



VOLCANISMO BIMODAL POTÁSICO EN REGIMEN EXTENSIONAL DEL CRETÁCICO SUPERIOR-EOCENO EN LA REGIÓN DE EL SALVADOR (26°-27°S), CHILE

Paula C. CORNEJO⁽¹⁾, Constantino MPODOZIS⁽¹⁾ Suzanne. M. KAY⁽²⁾, y Andrew J. TOMLINSON⁽¹⁾

INTRODUCCION

Ocupando gran parte de la depresión central de las regiones de Antofagasta y Atacama (23-26°S), en el Norte de Chile, se encuentran extensos afloramientos de rocas volcánicas del Cretácico superior-Eoceno, generalmente interpretadas como relictos del «Arco Magmático Paleógeno» de los Andes Centrales^{1,2}. Esta asociación volcánica se depositó en forma discordante sobre secuencias sedimentarias y volcánicas jurásico-cretácicas inferiores, de ambiente de intra y tras arco extensional afectadas por un evento de deformación compresiva en el Cretácico superior^{3,4}. Estudios recientes efectuados en la precordillera de Copiapó indican que durante el Cretácico Superior-Paleoceno existió un evento volcánico asociado a la formación de grandes calderas de colapso en ambiente tectónico extensional^{5,6}. Este trabajo expone la estratigrafía volcánica, cronología relativa y características geoquímicas de una parte de este evento volcánico-plutónico, cuyos productos ocupan una gran superficie en la región de El Salvador y La Coipa (Fig.1) y se extiende desde el Cretácico tardío (80 Ma) hasta el Eoceno Inferior (52 Ma).

ESTRATIGRAFIA VOLCANICA

En la región de El Salvador-La Coipa, los productos volcánicos e intrusivos relacionados a este período representan dos eventos discretos de actividad magmática. El más antiguo corresponde a la Secuencia Cerro Los Carneros (80-63 Ma), que se inicia con una sección de tobas riolíticas (edades K-Ar, 80-70 Ma)

intruídas por gabros de olivino y piroxeno; continúa, entre los 70 y 66 Ma, con la efusión de traquibasaltos a traquiandesitas potásicas fluidales, de sanidina y biotita, y culmina con la erupción de niveles piroclásticos (dacitas de anfíbola, 66-63 Ma), intruídos por gabros y monzodioritas de olivino y piroxeno y pórfidos dacíticos (64-60 Ma).

El segundo evento, del Paleoceno-Eoceno inferior (63-52 Ma) agrupa secuencias volcánicas, relacionadas, en parte, con calderas de colapso y domos riolíticos. Gran parte de las rocas asociadas a este evento se incluyen en la Secuencia volcánica Cerro Valiente (63-55 Ma, Fig.1), aflorante al este de la Falla Sierra Castillo^{6,7}, (Fig.1). Está formada por lavas traquibasálticas y traquiandesíticas de clinopiroxeno (\pm olivino o biotita) que alternan o se interdigitan con ignimbritas y lavas riolíticas de alta sílice con sanidina y biotita, extremadamente soldadas hasta reomórficas. Parte de las ignimbritas y tobas se asocian a calderas de colapso (Caldera San Emilio 62-57 Ma) y domos riolíticos fluidales, cuyas fases distales tienen características lávicas (Domo Potrerillos, 60 Ma, Fig.1). La secuencia Cerro Valiente culmina con la emisión de lavas y tobas dacíticas y andesíticas de hornblenda e intrusión de pórfidos monzoníticos (55 Ma).

Al oeste de la falla Sierra Castillo, se emplazaron además, durante el período Paleoceno-Eoceno inferior, varios sistemas de calderas y domos tales como la Caldera El Salvador (60-55 Ma, Fig.1), cuyas facies incluyen ignimbritas riolíticas soldadas, lavas dacíticas de biotita y piroxeno, e intrusiones tardías de pórfidos monzoníticos, y el Domo riolítico Indio Muerto roca de caja del sistema de pórfido cuprífero eocenos de El Salvador. Otras calderas asociadas a grandes volúmenes de ignimbritas riolíticas extremadamente soldadas y probablemente de la misma edad (Calderas de San Pedro de Cachiyuyo y Sierra Banderita) se exponen al suroeste de El Salvador, en la región de Inca de Oro.

(1) Servicio Nacional de Geología y Minería, Casilla 10465, Santiago, Chile.

(2) Department of Geological Sciences, Snee Hall, Cornell University, Ithaca, New York 14853, USA.

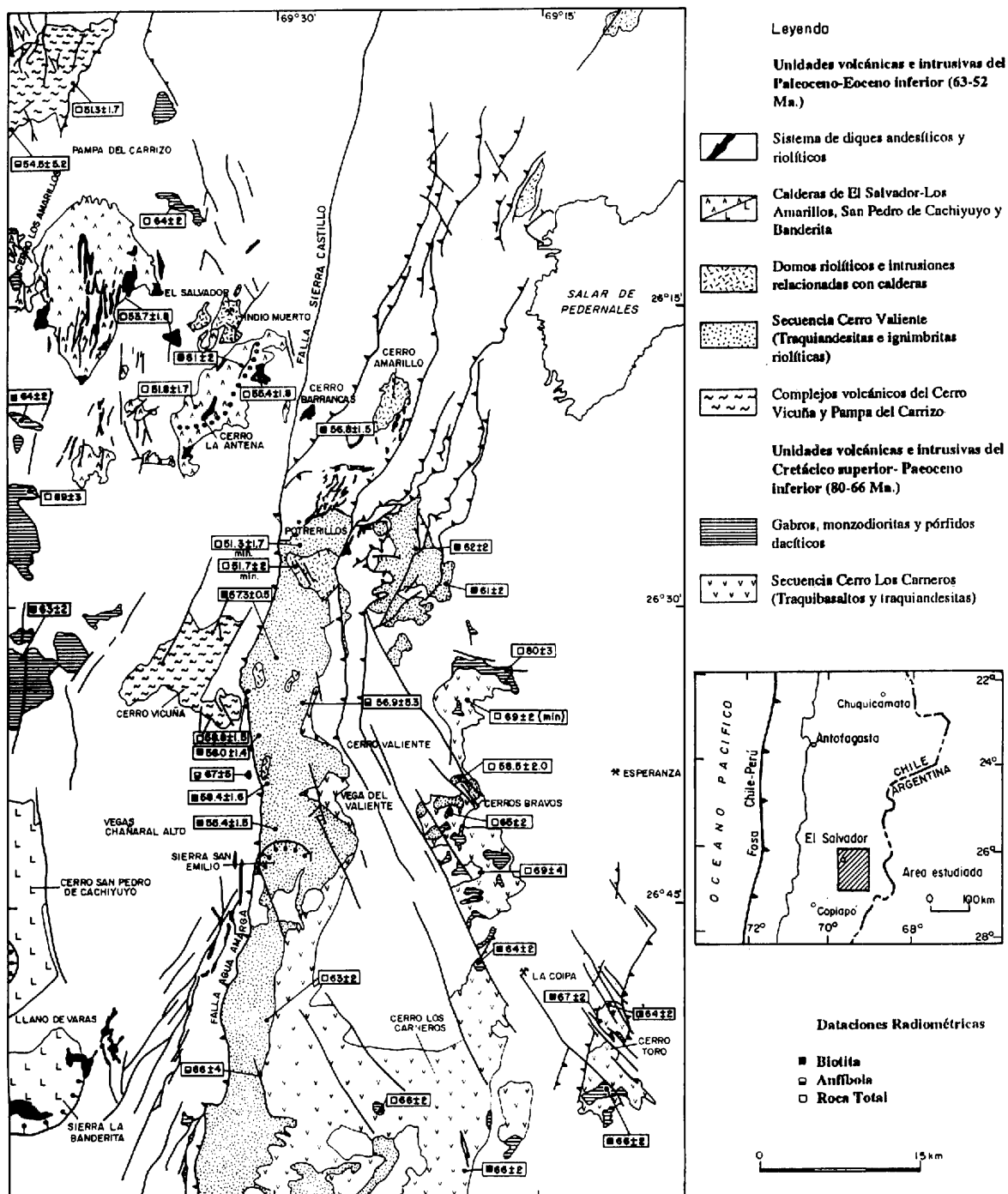
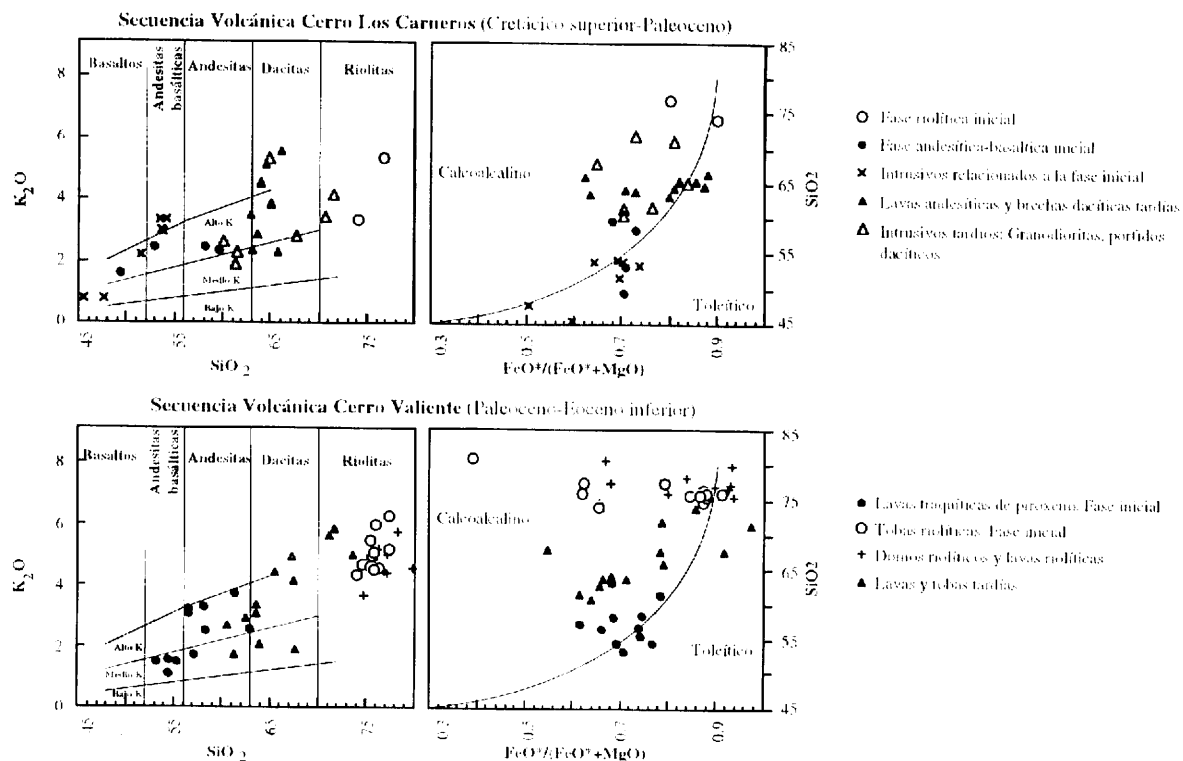


Figura 1: Distribución de las unidades volcánicas e intrusivas del Cretácico superior-Paleoceno inferior (Secuencia Cerro Los Carneros) y del Paleoceno-Eoceno inferior (Secuencia Cerro Valiente y sistemas de Calderas y domos riolíticos de El Salvador y Potrerillos) en la zona comprendida entre El Salvador y La Coipa (26° y 27° S).

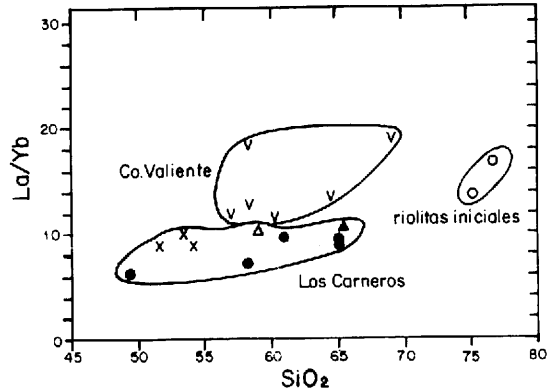
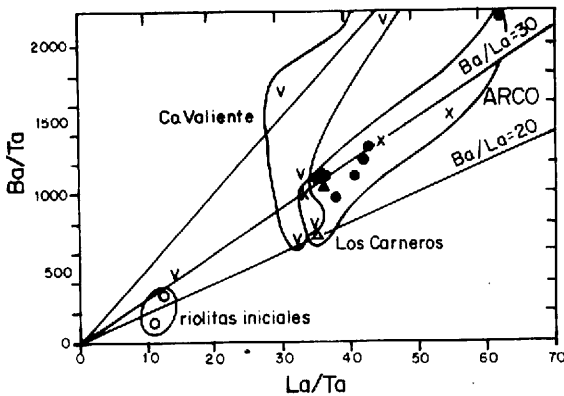


GEOQUIMICA

Ambos grupos (Cretácico superior-Paleoceno y Paleoceno-Eoceno inferior) incluyen rocas de las series calcoalkalina de alto potasio y toleítica. En los diagramas álcalis versus sílice, se observa una notoria dispersión de puntos, a pesar que se tomó la precaución de analizar las rocas más frescas. Sin embargo, la asociación mineralógica con biotita y samidina, ubicua en las traquiandesitas y riolitas, indica que efectivamente las rocas son potásicas. Los dos eventos muestran similares líneas de diferenciación desde términos andesíticos basálticos a riolíticos. El evento Cretácico superior-Paleoceno se inicia con una asociación bimodal de tobas riolíticas de alta sílice (75-77% SiO_2) y traquibasaltos, traquiandesitas, gabros y monzogabros (45-59% SiO_2) seguidos en etapas más tardías, por un gran volumen de traquiandesitas de piroxeno y biotita y tobas dacíticas de hornblenda (62-66% SiO_2) que llenan el gap

composicional inicial. En el evento Paleoceno-Eoceno inferior sucede algo similar, con un gran volumen de traquibasaltos y andesitas (50-58% SiO_2) interdigitados con ignimbritas y domos riolíticos de alta sílice (70-78% SiO_2) al inicio del ciclo, y lavas e intrusivos de composición intermedia (60-66% SiO_2) en las fases más tardías. Ambas suites muestran contenidos relativamente altos de Al_2O_3 , pero las rocas de composición intermedia, que representan las fases tardías, de ambos eventos, están enriquecidas en FeO^* y TiO_2 y empobrecidas en MgO y álcalis, mostrando comportamiento más afín con rocas toleíticas (Fig.2).

En las figuras 3 y 4 se presentan diagramas de la razón Ba/Ta vs La/Ta y La/Yb vs SiO_2 de muestras representativas de las secuencias de Cerro Los Carneros y Cerro Valiente. Ambas presentan afinidades de arco ($La/Ta > 32$; $Ba/Ta > 620$; $Ba/La > 22$). Las muestras del Cretácico superior-Paleoceno de la Secuencia de Cerro Los Carneros, presentan, en general, razones



Figuras 3 y 4: Diagramas Ba/Ta versus La/Ta (izquierda); y La/Yb versus SiO₂ (derecha) para muestra de rocas volcánicas e intrusivas de la Secuencia Los Carneros (Cretácico superior-Paleoceno inferior) y Cerro Valiente (Paleoceno superior-Eoceno inferior) en la zona de La Coipa y El Salvador. (x) intrusivos garbroicos, (o) riolitas iniciales, (●) lavas traquíticas de Los Carneros; y (v) lavas de Cerro Valiente. Explicación en el texto.

parecidas entre sí, con diseños de Tierras Raras normalizados con pendiente moderada ($La/Yb = 6$ a 11) que se hacen más empinados al aumentar el contenido de SiO_2 . Estos datos indican fenómenos de cristalización fraccionada en condiciones de relativa baja presión y una región fuente esencialmente libre de granate. Esos magmas pueden haber evolucionado en una corteza delgada o de espesor normal (<35 km) bajo un régimen tectónico moderadamente extensional. Las lavas del Paleoceno-Eoceno inferior la Secuencia Cerro Valiente son químicamente más variables. Se diferencian de la Secuencia de Cerro Los Carneros por poseer características calcoalcalinas transicionales y diseños más empinados de Tierras Raras ($La/Yb = 11$ a 19). Su geoquímica señala que cristalizaron en condiciones de presión más elevadas y dejaron anfíbola y/o granate residual en la fuente, lo cual es consistente con una corteza ligeramente más gruesa que la existente en el Cretácico superior-Paleoceno. Los contenidos de Tierras Raras de las riolitas ($>75\%$ SiO_2) de la secuencia de Cerro Valiente, por último, son muy diferentes y distintivos, lo que indicaría que pueden derivar de una fuente diferente o haber fraccionado fases accesorias.

DISCUSION

La distribución de los centros volcánicos y la geoquímica de las rocas no corresponde a una asociación típica de «arco volcánico» de margen continental.

Durante este período, grandes calderas de colapso, activas en forma sincrónica con centros de emisión de lavas traquíticas, ocuparon una zona de más 60 km de ancho que ha sido reconocida por lo menos desde la latitud de Vallenar ($28^{\circ}S$)^{5,8,9}, hasta la región de Calama-Sierra Gorda^{2,10,11} ($22^{\circ}-23^{\circ}S$).

Los antecedentes recopilados a la fecha parecen indicar que, probablemente, el magmatismo del Cretácico superior-Eoceno inferior de la región de Atacama represente una asociación magmática sinextensional, similar en muchos aspectos al volcanismo Eoceno del Basin and Range de Nevada¹². Trabajos recientes efectuados en la zona de Copiapo^{4,9,10} han permitido detectar, incluso, fallas normales de alto ángulo que controlaron la formación de las depresiones volcano-tectónicas del Cretácico superior-Paleoceno.

Tal como en el caso del Basin and Range de Nevada, este episodio ocurrió después de una fase mayor de engrosamiento tectónico compresional¹³, aunque la extensión, en el Norte de Chile, aparentemente, nunca parece haber evolucionado hasta los extremos que han sido documentados para la provincia del Basin and Range.

El análisis geoquímico preliminar efectuado en la zona de El Salvador indica que la secuencia del Cretácico superior-Paleoceno no comparte una historia magmática común con aquella del Paleoceno-Eoceno inferior y que ambas representan eventos volcánicos

discretos e independientes. Recientemente se ha podido detectar, en la región de Copiapo⁹, y Sierra Exploradora, al norte de El Salvador¹⁴, la existencia de un importante fase de deformación compresiva intrapaleocena, indicada por una notable discordancia angular entre secuencias volcánicas del Cretácico superior-Paleoceno y las unidades del Paleoceno-Eoceno. Aunque en la zona de Potrerillos-El Salvador esta discordancia regional no se manifieste, los cambios geoquímicos detectados son compatibles con un período de deformación compresiva intrapaleocena asociada a engrosamiento cortical, ocurrido antes de la acumulación de la Secuencia de Cerro Valiente.

Agradecimientos: Este trabajo incluye parte de los resultados de un programa efectuado en la región de El Salvador por el Servicio Nacional de Geología y Minería y financiado por Codelco. La participación de la Dra Kay fue financiada a través del Proyecto Fondecyt (149/92). Los análisis de Tierras Raras y elementos trazas fueron realizados en la Universidad de Cornell. Se presenta como contribución al Proyecto IGCP 345: «Andean Lithospheric Evolution.»

REFERENCIAS

1. Naranjo, J.A., Puig, A., 1984. Hojas Taltal y Chañaral: Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile N° 62-63 (1:250.000) p. 1-140, Santiago.
2. Boric, R., Díaz, F., Makshev, V., 1990. Geología y Yacimientos metalíferos de la Región de Antofagasta: Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín N° 40, p. 1-246, Santiago.
3. Mpodozis, C., Ramos, V. A., 1990. The Andes of Chile and Argentina: Circum Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series, v. 11: 59-90.
4. Mpodozis, C., Allmendinger, R. W., 1993. Extensional tectonics, Cretaceous Andes, northern Chile (27°S): Geological Society of America Bulletin, v. 105, p. 1462-1477.
5. Rivera, O., Mpodozis, C., 1991. Volcanismo explosivo del Terciario inferior en la Precordillera de Copiapó, región de Atacama, Chile: Las Calderas de Lomas Bayas y El Durazno: Congreso Geológico Chileno N° 6, Actas, p. 213-216, Viña del Mar.
6. Cornejo, P., Mpodozis, C., Ramírez, C. F., Tomlinson, A., 1993. Estudio Geológico de la región de El Salvador y Potrerillos: Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO, informe inédito, p. 1-258, Santiago.
7. Tomlinson, A., Mpodozis, C., Cornejo, P., Ramírez, C. F., 1993. Structural Geology of the Sierra Castillo-Agua Amarga Fault System, Precordillera of Chile, El Salvador-Potrerillos: Proceedings, Second International Symposium on Andean Geodynamics, p. 259-262, Oxford, U. K.
8. Arévalo, C., (en prensa). Hoja Los Loros (1:100.000): Documentos de Trabajo, Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago.
9. Arévalo, C., 1994. Extensión cretácica superior paleocena. Volcanismo y sedimentación sin-rift en la Precordillera de Copiapó (27°-28°S). Este congreso.
10. Marinovic, N., Smoje, I., Hervé, M., Mpodozis, C., 1992. Hoja Aguas Blancas, Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile N° 70 (1:250.000), Santiago.
11. Mpodozis, C., Marinovic, C., Smoje, I., 1993. Estudio Geológico-Estructural de la Cordillera de Domeyko entre Sierra Limón Verde y Sierra Mariposas, Región de Antofagasta: Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO, informe interno, p. 1-231, Santiago.
12. Gans, P.B., Mahood, G.A., Schermer, E., 1989. Synextensional magmatism in the Basin and Range Province. A case study from the eastern Great Basin: Geological Society of America, Special Paper 233, p. 1-58.
13. Jones, C.H., Wernicke, B.P., Farmer, G.L., Walker, J.D., Coleman, D.S., McKenna, L.W., Perry, F. V., 1992. Variations across and along a major continental rift: an interdisciplinary study of the Basin and Range Province, western USA: Tectonophysics, 213:57-96.
14. Cornejo, P., Mpodozis, C., Rivera, O., (en prep). Estudio geológico de la región de Sierra Exploradora. Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO.