



**LA MEGACALDERA CARRIZALILLO Y SUS CALDERAS ANIDADAS:
VOLCANISMO SINEXTENSIONAL CRETÁCICO SUPERIOR-TERCIARIO INFERIOR EN LA
PRECORDILLERA DE COPIAPO**

Orlando Rivera H.* y Constantino Mpodozis M.*

INTRODUCCION

Trabajos recientes efectuados en la Precordillera de Copiapó^{1,2,3} permitieron detectar que parte de las unidades volcánicas de la estratigrafía «clásica» de la región, definida principalmente por las formaciones Cerrillos, Hornitos y Cerro La Peineta^{4,5}, representan una asociación de facies volcano-sedimentarias relacionadas a la formación de cuencas extensionales del Cretácico Superior-Paleoceno, que incluyen, dentro de su evolución, sistemas de calderas de colapso. Al sureste de Copiapó, la paleogeografía de este periodo estuvo controlada por la formación de un hemigraben extensional⁶, cuyo relleno lo constituyen secuencias de conglomerados, areniscas rojas, fangolitas y calizas lacustres, cubiertas por un extenso manto de lavas basálticas y traquibasálticas. Con posterioridad, y en parte sobrepuestas a las secuencias de relleno del rift, se desarrolló un sistema de calderas de colapso de pequeño diámetro entre las cuales destacan las calderas Lomas Bayas y El Durazno^{1,3} y, más al norte, las calderas Agua Nueva y Bellavista. Dichas estructuras volcánicas registran gran parte de las etapas de un ciclo de formación de calderas⁷, las cuales pueden ser documentadas tanto por la excelente preservación de las fracturas anulares, como por la presencia de brechas de colapso, tobas de intracaldera, conductos eruptivos, lavas post-colapso, depósitos lacustres e intrusiones resurgentes.

El estudio geológico de la región comprendida entre Quebrada San Miguel, por el norte, y la zona de Lomas Bayas, por el sur, permitió detectar que dichas calderas se ubican al interior de una megaestructura volcano-plutónica que encierra una secuencia de varios miles de metros de espesor de flujos piroclásticos, lavas y sedimentos. El análisis de la asociación de facies volcánicas, sedimentarias e intrusivas, permitió interpretar dicha estructura como una megacaldera de colapso, que se propone denominar **Megacaldera Carrizalillo**, la cual representaría la fase inicial del ciclo de calderas del Paleoceno-Eoceno Inferior y la culminación de un evento de emplazamiento de cuerpos de

magma de dimensiones batolíticas en régimen tectónico extensional⁸. El propósito de esta contribución es dar a conocer las litofacies asociadas a la megaestructura y discutir la evolución volcano-plutónica del sistema dentro de su contexto regional.

MEGACALDERA E INTRUSIVOS COGENÉTICOS

La Megacaldera Carrizalillo se ubica aproximadamente a 50 kilómetros al SE de Copiapó y sus afloramientos se reconocen desde la Quebrada San Miguel, por el norte hasta la zona de Lomas Bayas, por el sur. Presenta forma elíptica elongada en dirección NNE cuyos ejes, mayor y menor, alcanzan una longitud de 58 y 32 kilómetros respectivamente, cubriendo una superficie total aproximada de 1.400 km² (Figura 1).

El rasgo subanular de la Megacaldera Carrizalillo está definido por un anillo intrusivo (Plutón Cabeza de Vaca⁴) de 52 km de longitud y 1-7 kilómetros de ancho, que aflora a lo largo del margen occidental y septentrional de la estructura volcánica. Los márgenes oriental y meridional de la megacaldera aparecen truncados por sendas fallas denominadas respectivamente Falla La Ternera y Falla San Antonio, esta última como posible rama del Sistema de Falla Elisa de Bordes⁹.

El basamento pre-caldera está constituido por ortoconglomerados de la Formación La Ternera¹⁰, reconocidos en el extremo septentrional de la estructura volcánica, donde afloran como bloques dislocados de megabrecha y como roof pendant del intrusivo anular.

El ciclo de formación de la Megacaldera Carrizalillo comenzó en el Cretácico Superior-Paleoceno con la edificación de un campo de estratovolcanes de composición intermedia a básica, que rellenaron la depresión volcano-tectónica producida durante el desarrollo simultáneo de una cuenca extensional de hemigraben (Cuenca Hornitos⁶). La unidad formada durante esta etapa comprende una potente secuencia de basaltos y traquibasaltos de piroxeno y olivino (48-52% SiO₂; 3,5-5,5% Na₂O+K₂O), además de intercalaciones volcanoclasticas de areniscas gruesas y conglomerados tobáceos (Lavas de Sierra La Dichosa⁹). Dicha secuencia se reconoce a lo largo del margen externo del Plutón Cabeza de Vaca y como parte del basamento de las

*Servicio Nacional de Geología y Minería, Avenida Santa María 0104, Santiago, Chile.

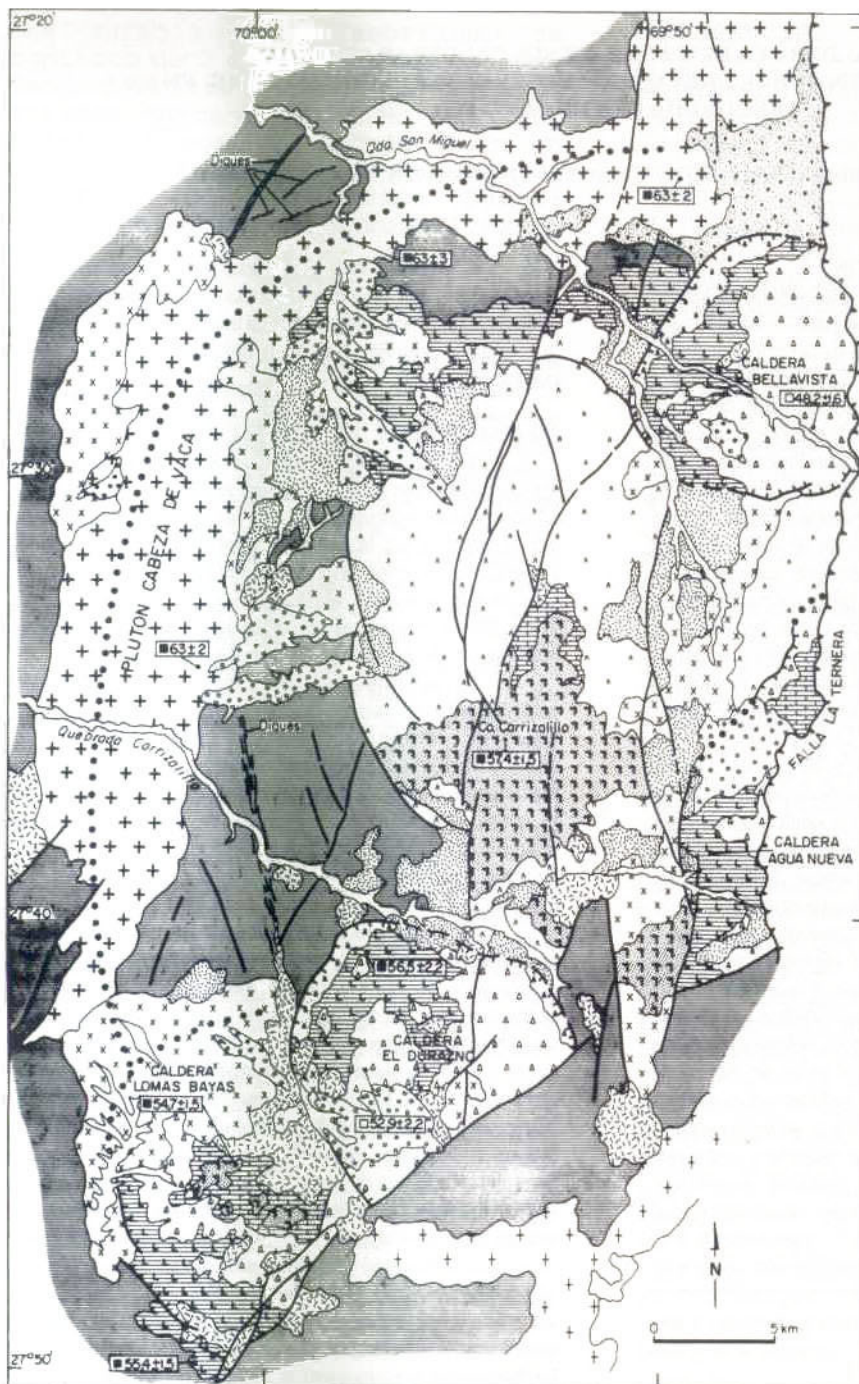


Fig.1 Megacaldera Carrizalillo y calderas anidadas Agua Nueva, Bellavista, El Durazno y Lomas Bayas

LEYENDA

Sedimentos aluviales y coluviales
(Cuaternario)
Gravas de Asacoa
(Mioceno Medio)

Rocas Intrusivas del Eoceno Medio

+ + Pórfidos dacíticos, granodioritas y dioritas

Complejo Volcánico-Plutónico del Paleoceno: Eoceno Inferior

Magnetismo resurgente del sistema de calderas

+ + Plutón Cabeza de Vaca
Granitos, granodioritas y tonalitas
asociadas a Megacaldera Carrizalillo
x x Stocka de Quebrada Martínez, Quebrada
Copomas, Cerro Colorado y La Presidenta
Monzonitas, dioritas y gabros asociados a
calderas anidadas

Litofacies asociadas al desarrollo de la Megacaldera
Carrizalillo (53-63 m.a.) y las calderas anidadas
Agua Nueva, Bellavista, El Durazno y Lomas Bayas
(28-62 m.a.)

Domos riolíticos y depósitos de teñin
asociados

Volcanismo Explosivo Post-Colapso
Tobas pumiceas esufáticas, tobas
cristalinas, raolignimbritas e
intercolaciones de lavas dacíticas

Sedimentación Intracaldera
Calizas estromatolíticas, lutitas,
volcanoclastas tobáceas e intercalaciones de
chert

(a) Volcanismo Léxico Post-Colapso
(b) Megacaldera Carrizalillo: dacitas,
andesitas, traquitas, traquanditas y
depósitos volcanoclasticos (b) Calderas
anidadas: andesitas, traquanditas,
traquimbritas basálticas y depósitos de
bloques y cenizas de similar composición

Colapso
Tobas pumiceas esufáticas, tobas lito-
pumiceas, virífiras, conductos eruptivos
(vema) y masobrecas de colapso

Volcanismo Pre-Colapso
Tobas de flujo, tobas de colada, fajas de
oleada piroclásticas (murga) y lavas
traquandíticas constituyendo depósitos
de megabrecas de colapso

Resurgimiento Mio-Cenozoico

Lavas de Sierra La Dichosa
Andesitas, traquandesitas, basaltos y
traquibasaltos
(Cretácico Superior-Paleoceno)

Formación La Ternera
(Triásico Superior)

Simbología

Borde de Caldera

Alaración Hidrotermal

Dataciones Radiométricas K/Ar

Biotita

Rocas Total

unidades asociadas al colapso de la megaestructura volcánica.

El ascenso premonitorio de magma que alimentó el volcanismo pre-colapso y favoreció el desarrollo de fracturas anulares⁷, culminó con la formación de un cuerpo magmático de dimensiones batolíticas a partir del cual se erupcionaron grandes volúmenes de piroclastos durante el colapso de la Megacaldera Carrizalillo. Dicho evento se encuentra registrado por la acumulación de al menos 900 metros de tobas de flujo pumiceo-cristalinas de composición riolítica (72-75% SiO₂; 8,5-8,9% Na₂O+K₂O) formadas por abundantes fiammes desvitrificadas con razones de aplastamiento superiores a 20:1 y fragmentos de cristales de sanidina, las cuales afloran de manera continua en el extremo septentrional de la estructura, desde el margen interno del anillo intrusivo hasta la Caldera Bellavista. La gran homogeneidad de la unidad, así como la ausencia casi total de fragmentos líticos accesorios, que contrasta con la presencia de fragmentos líticos cogenéticos, puede ser vista como la depositación intracaldera de uno o muchos flujos piroclásticos que fueron erupcionados y emplazados rápidamente, como consecuencia de la evacuación parcial, ininterrumpida y casi instantánea de los niveles superiores vesiculados de la cámara magmática, en respuesta a la ruptura del techo de la misma a lo largo de la fractura anular utilizada por el Plutón Cabeza de Vaca al momento de la resurgencia.

El colapso de la Megacaldera Carrizalillo culminó con la restauración parcial de la presión dentro de la cámara magmática debido a un ascenso adicional de magma desde reservorios profundos⁷, dando inicio a la etapa de volcanismo post-colapso. Este evento se encuentra documentado por la acumulación, directamente sobre las tobas asociadas al colapso de la megaestructura, de aproximadamente 500 metros de lavas dacíticas en la base (63-67% SiO₂; 6,7-7,5% Na₂O+K₂O), las cuales gradan hacia composiciones andesíticas y traquiandesíticas en el techo (58-62% SiO₂; 5,6-9,1% Na₂O+K₂O), indicando que dicha secuencia eruptiva es el resultado del vaciado sistemático de los niveles progresivamente más profundos de una cámara magmática zonada¹¹. Las lavas del volcanismo post-colapso se reconocen en el sector central de la Megacaldera Carrizalillo donde se interdigitan con aproximadamente 70 metros de depósitos lacustres compuestos de calizas, areniscas finamente laminadas, volcanoruditas tobáceas e intercalaciones de chert, característicos de la etapa de sedimentación intracaldera de un ciclo de caldera de colapso.

El reabastecimiento de magma durante el volcanismo post-colapso fue de tal envergadura que permitió la reanudación del volcanismo explosivo, y posiblemente de un nuevo evento de colapso, cuya manifestación se reconoce en el centro de la Megacaldera Carrizalillo como una potente secuencia de 1.100 metros de espesor que incluye, en la base, niveles delgados de tobas de caída, flujos de oleada piroclástica y tobas de flujo de pómez, evidenciando el desarrollo cíclico

y el colapso intermitente de columnas eruptivas plinianas. Hacia el techo de la secuencia se reconocen, principalmente, bancos macizos de tobas lítico-pumiceas soldadas de entre 20 y 30 metros de potencia, con intercalaciones de lavas traquíticas, culminando con una reoinimbrita eutaxítica de biotita de composición riolítica a dacítica (66-72% SiO₂; 7,1-9,2% Na₂O+K₂O) de más de 100 metros de espesor. Las texturas de reomorfismo de estas tobas indican un sentido de movimiento desde el oeste, sugiriendo que los conductos evacuadores de los productos volcánicos se ubicaron en el sector occidental de la megacaldera, posiblemente sobre la traza de la fractura anular³.

Los intrusivos asociados a este complejo volcano-plutónico afloran, generalmente, como cuerpos elongados a lo largo de las fracturas anulares del sistema de calderas de colapso, incluyendo desde pórfidos riolíticos hasta gabros. En efecto, el Plutón Cabeza de Vaca es un cuerpo de forma subanular, formado por pórfidos graníticos, granitos, granodioritas y monzonitas (61-73% SiO₂; 6,4-7,9% Na₂O+K₂O), que intruyen a conglomerados del basamento pre-caldera, lavas del volcanismo premonitorio y tobas asociadas al colapso de la Megacaldera Carrizalillo, mostrando contactos transicionales desde paredes abruptas, en el margen occidental, a un techo plano, en el margen septentrional, sin involucrar deformación de las rocas de caja. En base a relaciones similares a las descritas, Myers¹² propone que los plutones del Batolito de la Costa del Perú fueron emplazados por un mecanismo de subsidencia de calderas. De la misma manera, las relaciones de contacto del Plutón Cabeza de Vaca, la forma subanular de éste, y su estrecha relación espacial y temporal (Tabla N°1) con extensos depósitos de lavas y flujos piroclásticos, permiten sugerir que dicho cuerpo se emplazó, al momento de la resurgencia, aprovechando la fractura anular formada durante el colapso de la Megacaldera Carrizalillo.

La intrusión-resurgencia⁸ del Plutón Cabeza de Vaca se pudo verificar por un proceso combinado de detumescencia regional, que comprime la cámara y exprime magma hacia arriba contra y a través del bloque de caldera inmediatamente después del colapso; y de aumento de la presión contra la base de la megaestructura debido a la adición de nuevo magma, cuya manifestación superficial es la instauración del volcanismo post-colapso.

Las facies más básicas de los intrusivos cogenéticos del sistema de calderas, afloran como stocks resurgentes a lo largo de los márgenes de las calderas Lomas Bayas (Stock La Presidenta³), Agua Nueva (Stock de Cerro Colorado³) y Bellavista (Stock de Quebrada Cepones), y como cuerpos de pequeño tamaño en el centro de la Caldera El Durazno y en el sector noroccidental de la Megacaldera Carrizalillo, donde intruyen a las tobas asociadas al colapso principal. Composicionalmente, dichos cuerpos corresponden a monzonitas, dioritas y gabros (50-56% SiO₂; 5,1-9,7 N₂O

Tabla N° 1 : Edades Radiométricas K/Ar del Sistema de Calderas

Idiomas N°	Caldera	Evento	Roca	Material	Edad m.a.	Referencia		
Z 207	Carrizalillo	Volcanismo Premonitorio	Andesita	Roca Total	57,2 ± 1,8	13		
CV 255			Andesita	Roca Total	62 ± 2	9		
CV 280			Lavas domo	Plagioclasas	65 ± 3	9		
SH 21			Granodiorita	Biotita	59,1 ± 0,9	14		
SH 44		Fenomeno Reemergente		Cuarndiorita	Biotita	60,4 ± 2,1	14	
SH 32				Granodiorita	Biotita	60,8 ± 2,1	14	
RC 342				Granodiorita	Biotita	63 ± 2	Este trabajo	
RC 345				Granodiorita	Biotita	63 ± 3	Este trabajo	
RC 371				Granodiorita	Biotita	63 ± 2	Este trabajo	
RC 366				Volcanismo Post-Colapso		Andesita	Roca Total	51,5 ± 2,1
RC 354		Racognimbrita	Roca Total			53,6 ± 1,8	Este trabajo	
68:116		Ignimbrita	Biotita			55 ± 2	5	
RC 354		Racognimbrita	Biotita			57,4 ± 1,5	Este trabajo	
Z 776		Lomas Bayas	Colapso			Ignimbrita	Biotita	54,3 ± 1,8
RC 134	Toba pumicea					Biotita	55,4 ± 1,5	3
RC 252	Toba de cristales		Plagioclasas	56,8 ± 2,1	3			
Z 588	Ignimbrita		Biotita	61,8 ± 2,1	13			
RC 251	Toba pumicea		Biotita	62 ± 2	3			
RC 142	Tobas Post-Colapso		Toba suxtáfica	Biotita	54,7 ± 1,5	3		
RC 154			Toba pumicea	Biotita	56,5 ± 1,8	3		
RC 225			Porfido riolítico	Biotita	61 ± 2	3		
RC 239			Diques riolítico	Biotita	60 ± 2	3		
RC 257	El Durazno		Colapso	Vidriero	Plagioclasas	56,5 ± 2,2	3	
RC 168		Lavas Post-Colapso	Traquiandesita	Roca Total	52,9 ± 2,2	3		
RC199		Intrusiones Intracaldera	Porfido riolítico	Biotita	57,7 ± 1,5	3		
RC 121	Bellavista	Lavas Post-Colapso	Traquita	Roca Total	48,2 ± 1,6	Este trabajo		

+ K₂O) los cuales son intruidos por enjambres de diques y domos ácidos, cuya manifestación más importante se observa en la zona de anidamiento de las calderas El Durazno y Lomas Bayas, donde forman un sistema de domos riolíticos coalescentes.

CALDERAS ANIDADAS

El basamento del sistema de calderas anidadas corresponde a la secuencia de relleno de la Megacaldera Carrizalillo que incluye, principalmente, lavas y brechas del volcanismo premonitorio y tobas asociadas al colapso de la megaestructura. De sur a norte las calderas reconocidas son Lomas Bayas, El Durazno, Agua Nueva y Bellavista. La Caldera Lomas Bayas expone íntegramente el basamento pre-caldera, la estructura del margen de colapso y la secuencia intracaldera. Alcanza un diámetro aproximado de 13 km y su forma subcircular está controlada por un sistema de fallas normales de alto ángulo, inclinadas hacia el centro de la caldera, que se caracterizan por su escasa longitud y su rumbo variable, definiendo una estructura de colapso de traza poligonal. La secuencia de relleno de intracaldera está formada, desde la base hacia el techo, por depósitos lenticulares de mesobrechas adosadas al margen estructural; un depósito homogéneo de a lo menos 400 m de tobas pumíceas moderada a íntensamente soldadas, evacuadas como consecuencia del colapso de la caldera; entre 150 y 200 m de traquiandesitas porfíricas de augita (62-63% SiO₂, 7,9-8,2% Na₂O + K₂O), con intercalaciones de depósitos de bloques y cenizas, características del volcanismo post-colapso; un depósito lacustre de aproximadamente 80 metros de espesor, compuesto por una alternancia de calizas micríticas, tufitas arenosas y limonitas calcáreas con

abundantes estructuras sinsedimentarias, de la etapa de sedimentación intracaldera; y un depósito macizo de 150 m de espesor de tobas pumíceas eutaxíticas con características de flujo reomórfico, asociadas a la reactivación del volcanismo explosivo, como resultado del emplazamiento de un campo de domos coalescentes en la zona de anidamiento con la Caldera El Durazno.

La Caldera El Durazno se caracteriza por la presencia de una fractura anular que describe un semiarco de circunferencia de aproximadamente 12 km de diámetro y se anida a lo largo del margen nororiental de la Caldera Lomas Bayas. La secuencia de relleno de intracaldera está formada, de base a techo, por bloques de megabrecha de centenares de metros de longitud, rotados hacia el centro de la estructura, los cuales exponen una secuencia

de 100 a 350 m de bancos delgados de traquiandesitas, dacitas, tufitas y tobas de caída y de flujo piroclástico, correspondientes a los distintos ciclos eruptivos que antecedieron al colapso definitivo de la caldera El Durazno; lentes de mesobrechas apoyadas contra los bloques formados durante el volcanismo pre-colapso e incorporados a la estructura durante el colapso de la misma; un depósito homogéneo de aproximadamente 800 metros de espesor de tobas pumíceas eutaxíticas, que gradan hacia tobas lífco pumíceas en el centro de la estructura, eruptadas como consecuencia de la ruptura del techo de la cámara a lo largo de la fractura anular; y, finalmente, una secuencia de 400 o 500 m de lavas riolíticas y dacíticas en la base, que gradan hacia composiciones traquiandesíticas en el techo, asociados al volcanismo post colapso.

La Caldera Agua Nueva se ubica al NE de la caldera El Durazno y expone, al igual que ésta, facies asociadas al colapso y el volcanismo post-colapso de la estructura. El rasgo más notable de la Caldera Agua Nueva lo constituyen los depósitos de megabrechas, que a diferencia de aquellas sí muestran su naturaleza fragmental. Dicho depósito está formado por bloques de reognimbritas de hasta 50 m de diámetro, correspondientes al volcanismo explosivo post-colapso de la Megacaldera Carrizalillo, incluidas en una matriz de tobas lífco-pumíceas soldadas, indicando que el depósito se formó durante el colapso de la caldera.

La Caldera Bellavista está definida por la traza de la fractura anular que describe un arco de circunferencia de aproximadamente 12 km de diámetro y encierra una asociación de facies similar a las descritas anteriormente. En el margen occidental de la estructura se reconocen bancos de traquiandesitas formando parte de bloques rotados del

del volcanismo pre-colapso, además de lentes de mesobrechas adosadas al margen estructural. Hacia el centro de la caldera se reconocen aproximadamente 600 m de tobas pumiceas soldadas constituidas por numerosos fragmentos líticos cogenéticos de monzonita porfírica, los cuales son interpretados como "salpicaduras" de magma formadas como resultado del colapso de bloques dentro de la cámara.

La formación del sistema de calderas anidadas indica una evolución de la geometría de los cuerpos subcuaternaria desde una gran cámara magmática que dió origen a la Megacaldera Carrizalillo, hacia cámaras de menor diámetro más cercanas a la superficie y, posiblemente, conectadas con aquella, que dieron origen a las calderas Lomas Bayas, El Durazno, Agua Nueva y Bellavista.

DISCUSION

La zona estudiada representa una asociación de unidades volcánicas e intrusivas, de edad Cretácico Superior-Eoceno Inferior, que incluye la presencia de pórfidos y stocks de gabros, dioritas, monzonitas, granodioritas y granitos, domos riolíticos, enjambres de diques ácidos, ignimbritas, mega y mesobrechas, lavas traquiandesíticas y traquibasálticas, facies de conductos eruptivos y sedimentos lacustres, cuya organización espacial, controlada por fallas normales y fracturas anulares, indica que son los productos de un evento volcánico-plutónico asociado al emplazamiento de la Megacaldera Carrizalillo y de las calderas anidadas El Durazno, Lomas Bayas, Bellavista y Agua Nueva. El estilo de convergencia entre las placas Farallón y Sudamericana durante este período¹⁵, indujo la formación de un ambiente de transtensión dextral^{3,16} el cual habría favorecido el desarrollo de una cuenca tipo pull-apart en un puente extensional¹⁷ formado por dos ramas del sistema de fallas dextrales¹⁶, y el ascenso de magmas a niveles corticales superiores¹⁸ donde se acumulan para constituir las cámaras magmáticas que dan origen a campos de calderas y sus intrusivos cogenéticos⁸. Las tendencias geoquímicas de las unidades descritas evolucionan desde gabro-basalto a granitioriolita dentro de series calcoalcalinas de alto K, indicando que el magmatismo de este sector de la Precordillera de Copiapó representa una asociación magmática suextensional^{3,19}, similar a la documentada en el Basin and Range²⁰ de Nevada.

Agradecimientos: Este trabajo forma parte del Proyecto Hoja Copiapó del SERNAGEOMIN. Ma. Francisca Falcón y Carlos Arévalo revisaron críticamente el manuscrito.

REFERENCIAS

1. Rivera, O. y 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. VI Cong. Geol. Chile, Actas, p. 213-216. Viena del Mar. *idc*
2. Mpodozis, C. y Allmendinger, R., 1992. Extensión cretácica a gran escala

- en el Norte de Chile (Puquios Sierra de Fraga, 27°S): significado para la evolución tectónica de Los Andes. Rev. Geol. Chile. v. 19, N°2, p. 167-197.
3. Rivera, O., 1992. El complejo volcánico-plutónico Paleoceno-Eoceno del Cerro Durazno Alto: Las calderas El Durazno y Lomas Bayas, Región de Atacama, Chile. Tesis. Departamento de Geología, U. de Chile. 242p.
4. Segerstrom, K. 1968. Cuadrángulo Cerrillos. Geología de las Hojas Copiapó y Ojos del Salado. I.L.G., Boletín N°24, 58p., Santiago.
5. Mortimer, C., 1973. The Cenozoic history of the Southern Atacama Desert, Chile. Journal of the Geol. Soc. of London, Vol. 129, N°5, p.505-526.
6. Arévalo, C. 1994. La Cuenca Hornitos: un hemigraben extensional del Cretácico superior - Paleoceno inferior en la Precordillera de Copiapó. Este Congreso.
7. Lipman, P.W., 1984. The roots of ash flow calderas in Western North America: windows into the tops of granitic batholiths. Journal of Geophysical Research, Vol. 89, N°B10, p. 8801-8841.
8. Lipman, P.W., 1988. Evolution of silicic magma in the uppercrust: the mid-Tertiary Latir volcanic field and its cogenetic granitic batholith, northern New Mexico, U.S.A. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences, Vol. 79, p.265-288.
9. Arévalo, C., 1994. Mapa Geológico de la Hoja Los Loros (1:100.000), Región de Atacama. SERNAGEOMIN, Documentos de Trabajo N°6, Santiago.
10. Bruggen, J., 1950. Fundamentos de la Geología de Chile, I.G.M., 365 p.
11. Hildreth, W., 1981. Gradients in silicic magma chambers: implications for lithospheric magmatism. Journal of Geophysical Research Vol. 86, N°B11, p.10153-10192.
12. Myer, J.S., 1975. Cauldron subsidence and fluidization: Mechanism of intrusion of the Coastal Batholith of Peru into its own volcanic ejecta. G.S.A., V86, p.1209-1220.
13. Zentilli, M., 1974. Geological evolution and metallogenic relationships in the Andes of Northern Chile between 26° to 29° L.S. PhD. Thesis, Queen's University, 446p., Kingston.
14. Farrar, E., Clark, A.H., Haynes, S.J., Quirt, G.S., Conn, H. y Zentilli, M., 1970. K/Ar evidence for the post-Paleozoic migration of granitic intrusion foci in the Andes of Northern Chile. Earth and Planet. Sci. Lett, Vol. 10, N°1, p.60-66.
15. Pardo-Casas, F. y Molnar, P., 1987. Relative motion of the Nazca (Farallón) and South American plates since late cretaceous time. Tectonics, Vol. 6, N°3, p.233-248.
16. Arévalo, C., Rivera, O., Iriarte, S., y Mpodozis, C., 1994. Cuencas extensionales y campos de calderas del Cretácico Superior - Terciario Inferior en la Precordillera de Copiapó (27°-28°L.S.), Chile. Este Congreso.
17. Tikoff, B., y Teyssier, C., 1992. Crustal-scale, en echelon "P-shear" tensional bridges: A possible solution to the batholithic room problem. Geology, v.20, p.927-930.
18. Glazner, A.F., 1991. Plutonism, oblique subduction, and continental growth: An example from the Mesozoic of California. Geology, Vol. 19, p.784-786.
19. Gans, P.B., Mahood, G.A., Scherner, E. 1989. Synextensional magmatism in the Basin and Range Province: A case study from the eastern Great Basin. G.S.A., Special Paper 233, 53p.
20. Comejo, P.C., Mpodozis, C., Kay, S.M., Tomlinson, A.J., 1994. Volcanismo bimodal potásico en régimen extensional del Cretácico Superior-Eoceno en la región de El Salvador (26°-27°), Chile. Este Congreso.