



VOLCANISMO NO DIFERENCIADO Y ESTRUCTURAS EXTENSIONALES EN EL VOLCÁN COPAHUE (37°45'S)

E. Polanco¹; J.A. Naranjo²; J.C. Mora³; H. Moreno⁴; A.L. Martín³

1 Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México D.F. edundo@geofisica.unam.mx

2 Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago. jnaranjo@sernageomin.cl

3 Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, UNAM, México D.F.

4 Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS), Servicio Nacional de Geología y Minería, Temuco. hmoreno@sernageomin.cl

INTRODUCCIÓN

El volcán Copahue (37°45'S-71°10'W, 3001 m) es un estratovolcán poligenético activo, andesítico basáltico a andesítico y elongado en la dirección N40°E de 8 x 22 km (Polanco, 2003) que comenzó a edificarse hace 1,2 Ma (Linares *et al.*, 1999) en el borde SW de la Caldera del Agrio¹ del Plioceno Superior-Pleistoceno (Pesce, 1989; Muñoz y Stern, 1988; 1989; Folguera *et al.*, 2002). Se localiza en el segmento central de la Zona Volcánica Sur (37-41,5°S; López *et al.*, 1995; Stern, 2004) en el límite entre Chile y Argentina. En su cima presenta ocho de nueve cráteres alineados en dirección N60°E originados durante la construcción del edificio actual (<400 ka), el más oriental corresponde al cráter activo y almacena en su interior un lago ácido (temperatura y pH variables de 21-54 °C y 0.18-0.30, Varekamp *et al.*, 2001) con actividad fumarólica continua. La última erupción de este volcán ocurrió en el año 2000 y corresponde a una de las más prolongadas (4 meses) y de mayor magnitud (VEI²), que emitió cenizas que cayeron a más de 50 km al SE y su pluma fue detectada a unos 250 km al NNE de su fuente (GVN, 2000; Naranjo y Polanco, 2004).

¹ Esta estructura se ha denominado de distinta forma según los autores. Por ejemplo, Caldera Copahue en Muñoz y Stern (1988), Caldera Cavihue-Copahue en Pesce (1989) y Caldera del Agrio en Polanco (1998; 2003) y Folguera *et al.* (2002) y este trabajo.

VOLCANISMO NO DIFERENCIADO Y ESTRUCTURAS EXTENSIONALES

El arco volcánico cuaternario (*ca.* N10°E) es resultado de la subducción oblicua de las placas de Nazca bajo la Sudamericana (N79°: López *et al.*, 1995) y origina a partir de los 38°S una estructura N-S de más de 1000 km, la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui (Hervé, 1976; 1984; Cembrano y Lavenu, 1997), que corresponde a una falla de rumbo con movimiento principalmente dextral durante el Cuaternario (López *et al.*, 1995; Lavenu y Cembrano, 1999; Cembrano *et al.*, 2000) que controla el emplazamiento de los volcanes (Cembrano y Moreno, 1994; López *et al.*, 1995). Un régimen tectónico transpresivo resultado de la combinación de acortamiento en el arco volcánico y fallamiento de rumbo dextral entre los 37 y 46°S (Cembrano y Moreno, 1994; López *et al.*, 1995) explican el alineamiento de centros eruptivos basálticos asociados a estructuras extensionales de dirección N50-70°E, las que favorecen el ascenso de los magmas con tiempos de residencia cortical cortos (López *et al.*, 1995).

El volcán Copahue está localizado en el borde SW de la Caldera del Agrio, en la intersección de los sistemas de fallas N60°E y N40°W (Folguera y Ramos, 2000; Folguera *et al.*, 2002), lo que favoreció el ascenso relativamente rápido del magma (Polanco, 2003), dando origen a andesitas basálticas y andesitas (entre 53-62% SiO₂) de Alto K consistente con su posición más al este del arco volcánico actual (~20 km; Polanco, 1998, 2003). La presencia de magmas andesíticos basálticos y no basáltico como propone el modelo se explica por la posición más al este del arco, lo que implica que el magma tuvo que atravesar un mayor espesor cortical al ascender, produciéndose fraccionamiento de minerales y probablemente contaminación cortical como sugieren razones cercanas a la unidad de elementos trazas normalizados con valores de la corteza inferior (cifras de Weaver y Tarmey, 1980) para K, La, Ce, Sr, Zr y Ti (Polanco, 2003), aunque trabajos anteriores lo indican como un proceso no significativo en la ZVS (*e.g.* Hickey *et al.*, 1986; Muñoz y Stern, 1988, 1989).

Por su parte, la petrografía está constituida por cristales de piroxeno (2-4% vol.) y olivino (0-2% vol.) y trazas de titanomagnetita (0-1% vol.), lo que reflejan una fuerte similitud litológica consistente con la escasa variación geoquímica (de 9% en sílice), permiten proponer la ocurrencia de andesitas mediante la cristalización fraccionada de plagioclasa, clinopiroxeno y olivino de magmas andesíticos basálticos.

Finalmente, la elongación del edificio en la dirección N40°E (Pleistoceno superior-Holoceno), la forma elongada en la dirección N40°E de la Caldera Copahue entre 0,6 y 0,4 Ma (Thiele *et al.*, 1987; Polanco 1998, 2003), la alineación en dirección N60°E de los cráteres de la cima (Thiele *et al.*, 1987; Delpino y Bermúdez, 1994; Polanco, 1998), probablemente durante el Holoceno y la formación de una pequeña estructura de colapso hacia el este, son consistentes con la dirección NE-SW de estructuras extensionales de un régimen transpresivo (Naranjo y Polanco, 2004).

CONCLUSIONES

Desde hace 1.2 Ma en el sector del volcán Copahue ha imperado un régimen transpresivo que explica por un lado, la elongación N40-60°E del edificio volcánico y de la Caldera Copahue y la alineación de cráteres en su cima (N60°E) y la pequeña estructura de colapso hacia el este durante el Holoceno, y por otro, un volcanismo poco diferenciado caracterizado por andesitas basálticas y andesitas, mientras que las rocas más diferenciadas (riolitas y dacitas?) originadas durante la formación de la Caldera Copahue están relacionadas con la etapa final de la evolución de la Caldera del Agrio (entre 2,5 y 0,4 Ma).

AGRADECIMIENTOS

E. Polanco agradece el apoyo económico al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), Beca de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Esta es una contribución al Proyecto Fondecyt No. 1960186.

REFERENCIAS

- Cembrano, J.; Schermer, E.; Lavenu, A.; Sanhueza, A. 2000. Contrasting nature of deformation along an intra-arc shear zone, the Liquiñe-Ofqui fault zone, southern Chilean Andes. *Tectonophysics*, Vol.319, p.129-149.
- Cembrano, J.; Lavenu, A. 1997. Coeval Transpressional and Transtensional magmatic arc tectonic in the Southern Andes. *In Congreso Geológico de Chile, No.8, Actas*, Vol. 3, p.1613-1616. Antofagasta.
- Cembrano, J.; Moreno, H. 1994. Geometría y naturaleza contrastante del volcanismo Cuaternario entre los 38° S y 46° S: ¿Dominios compresionales y tensionales en un régimen transcurrente? *In Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas*, Vol. 1, p. 240-244. Concepción.
- Delpino, D.; Bermúdez, A. 1994. Volcanismo Post-Glacial en el volcán Copahue (37°45'S) sector argentino. Peligros potenciales asociados. *In Congreso Geológico Chileno, No. 7, Actas*, Vol. 1, p.260-264. Concepción.
- Folguera, A.; Ramos, V. 2000. Control estructural del volcán Copahue (38°S-71°O): implicancias tectónicas para el arco volcánico cuaternario (36°-39°). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol. 53, No. 3, p.229-244.
- Folguera, A.; Ramos, V.; Melnick, D. 2003. Recurrencia en el desarrollo de cuencas de intraarco. Cordillera Neuquina (37°30' - 38°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol.58, No.1, p.3-19.

- Folguera, A.; Melnick, D.; Radic, J., Iaffa, D.; Ramos, V.A. 2002. 37° to 39°S intra-arc basin in the Southern Central Andes-Cenozoic activity of western Neuquén basin. Actas 7° Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. In *Simposio Internacional Interacciones entre los volcanes y sus basamentos y los riesgos geológicos relacionados. Electronic Files*. Santiago.
- Folguera, A.; Ramos, V. 2000. Control estructural del volcán Copahue (38°S-71°O): implicancias tectónicas para el arco volcánico cuaternario (36°-39°). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol. 53, No. 3, p.229-244.
- Global Volcanism Network (GVN). 2000. *Bulletin of the Global Volcanism Network Volcanic Activity Reports*, Vol. 25, No. 6, p.10-14.
- Hervé, M. 1976. Estudio geológico de la falla Liquiñe-Reloncaví en el área de Liquiñe: Antecedentes de un movimiento transcurrente (Provincia de Valdivia). In *Congreso Geológico Chileno*, No.1, Actas, Vol. 1, p.B35-B56. Santiago.
- Hervé, M. 1984. La zona de falla Liquiñe-Ofqui en Liquiñe. *Comunicaciones*, 34, p.101-105.
- Hickey-Vargas, R.L.; Frey, F.A.; Gerlach, D.C.; López-Escobar, L. 1986. Multiple sources for basaltic arc rocks from the Southern Volcanic Zone of the Andes (34°-41°S): Trace element and isotopic evidence for contributions from subducted oceanic crust, mantle and continental crust. *Journal Geophysical Research*, Vol.91, No.6, p. 5963-5983.
- Lavenu, A.; Cembrano, J. 1999b. Compressional and transpressional stress pattern for Pliocene and Quaternary brittle deformation in fore-arc and intra-arc zones (Andes of Central and Southern Chile). *Journal of Structural Geology*, Vol. 21, p. 1669-1691.
- Linares, E.; Osera, H.; Mas, L. 1999. Cronología potasio-argón del Complejo Efusivo Copahue-Caviahue, Provincia de Neuquen. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol. 54, No. 3, p.240-247.
- Muñoz, J.; Stern, C.R. 1988. The quaternary volcanic belt of the southern continental margin of South America: Transverse structural and petrochemical variations across the segment between 38°S and 39°S *Journal of South American Earth Sciences*, Vol.1, No.2, p.147-161.
- Muñoz, J.; Stern, C.R. 1989. Alkaline magmatism within the segment 38-39°S of the Plio-Quaternary volcanic belt of the South American continental margin. *Journal of Geophysical Research*, Vol.94, No.B4, p.4545-4560.
- Naranjo, J.A.; Polanco, E. 2004. The 2000 AD eruption of Copahue Volcano, Southern Andes. *Revista Geológica de Chile*, Vol.31, No.2, p.279-292.
- Polanco, E. 2003. Evolución del volcán Copahue (37°45'S), Andes del Sur. Tesis de Maestría (Inédito), *Instituto de Geofísica, Universidad Autónoma de México (UNAM)*, 90 p. México.
- Polanco, E. 1998. Volcanismo Explosivo Postglacial de la Cuenca del Alto Biobío, Andes del Sur (37°45'-38°30'S). Memoria de Título (Inédito), *Departamento de Geología, Universidad de Chile*, 104 p. Santiago.
- Polanco, E.; Naranjo, J.A.; Young, S.; Moreno, H. 2000. Volcanismo Explosivo Holoceno en la Cuenca del Alto Biobío, Andes del Sur (37°45'-38°30'S). In *Congreso Geológico Chileno*, No. 9, Actas, Vol. 2, p.59-61. Puerto Varas.
- Stern, C.R. 2004. Active Andean volcanism: its geologic and seismic setting. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 31, No. 2, p.161-206.
- Thiele, R., Lahsen, A., Moreno, H., Varela, J., Vergara, M.; Munizaga, F. 1987. Estudio Geológico Regional a Escala 1:100.000 de la hoya superior y curso medio del río Biobío (Inédito). *Empresa Nacional de Electricidad-Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile*. 304 p.
- Varekamp, J.C.; Ouimette, A.P.; Herman, S.W.; Bermúdez, A.; Delpino, D. 2001. Hydrothermal element fluxes from Copahue, Argentina: A 'beehive' volcano in turmoil. *Geology*, Vol. 29, No. 11, p. 1059-1062.
- Weaver, B.L.; Tarney, J. 1984. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. *Nature*, Vol. 310, p.575-577.