

ROL DE LA CORTEZA CONTINENTAL EN EL VOLCANISMO ANDINO: CASO DE LOS CENTROS VOLCANICOS NEVADOS DE PAYACHATA (18°S) Y MOCHO-CHOSHUENCO (40°S), CHILE

L. López Escobar*, N. McMillan**, R. Harmon°, S. Moorbath^{oo} J. Davidson*, M.A. Parada* y G. Wörner**

Introducción

El complejo volcánico de la región de los Nevados de Payachata se ubica en los Andes Centrales entre las latitudes 18°00'S y 18°30'S. En esta región, la corteza continental alcanza un espesor superior a los 75 km, que es el más grande del mundo. El centro volcánico Mocho-Choshuenco, en cambio, se localiza en los Andes del Sur a la latitud 40°S, donde la corteza tiene un grosor de sólo 35 km. En ambos casos, el volcanismo es el producto de la subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa continental Sudamericana. Además del espesor, la corteza que sustenta a los centros volcánicos de la región de los Nevados de Payachata difiere en edad y naturaleza de la que sustenta al centro volcánico Mocho-Choshuenco. Una comparación de las características geoquímicas de los productos volcánicos, de uno y otro sector, permite estimar el rol de la corteza continental como agente modificador de la naturaleza de los magmas subcorticales.

Región de los Nevados de Payachata

En esta región, la corteza superior está constituida, principalmente, por rocas metamórficas precámbricas (neises, anfibolitas y serpentinitas), pertenecientes al cratón sudamericano, y rocas volcánicas y sedimentarias mesozoicas intruidas por plutones meso-cenozoicos.

Cubriendo parcialmente estas rocas se disponen grandes extensiones de volcanitas miocenas a recientes.

El volcanismo en la región de los Nevados de Payachata ocurrió en dos episodios: uno comprendido entre los 11 y 6 Ma (Mioceno) y otro entre los 0,285 Ma y el presente (Pleistoceno y Holoceno)^{1, 2}. La actividad miocena produjo andesitas, dacitas y riolitas calcoalcalinas ricas en K₂O y está representada por los volcanes Lauca (10,4 Ma), Ajoya (7,06 Ma) y Choquelimpie (6,55 Ma). Los productos de la actividad pleistocena son también calcoalcalinos ricos en K₂O y varían en composición de andesitas basálticas a riolitas. Esta actividad está representada por los flujos de Chucuyo (0,285 Ma), las lavas de Caquena (0,275 Ma), por los volcanes Guallatiri y Taapacá (0,082 Ma) y por los volcanes Pomerape (<0,192 Ma) y Parinacota (0,264 Ma - <0,0135 Ma). La actividad holocena produjo andesitas máficas (SiO₂ = 52,9-54,5%; No. Mg = 56,1-55,5) y andesitas más evolucionadas, estando representada por los conos Ajata, que son parásitos del Volcán Parinacota. Las tendencias presentadas por los elementos incompatibles de los centros miocenos (tendencia N) difiere de las presentadas por los productos pleistocenos (tendencia P) y holocenos (tendencia H). Así, en igualdad de contenido de SiO₂, la tendencia P está enriquecida, con respecto a la N, en K₂O, TiO₂, Ba, Sr, Hf, Th, Rb y Tierras Raras Livianas, estando empobrecida en Al₂O₃, Y y Tierras Raras Pesadas. A diferencia de las anteriores, la tendencia H está altamente enriquecida en Ba, Sr y TiO₂.

Las rocas volcánicas de las tres tendencias muestran poca variación en razones isotópicas de Sr (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0,70584-0,70772) y de Nd (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd = 0,512270-0,512523). Estas razones caen dentro de los valores presentados por las rocas volcánicas cuaternarias de los Andes Centrales. Las tres tendencias tienen razones isotópicas de Pb semejantes^{1, 2}, caracterizándose por presentar razones ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb notablemente bajas

* Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile, Casilla 13518, Correo 21, Santiago-Chile.

** Department of Earth Sciences, New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003, EE.UU.

° NERC Isotope Geoscience Laboratory, Keyworth, Nottingham, NG 12 5GG, U.K.

^{oo} Department of Earth Sciences, Oxford University, U.K.

* Department of Earth and Space Sciences, University of California, 90024 California, U.S.A.

** Institut für Geowissenschaften, Postfach 3980, Universität Mainz, D-6500, Mainz, Deutschland.

(17,97-18,22). Las razones isotópicas $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ fluctúan entre 15,59 y 15,62 y las de $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ entre 38,20 y 38,47.

Estudios geofísicos sugieren que el engrosamiento cortical de los Andes Centrales es un fenómeno que ocurrió entre 30 y 25 Ma atrás³. Este engrosamiento estuvo acompañado por un adelgazamiento del manto litosférico subcontinental. Se estima que, en promedio, la corteza se engrosó de 40 a 65 km y la litósfera se adelgazó de 140 a 70 km³. El alzamiento del Altiplano comenzó alrededor de 21 Ma atrás⁴ y se aceleró hace unos 15 Ma⁵. Estos cambios corticales se correlacionan con un cambio en la composición isotópica de las rocas volcánicas, lo cual sugiere una intervención significativa de la corteza en las características geoquímicas de los productos volcánicos.

Centro Volcánico Mocho-Choshuenco

A diferencia de la región de los Nevados de Payachata, el Volcán Mocho-Choshuenco no se ubica sobre el margen occidental del cratón sudamericano.

Este centro volcánico, de edad pleistocena-holocena, está construido sobre un basamento conformado por: **a.** Rocas sedimentarias triásicas de la Formación Panguipulli, y **b.** Rocas paleozoicas y mesozoicas, que constituyen el llamado Batolito de Panguipulli^{6, 7, 8}. Las rocas ígneas paleozoicas formarían parte de un cinturón ígneo paleozoico que se extiende a lo largo de la costa de Chile central y que, a la latitud 40°S, ingresa a territorio argentino con dirección NE-SE. En esta particularidad del basamento, el Volcán Mocho-Choshuenco se diferencia de otros volcanes vecinos de los Andes del Sur.

En el Volcán Mocho-Choshuenco se distinguen tres episodios eruptivos, cada uno de los cuales produjo principalmente lavas y escaso material piroclástico^{6, 9}. Los productos emitidos durante el episodio más antiguo (Unidad Choshuenco-1) varían en composición de basaltos (52% SiO₂) a dacitas (68% SiO₂). Las lavas del segundo episodio (Unidad Choshuenco-2) varían en composición de basaltos (52% SiO₂) a andesitas ácidas (63,3% SiO₂). Los productos del último episodio magmático (Volcán Mocho), varían en composición de andesitas (57,5% SiO₂) a dacitas (66,4% SiO₂).

Las razones isotópicas de Sr ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,70399-0,70422$) y de Nd ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512787-0,512881$) del Volcán Mocho-Choshuenco son notablemente más bajas y más altas, respectivamente, que las exhibidas por los productos del complejo volcánico de la región de los Nevados de Payachata. Por otra parte, las lavas del Mocho-Choshuenco tienen razones isotópicas $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (18,57-18,61) significativamente más elevadas que las lavas en discusión, del norte de Chile. Sin embargo, las razones isotópicas $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15,60-15,63) y $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (38,45-38,57) del Mocho-Choshuenco⁹ no difieren mayormente de las presentadas por las rocas volcánicas de la región de los Nevados de Payachata².

Finalmente, en comparación con las lavas de los conos volcánicos Ajata, que son los más básicos de la región de los Nevados de Payachata, las lavas más básicas del Volcán Mocho-Choshuenco están notablemente empobrecidas en elementos trazas incompatibles (como Sr, Ba, Tierras Raras Livianas, Zr) y presentan bajas razones La/Yb.

Discusión y Conclusiones

Las diferencias más notables entre las características geoquímicas del complejo volcánico de la región de los Nevados de Payachata y el del Volcán Mocho-Choshuenco se encuentra en la abundancia de los elementos incompatibles y en las razones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ y $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Aunque existen desigualdades en la abundancia de los elementos incompatibles dentro del mismo complejo volcánico Nevados de Payachata, éste está enriquecido en elementos incompatibles con respecto al Volcán Mocho-Choshuenco, pero está empobrecido en Tierras Raras Pesadas. Por otra parte, las razones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del complejo volcánico Nevados de Payachata son más elevadas y las de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ y $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, notablemente más bajas que las del Volcán Mocho-Choshuenco.

Las diferencias en elementos trazas incompatibles, observados entre las tendencias N y P de la región de los Nevados de Payachatas, no son consistentes con una contribución creciente, sea por contaminación o por grados bajos de fusión parcial, de un manto litosférico

antiguo enriquecido en dichos elementos, más bien parecen ser el resultado de un grado diferente de fusión parcial a lo largo de gradientes geotérmicos transientes en una corteza recientemente engrosada. Inmediatamente después del engrosamiento cortical, los magmas subcorticales habrían interactuado con una corteza relativamente fría, produciendo magmas parentales que habrían originado la tendencia N. Luego, a medida que la base de la corteza se fue equilibrando con las nuevas condiciones de presión, los magmas subcorticales se fueron encontrando con una corteza inferior cada vez más cercana al sólido. Los magmas basálticos ascendentes habría causado en ella bajos grados de fusión parcial, contaminándose con estos fundidos para formar magmas del tipo P y H, que están enriquecidos en elementos incompatibles.

En la región del Mocho-Choshuenco, en cambio, los magmas subcorticales interactuaron con una corteza comparativamente más joven y con razones isotópicas de Sry Nd semejantes a la de los magmas ascendentes. Por tal motivo, es difícil detectar en ellos, a través de las razones isotópicas, una posible ingerencia cortical en su petrogénesis. Sin embargo, a diferencia de otros centros volcánicos de la ZVS de los Andes, algunas razones entre elementos trazas incompatibles varían con el contenido de SiO₂, lo cual puede interpretarse como evidencia de contaminación con material cortical. La diferencia en espesor cortical y edad entre el basamento del Mocho-Choshuenco y el del complejo volcánico Nevados de Payachata podría ser la causa de sus diferencias composicionales.

Tanto en la región de los Nevados de Payachata como en la del Mocho-Choshuenco, la transición basalto-andesita basáltica se llevaría a cabo en la corteza inferior, en cambio la transición andesita basáltica-dacita-riolita ocurriría a niveles corticales menos profundos.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a los grants FONDECYT (Chile) 1051-89 y 1221-91 (LLE y MAP),

NSF (USA) EAR-8319766 (NJM) y EAR-8318916 (RSH), DFG (Alemania) Wo 362/1-1 (GW) y a la Beca del Programa Períodos Sabáticos, otorgada por la Fundación Andes (Chile) a LLE, y es una contribución al Proyecto IGCP 249: 'Magmatismo Andino y su Ambiente Tectónico'.

Referencias

1. Wörner, G.; Harmon, R. S.; Davidson, J. P.; Moorbath, S.; Turner, D.L.; McMillan, N. J.; Nye, C.; López-Escobar, L. 1988. The Nevados de Payachata volcanic region (18°S/69°W, N. Chile). I.- Geological, geochemical, and isotopic observations. *Bulletin Volcanologique*, Vol. 50, p. 287-303.
2. Davidson, J. P.; McMillan, N. J.; Moorbath, S.; Wörner, G., S.; Harmon, R. S.; López-Escobar, L. 1990. The Nevados de Payachata volcanic region (18°S/69°W, N. Chile). II.- Evidence for widespread crustal involvement in Andean Magmatism. *Contributions to Mineral Petrology*, Vol. 105, p. 412-432.
3. Isacks, B.L. 1988. Uplift of the Central Andean Plateau and bending of the Bolivian Orocline. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 93, p. 3211-3231.
4. Lahsen, A. 1982. Upper Cenozoic volcanism and tectonism in the Andean of northern Chile. *Earth Science Review*, Vol.18, p. 285-302.
5. Benjamin, M.T.; Johnson, N.M.; Naeser, C.W. 1987. Recent rapid uplift in the Bolivian Andes: Evidence from fission-track dating. *Geology*, Vol. 15, p. 680-683.
6. Di Biase, F. 1975. Geología del grupo volcánico Mocho-Choshuenco, Provincia de Valdivia, Chile. Memoria de Título. *Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 101 p.
7. Parada, M.A. 1975. Estudio geológico de los alrededores de los lagos Calafquén, Panguipulli y Riñihue, Provincia de Valdivia. Memoria de Título. *Universidad de Chile, Departamento de Geología*, 106 pp.
8. Munizaga, F.; Hervé, F.; Drake, R.; Pankhurst, R.; Brook, M.; Snelling, N. 1988. Geochronology of the Lake Region of south-central Chile (39-42°S): Preliminary results. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 1, p. 309-316.
9. McMillan, N. J. ; Harmon, R. S.; Moorbath, S.; López-Escobar, L.; Strong, D. 1989. Crustal sources involved in continental arc magmatism: A case study of Volcán Mocho-Choshuenco, southern Chile. *Geology*, Vol. 17, p.1152-1156.