

CONTENIDOS DE URANIO DE LAVAS RECIENTES EN EL SECTOR SUR DE LOS ANDES CENTRALES

N. Guerra (*), C. Palacios (*) y P. Campano (*)

RESUMEN

Se presenta un estudio de distribución de U en lavas modernas del sector sur de los Andes centrales (16°-28° S). Para rocas de contenidos similares en SiO₂, la abundancia de U crece de oeste a este en un perfil transversal al cordón andino, mientras que aumenta la profundidad de subducción, y disminuye la potencia de la corteza continental. Además, mientras la potencia de la corteza continental y la profundidad de la zona sísmica de Benioff disminuyen hacia el sur, U tiende a aumentar con la latitud. Así, y basado en los datos disponibles, estamos en posición de sugerir que el comportamiento de U en las rocas estudiadas, depende de la alcalinidad y de la historia magmática de cada centro volcánico.

PALABRAS CLAVE: Volcanismo, Elementos-traza, Series calco-alcalinas y shoshoníticas, zona de Benioff, Estrato-volcanes andinos.

ABSTRACT

We have studied the distribution of U in modern lava-flows of the southern part from the Central Andes (16°-28° S). For a given SiO₂ content of the rocks, U abundance increases from west to east in a transects to the Andean Belt, while the depth of the subduction zone increases and the thickness of the continental crust decreases. Besides, U content tends to increase steadily with the latitude, while the thick of the continental crust and the depth of the seismic zone decreases southward. Thus, on the basis of the available data, we are in a position to suggest that the U behavior in the studied lavas depends on the alkalinity and magmatic history of each volcanic center.

KEY WORDS: Volcanism, Trace elements, Calc-Alkaline and shoshonitic rocks series, Benioff zone, Andean strato-volcanoes.

Introducción

El margen continental oeste de Sudamérica es normalmente considerado como un límite activo entre placas oceánica y continental. La subducción de la placa oceánica de Nazca bajo el margen occidental de la placa sudamericana, es probablemente el fenómeno que mejor se relaciona con la actividad magmática actual en el cinturón andino.

La Alta Cordillera se caracteriza por la presencia de dos grupos principales de rocas volcánicas Neógenas y Cuaternarias: depósitos ignimbríticos de composición riolítica-riodacítica, y flujos de lavas andesíticas, que forman conos y aparatos volcánicos en la cumbre de los Andes. Las ignimbritas y lavas andesíticas se han depositado contemporáneamente en los Andes Centrales, desde hace 20 millones de años

(Francis y Rundle, 1976; Baker, 1977; Thorpe *et al.*, 1979).

Los estrato-volcanes recientes en los Andes Centrales, muestran una zonación química con respecto a la fosa Chile-Perú: hacia el oeste ocurren típicas rocas calco-alcalinas de margen continental, y hacia el este se han depositado lavas de afinidades shoshoníticas, coincidiendo con un crecimiento en la profundidad de la zona de Benioff (Dostal *et al.*, 1977; Deruelle, 1979).

El propósito del estudio consiste en evaluar la variación en el contenido de U en flujos de lavas modernas del sector sur de los Andes Centrales (fig. 1). Con este fin, se interpretan datos de trabajos anteriores (Zentilli y Dostal, 1977; Deruelle, 1979; Palacios y López, 1979) de lavas calco-alcalinas (145 muestras) y shoshoníticas (39 muestras).

(*) Departamento de Geociencias, Universidad del Norte, Antofagasta (Chile).

TABLA 1
Distribución de las áreas volcánicas estudiadas

Zona	Area volcánica	N.º de muestras	Referencias
1	Perfil Lat. 16-18° S	37	Zentilli y Dostal (1977)
2	Volcanes Tatajachura, Isluga, Tatasabaya, Sacsani, Pumiri y Carabaya	6	Palacios y López (1979)
3	Sierra de Lipez	9	Deruelle (1979)
4	Volcán Sairecabur y Domo Tocorpuri ...	24	Deruelle (1979)
5	Volcán Lascar	13	Deruelle (1979)
6	Volcanes Puntas Negras y Miscanti, Cordón Puntas Negras	37	Deruelle (1979)
7	Volcanes Chorrillos, San Jerónimo y So-compa, Cordón El Negrillar	34	Deruelle (1979)
8	Perfil Lat. 27-28° S	24	Zentilli y Dostal (1977)

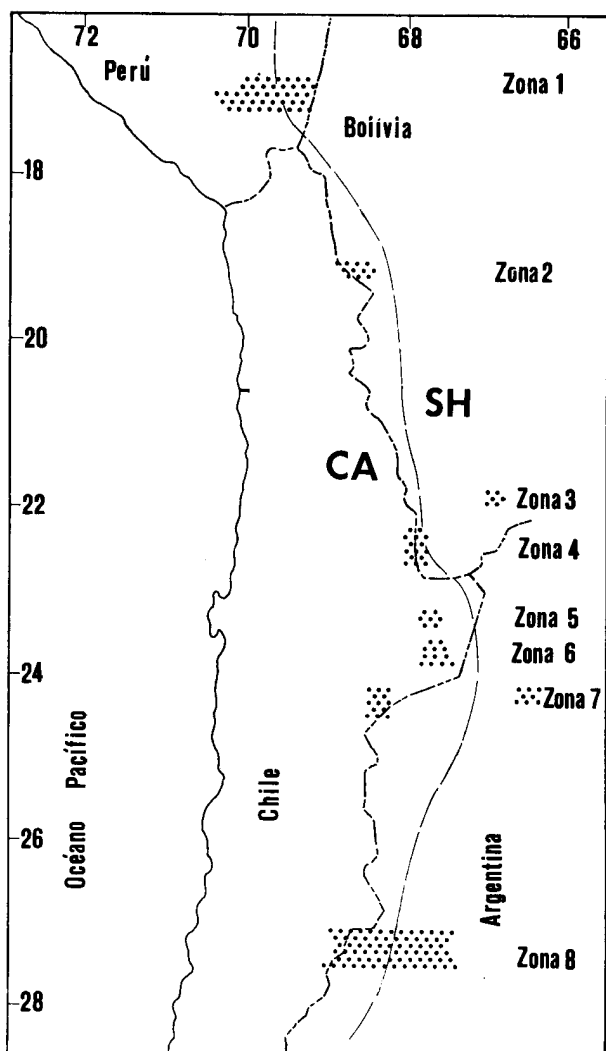


Fig. 1.—Localización del área estudiada. Las regiones achuradas, número de Zonas representa cada sector volcánico considerado (tabla 1). Se muestra, además, el límite entre las rocas volcánicas calco-alcalina y shoshoníticas (basado en Deruelle, 1979 y Zentilli y Dostal, 1977).

Los análisis de U se efectuaron mediante Activación Neutrónica; la precisión y exactitud de los datos es reportada por los autores citados en el párrafo precedente.

Resultados

El promedio de SiO_2 , K_2O y U de las rocas volcánicas estudiadas, se presenta en la tabla 2.

SiO_2 y U muestran variaciones en un perfil longitudinal al frente volcánico de los Andes Centrales (fig. 2). En efecto, las volcanitas calcoalcalinas y shoshoníticas aumentan sus contenidos en estos elementos, de norte a sur, hasta el límite septentrional de los Andes Centrales.

K_2O aumenta progresivamente con la latitud en rocas de la serie shoshonítica, y decrece en las rocas calco-alcalinas.

Por otro lado, y en un perfil transversal al frente volcánico (fig. 3), es posible observar que para rocas de contenidos aproximadamente similares de SiO_2 , la concentración de K_2O y U aumenta sistemáticamente con la profundidad de la zona de subducción.

Sin embargo, los comportamientos descritos son inversos referente a la potencia de la corteza continental, que disminuye hacia el este en el área de perfil.

Los datos de la figura 4 indican que las rocas en estudio, en promedio, son más ácidas y presentan mayor concentración de U que ejemplares volcánicos de otros lugares circumpacíficos (Andes del norte, Andes del sur, Fiji, Marianas, noreste de Japón, Java y Bali).

Discusión

En el capítulo anterior, se muestra que la concentración de U aumenta en lavas modernas del sector sur de los Andes centrales, tanto de norte a sur en un perfil longitudinal al frente volcánico, como de

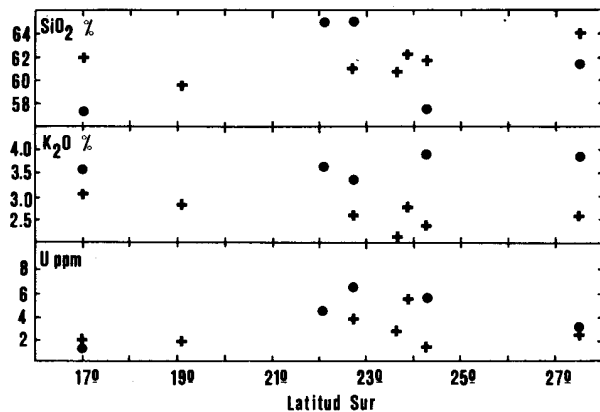


Fig. 2.—Variaciones de promedios de SiO₂, K₂O y U en zona estudiada y en un perfil transversal. Las cruces y círculos llenos representan a rocas volcánicas calco-alcalinas y shoshoníticas respectivamente.

oeste a este en una sección transversal a los Andes. Además, la abundancia de K₂ en lavas calco-alcalinas, disminuye con la latitud, y crece hacia el oriente. En rocas de la serie shoshonítica, K₂O aumenta tanto con la latitud, como hacia el este.

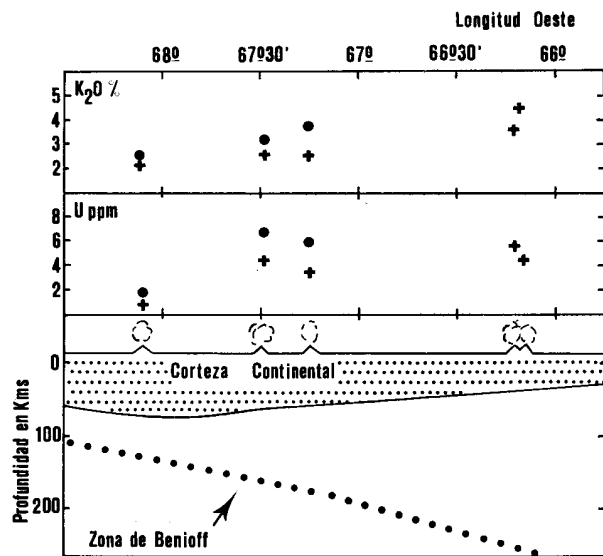


Fig. 3.—Variaciones promedios de U y K₂O en un perfil transversal al frente volcánico andino trazado a la latitud 24° S. El perfil incluye, de este a oeste, los volcanes Chorrillos (dos muestras, San Jerónimo (siete muestras), Laco (siete muestras), Cordón Puntas Negras (doce muestras) y El Negrillar (nueve muestras). Los dos primeros volcanes corresponden a centros de emisión de lavas shoshoníticas. Las cruces y los círculos llenos representan a rocas volcánicas con contenidos de SiO₂ comprendidos entre 54-60% y 63-67% respectivamente. La estimación de la potencia de corteza continental se basa en: Kausel y Lomnitz, 1968; James, 1971, y Breiville *et al.*, 1973. La disposición de la zona de Benioff se basa en Barazangi e Isacks (1976).

TABLA 2

Promedio en contenido de SiO₂, K₂O y U en rocas volcánicas del área de estudio

Areas	Serie Calco-Alcalina			Serie Shoshonítica		
	SiO ₂	K ₂ O	U	SiO ₂	K ₂ O	U
1	62.0	3.02	1.9	57.3	3.55	1.3
2	59.0	2.86	1.9	—	—	—
3	—	—	—	65.1	3.63	4.1
4	61.2	2.51	3.9	65.2	3.40	6.4
5	60.5	1.99	2.4	—	—	—
6	62.0	2.72	5.3	—	—	—
7	61.9	2.37	1.1	57.0	3.85	5.4
8	64.0	2.60	2.2	61.2	3.84	2.6

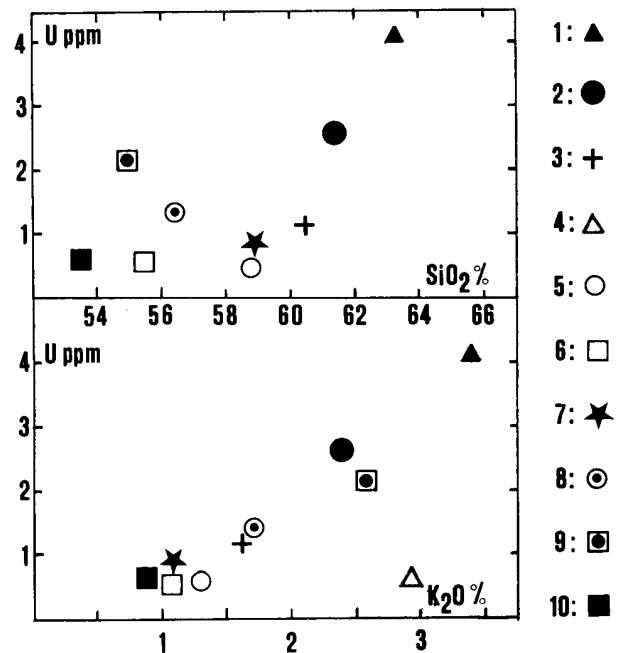


Fig. 4.—Diagramas U vs SiO₂ y K₂O mostrando para comparación, los promedios de concentración en estos elementos para rocas volcánicas modernas de diferentes lugares circunpacificos.

1. Lavas shoshoníticas del sector en estudio (39 m.).
2. Lavas calco-alcalina del sector en estudio (145 m.).
3. Lavas calco-alcalina de los Andes del norte (54 muestras; Hörmann y Pichler, 1982).
4. Rocas shoshoníticas de Fiji (nueve muestras; Gill, 1970).
5. Rocas calco-alcalinas de Fiji (tres muestras; Gill, 1970).
6. Lavas calco-alcalinas de Marianas (cinco muestras; Stern, 1979; Dixon y Batiza, 1979).
7. Rocas calco-alcalina noreste de Japón (23 muestras; Masuda y Aoki, 1979).
8. Rocas calco-alcalinas de Java y Bali (125 muestras; Whitford *et al.*, 1979).
9. Rocas calco-alcalinas de alto K de Java y Bali (17 muestras; Whitford *et al.*, 1979).
10. Lavas calco-alcalinas de los Andes del sur (30 muestras; López *et al.*, 1977; Deruelle, 1979).

Datos geofísicos evidencian que en la zona de estudio, la profundidad de la zona de subducción aumenta hacia el este y disminuye con la latitud. En similar región, la potencia de la corteza continental disminuye tanto hacia el sur como hacia el este (Kausel y Lomnitz, 1968; James, 1971; Breville *et al.*, 1973; Barazangi e Isacks, 1976).

Así, el aumento de la concentración de K_2O en las rocas, es, en general, consistente con un crecimiento de la profundidad vertical de la zona de subducción bajo cada centro volcánico moderno. Este hecho ha sido extensamente discutido en los Andes centrales por Siegers *et al.* (1969), López *et al.* (1974), Palacios y Oyarzún (1975), Thorpe *et al.* (1976), Zentilli y Dostal (1977).

Referente a la concentración de U, su abundancia es aparentemente independiente a la variación tanto de la profundidad de la zona sísmica de Benioff, como de la potencia de la corteza continental infrayacente a cada centro volcánico.

En efecto, mientras que la concentración de U tiende a aumentar con la latitud, en este mismo sentido disminuye la profundidad de la zona de Benioff y la potencia de la corteza continental. Por otro lado, y de oeste a este, en el área de estudio, aumenta la concentración de U y la profundidad de la zona de subducción y disminuye la potencia de la corteza continental.

De este modo, es probable que la concentración de U en lavas modernas de los Andes centrales, dependa fundamentalmente, aparte de la alcalinidad, de la historia magmática de cada centro volcánico.

Bibliografía

- BAKER, P. E.
1968. Comparative volcanology and petrology of the Atlantic island-arcs. *Bull. Volcanol.*, 32, 189-206.
- BARAZANGI, M. e ISACKS, B. I.
1976. Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca Plate beneath South America. *Geol.*, 4, 41-47.
- BREVILLE, G. L.; BEIERLE, C. W.; SANDERS, J. R. y WILCOX, L. E.
1973. A Bourger gravity anomaly map of South America. U.S. Defence Mapping Agency, Aerospace Centre Tech. Paper 73-2, 21 págs.
- DERUELLE, B.
1979. *Petrologie d'un volcanisme de Marge active: Atacama et Andes Meridionales*. Tesis Doct. Univ. Paris, XI, Orsay, Francia, 417 págs.
- DIXON, T. H.
1979. Petrology and Geochemistry of recent lavas in the Northern Marianas: Implications for the origin of island arc basalts. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 70, 167-181.
- DOSTAL, J.; ZENTILLI, M.; CAELLES, J. C. y CLARK, A. H.
1977. Geochemistry and origin of volcanic rocks of the Andes (26°-28° S). *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63, 113-128.
- FRANCIS, P. W. y RUNDLE, C. C.
1976. Rates of production of the Main Magma types in the central Andes. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87, 474-480.
- GILL, J. B.
1970. Geochemistry of Vitu Levu, Fiji, and its evolution as an island arc. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 27, 179-203.
- HORMANN, P. K. y PICHLER, M.
1982. Geochemistry, petrology and origin of the Cenozoic volcanic rocks of the Northern Andes in Ecuador. *Journ. Volcanol. Geother. Res.*, 12, 259-282.
- JAMES, D. E.
1971. Plate tectonic model for the evolution of the Central Andes. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82, 3325-3346.
- KAUSEL, E. y LOMNITZ, C.
1969. Tectonics of Chile. *Int. Upper. Mantle Symp., Proc.*, 22B, 2, 47-67.
- LÓPEZ, L. y OYARZUN, J.
1974. Uranium in calc-alkaline granitoids of Central Chile. *Pac. Geol.*, 8, 47-50.
- LÓPEZ, L.; FREY, F. A. y VERGARA, M.
1977. Andesites and high-alumina basalts from the Central South Chile high Andes geochemical evidence bearing on their petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 63, 199-228.
- MASUDA, Y. y AOKI, K.
1979. Trace element variations in the volcanic rocks from the Nahu zone, Northern Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 44, 139-149.
- PALACIOS, C. y OYARZUN, J.
1975. Relationship between depth to Benioff zone and K and Sr concentrations in volcanic rocks of Chile. *Geol.*, 3, 595-596.
- PALACIOS, C. y LÓPEZ, L.
1979. Geoquímica y petrología de Andesitas cuaternarias de los Andes centrales (18° 57' - 19° 28' S). *Segundo Congr. Geol. Chileno*, Arica, 3, 73-88.
- SIEGERS, A.; PICHLER, H. y ZEIL, W.
1969. Trace element abundances in the andesite formation of Northern Chile. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33, 882-887.
- STERN, R. J.
1979. On the origin of andesite in the northern Mariana island arc: implications from Agrigar. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 68, 207-219.
- THORPE, R. S.; FRANCIS, P. W. y POTTS, P. J.
1976. Rare earth data and petrogenesis of andesites from the North Chilean Andes. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 54, 65-78.
- THORPE, R. S. y FRANCIS, P. W.
1979. Variations in Andean Andesite composition and their petrogenetic significance. *Tectonophys.*, 57, 53-70.
- WHITFORD, D. J.; NICHOLLS, I. A. y TAYLOR, S. R.
1979. Spatial variations in the geochemistry of quaternary lavas across the Sunda arc in Java and Bali. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 70, 341-356.
- ZENTILLI, M. y DOSTAL, J.
1977. Uranium in volcanic rocks from the Central Andes. *Journ. Volcanol. Geother. Res.*, 2, 251-258.

Recibido el 24 de abril de 1984.
Aceptado el 12 de julio de 1984.