mayor que uno y esto confirma el efecto de la agpaiticidad sobre el contenido absoluto de las tierras raras.

Las diferencias entre las distintas familias petroquímicas se indican en los diagramas de variación (Figs. 1 y 2).

Se establece la correlación característica de las tierras raras con los índices petroquímicos. El valor del coeficiente  $\frac{K + Na}{Al}$  (Fig. 2) aumenta de las rocas básicas hacia las ácidas. Se localizan muy claramente las distintas familias petroquímicas y la transición gradual entre ellas. En relación con la diferenciación de las distintas fases del vulcanismo entre rocas de una misma familia petroquímica, la mejor correlación expresada se observa en los basaltos subalcalinos, traquibasaltos, y andesitobasaltos. El número insuficiente de muestras no permite realizar conclusiones más concretas para las familias restantes.

La posibilidad de formación de unos u otros minerales de las tierras raras en rocas magmáticas está condicionada por las concentraciones de estos elementos y por las relaciones de concentración de los elementos petrógenos, principalmente del calcio, fósforo, elementos alcalinos, y aluminio.

Frecuentemente, la presencia de minerales de las tierras raras se puede encontrar en aquellas rocas cuya relación  $\frac{100 \cdot TR}{CaO}$  es mayor que la unidad (ALEKSIEV, 1965). A valores inferiores, las tierras raras se dispersan en otros minerales. En la tercera fase de la actividad volcánica, en la zona Zaza, representada por riódacitas y dacitas, se observaron indicios de la existencia de minerales de las tierras raras, o sea, la relación  $\frac{100 \cdot TR}{CaO}$  es mayor que la unidad (muestras nos:

47, 52, 53, 55, y 58). Es evidente que las rocas volcánicas de la fase señalada deben ser objeto de investigaciones más detalladas.

#### 4. CONCLUSIONES

- (a) Se estableció la correlación de los índices petroquímicos "D" y el coeficiente de apatitividad con la distribución de las TR en distintos tipos petroquímicos de rocas volcánicas de la región investigada.
- (b) La localización de las distintas familias petroquímicas con la ayuda de los elementos de las tierras raras, demuestra las posibilidades de utilizar estos elementos como indicadores de los procesos geológicos durante la diferenciación magmática y en rocas efusivas.
- (c) Por la distribución relativamente homogénea de los elementos de las tierras raras en las rocas volcánicas, y a consecuencia de su cercanía con los magmas iniciales correspondientes, aquéllos son los más apropiados para la investigación del "Clarke" de las tierras raras. En este sentido, los datos analíticos de las rocas volcánicas estudiadas contribuyen a la solución del problema de los "Clarkes".
- (d) Se observaron indicios sobre la presencia de mineralizaciones de tierras raras en las rocas volcánicas ácidas.

Partiendo de estos resultados preliminares sobre el comportamiento geoquímico de los elementos de las tierras raras, serán objeto de estudios detallados el proceso de fraccionamiento interno de las tierras raras, de los grupos del Cerio y del Itrio, y de los distintos elementos por separado.

#### REFERENCIAS

- ALEKSIEV, E. (1965): *Redkozemni elementi*. Izdat. Nauka y Izkustvo, Sofia, 67 pp.
- (1972): *Teoría y geokhimicheskoe znachenie fraktzionirovanie TR y zemaioy kore*. Sofia, 115 pp.
- BALASCHOV, YU. A. (1976): *Geokhimiya redkozemelnyj elementov*. Izdat. Nauka, Moscú, 376 pp.
- BOYADZHIEVA, R. (1967): Extraction method for the enrichment of rare-earth elements with tributyl-phosphat in silicate rocks. *Bull. Geol. Inst.*, 16.
- FLANAGAN, F. J. (1973): Values for international geochemical reference samples. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37(5):1189-1200.
- HASKIN, L. A., HASKIN, M. A. FREY, F. A., y WILDEMAN, TH. R. (1968): Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earth. *En Origin and distribution of the elements*. McGraw-Hill, 223 pp.

NICOLDS, S. R., y ALLEN, R. (1958): *Geokhimicheskie nablyudenia*. SB. Statiey, Izdat. In. Lit. Moscú, pp. 186-193.

VINOGRADOV, A. P. (1962): Srednee sodержnie jímicheskyij elementov glavnij tipaj yzverzhiionnoj porod zemnoi kory. *Geoquímica*, 7: 1-15.

RARE EARTH CONTENTS IN VOLCANIC ROCKS  
FROM THE FORMER CAMAGÜEY PROVINCE, CUBA

**ABSTRACT**

The contents of rare earth elements in volcanic rocks from the four main phases of Cretaceous vulcanism of the Ciego-Camagüey-Guáimaro area were investigated. Relationships between petrochemical peculiarities of volcanic rocks in the several phases and geochemical activity of the rare earth elements are analyzed.