



Nuevos antecedentes para la geología del complejo volcánico Maipo-Diamante, Andes del Sur

Gabriel Orozco*¹, Francisco Garcés², Gabriela Jara¹, Luis E. Lara¹

(1) Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Servicio Nacional de Geología y Minería, Chile

(2) Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Concepción, Chile

* email: gabriel.orozco@sernageomin.cl

Resumen: En esta contribución se reportan nuevos antecedentes cronológicos y petrológicos tanto para las secciones basal e intermedia del volcán Maipo como para el volcán Don Casimiro, emplazado en el borde sur de la caldera Diamante, en las nacientes del río Maipo. Sobre la base de estas evidencias, se discute la posible correlación genética previamente propuesta entre ambos centros volcánicos, de emplazamiento simultáneo durante la etapa inicial del volcán Maipo. El análisis geoquímico en elementos mayores y trazas indica diferencias entre los centros, sugiriendo una tendencia a la menor diferenciación magmática en el volcán Casimiro, con lo que se desestima la posibilidad de un alimentador común para estos centros volcánicos vecinos.

Palabras Clave: Volcán Maipo, Volcán Don Casimiro, Petrografía, Geoquímica, Caldera Diamante.

1. Antecedentes generales

El complejo volcánico Maipo-Diamante se encuentra conformado por los volcanes Maipo y Don Casimiro, ambos construidos en la región de emplazamiento de la caldera Diamante, en la cordillera principal de Los Andes Chileno-Argentinos, a los 34,2° de latitud sur. Actualmente, el complejo volcánico Maipo-Diamante posee un mayor control geológico en el sector este (Sruoga et al., 2012), mientras que el volcán Casimiro no posee estudios de mayor detalle tras el reporte de su descubrimiento (Charrier, 1979), salvo un estudio petrológico regional (Hickey et al., 1986; Holm et al., 2014).

1.1. Caldera Diamante

La caldera Diamante, de unos 15 km de diámetro, se habría generado a los 450 ka (Stern et al., 1984) o bien más recientemente a los 150 ka (Lara et al., 2008) en un evento relacionado con la emisión de una ignimbrita de alto volumen y movilidad (hasta 150 km de la fuente y 260 km³; Stern et al., 1984; Troncoso, 2012). Tras este evento, habría ocurrido un período de reposo previo a la reanudación del volcanismo en los centros eruptivos post caldera. Vestigios del volcanismo pre caldera Diamante han sido reconocidos en sus bordes, sin que exista hasta el momento un control exacto de su edad absoluta.

1.2. Volcán Maipo

El volcán Maipo corresponde a un estratovolcán compuesto, con una altitud de 5.260 m s.n.m., localizado en la frontera con Argentina, en la comuna de San José de

Maipo, provincia Cordillera por el lado chileno y al departamento de San Carlos, provincia de Mendoza en Argentina. Estudios en el lado argentino indican una secuencia estratigráfica de al menos siete unidades principales, cuatro de ellas de edad preglacial, y tres de edad postglacial (Sruoga et al., 2005; 2012). Las edades varían entre 86 ka (⁴⁰Ar/³⁹Ar en roca total) para la primera etapa de desarrollo y el período histórico para la más reciente. Los productos emitidos corresponden a lavas y flujos piroclásticos, los que dan cuenta de una historia eruptiva con alternancia de episodios explosivos y efusivos (Sruoga & Feineman, 2009). Respecto a la evolución del volcán Maipo, trabajos anteriores sugieren una tendencia hacia grados más elevados de diferenciación magmática, además de vestigios de recurrente actividad explosiva a partir de los 40 ka (Sruoga et al., 2005; Sruoga y Feineman, 2009).

1.3. Volcán Casimiro

El volcán Casimiro corresponde a un pequeño estratovolcán emplazado en el curso superior del río Maipo, en el borde SW de la caldera Diamante. Con una serie de coladas relativamente bien preservadas que se han derramado hacia un nivel previo del valle del río Maipo, unos 50 a 100 m por sobre el nivel presente, actualmente todas las coladas se exhiben colgadas, formando una pronunciada corniza en la ladera SW del valle. Solamente una colada basal, que presenta un intenso diaclasamiento columnar, y un depósito de flujo de escorias más reciente alcanzan el fondo del valle. Según el reporte original de Charrier (1979), estas lavas corresponden a andesitas levemente porfíricas con labradorita y ortopiroxeno, además de escaso clinopiroxeno, olivino y minerales opacos. Debido a su cercanía, se ha sugerido algún grado de relación genética con el volcán Maipo, y en base a sus evidencias morfológicas y texturales, se le ha asignado una edad preglacial (Charrier, 1979), mientras que a partir de su grado de erosión, Sruoga et al. (2012) tentativamente correlacionaron temporalmente la actividad del volcán Casimiro con las etapas finales del ciclo preglacial del volcán Maipo, cerca de los 28 ka.

2. Metodología

El estudio comprende una campaña de helicóptero en el mes de enero del año 2012, junto a una campaña de acceso terrestre efectuada el verano de 2015, con el objetivo de efectuar un muestreo general de los depósitos, además de

refinar la estratigrafía y cartografía en el segmento chileno del volcán, en función de proyectos para la evaluación regional de los peligros volcánicos del sector meridional de la Zona Volcánica Sur de los Andes (NSVZ; Orozco *et al.*, 2013), y en la confección de la cartografía geológica para el conjunto volcánico del presente reporte. Se describe un total de 19 muestras de roca provenientes de las secuencias basal e intermedia de la ladera chilena del volcán Maipo, como del volcán Don Casimiro. Con éstas se realizan secciones delgadas para descripción petrográfica, análisis químicos y dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en los laboratorios de Sernageomin. Preliminarmente se reportan los resultados de las secciones delgadas, además de los resultados de tres dataciones y seis análisis químicos.

3. Nuevos antecedentes

3.1. Petrografía

Las lavas de la etapa temprana del volcán Maipo exhiben típicamente una textura porfídica, con un 26% de fenocristales, y una masa fundamental de textura afanítica, mientras que los niveles intermedios del paquete de las lavas basales muestreadas, manifiestan un porcentaje de vesículas en torno al 10%. Entre los fenocristales domina la plagioclasa, con una abundancia del 16% y de tamaño promedio de ca. 0,6 mm, las que en algunos casos exhiben texturas de desequilibrio tipo “sieve”. Además, se observan fenocristales de clinopiroxeno de tamaño promedio de ca. 0,4 mm. Ocasionalmente se reconocen minerales accesorios como ortopiroxeno y olivino, además de cantidades menores de apatito, y calcitas. Los minerales opacos no superan el 3%. Por su parte, el volcán Casimiro presenta una mineralogía compuesta por fenocristales de plagioclasas, con un tamaño cercano a los 0,6 mm, seguido de cristales euhedrales y subeuhedrales de olivino de un tamaño entorno a los 0,4 mm, y que tienen una abundancia del 7%. Los cristales de clinopiroxeno son más escasos, y no es posible observarlos en todas las rocas, como sí ocurre con las lavas del Volcán Maipo.

3.2. Geoquímica

Preliminarmente, las rocas del volcán Don Casimiro, exhiben un contenido de SiO_2 en un rango entre los 54 a 55% y porcentaje de álcalis en torno al 5 wt%, clasificadas como andesitas basálticas. Las lavas del volcán Maipo exhiben un contenido de SiO_2 de 57% y un contenido de álcalis de 6% para su etapa basal, por lo que se clasifican como traquiandesitas, mientras, para su etapa intermedia exhiben un contenido de SiO_2 de entre 58 y 65% y un contenido de álcalis entre 6 y 7 wt%, por lo que se clasifican en el rango de las andesitas y traquidacitas (Figura 1). En el diagrama de spider o multielementos utilizado en tierras raras, ambos centros eruptivos presentan un enriquecimiento en elementos livianos y un empobrecimiento en los elementos más pesados, lo que indicaría bajas tasas de fusión parcial, mientras que la anomalía negativa de Eu, que indicaría fraccionamiento de

plagioclasa, está ausente en el volcán Casimiro y la etapa basal del volcán Maipo, mientras que se aprecia su aparición para la etapa intermedia del volcán Maipo (Figura 2).

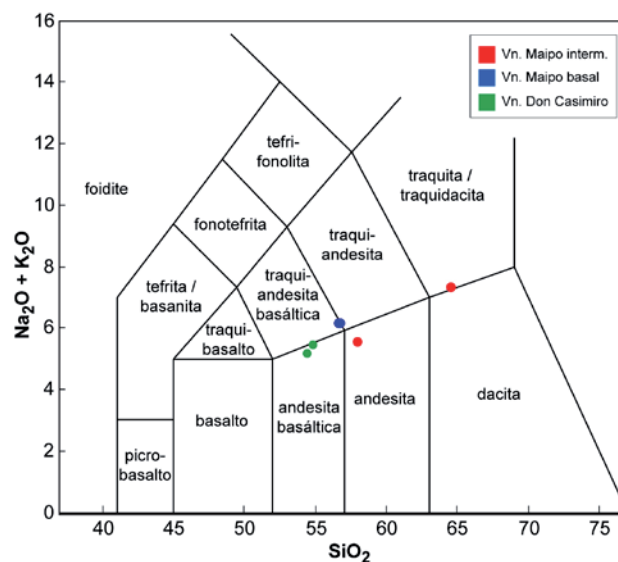


Figura 1: Diagrama TAS de clasificación (Le Bas, 1992).

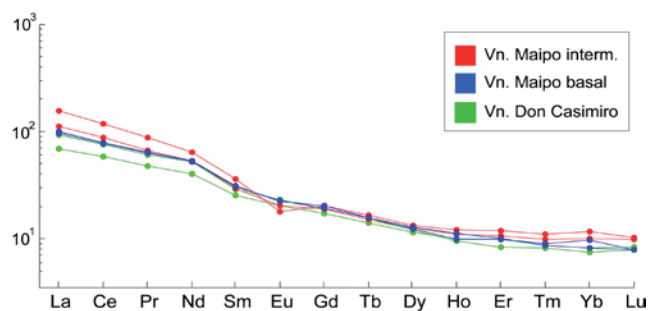


Figura 2: Diagrama multielemento para tierras raras Normalización a condrito según Sun & McDonough (1989).

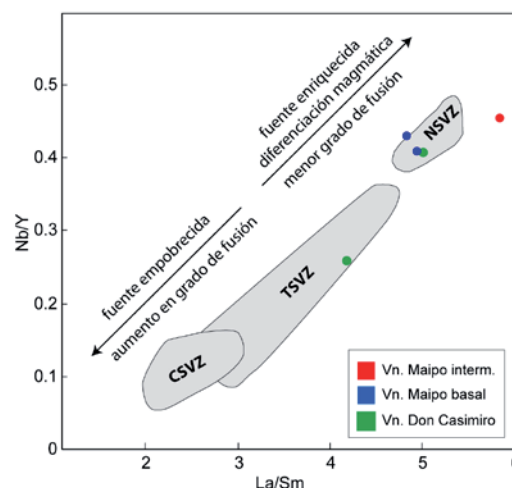


Figura 3: Diagrama de razones Nb/Y vs La/Sm. Campos y líneas de tendencia según Wehrmann *et al.* (2014).

3.4 Geocronología

Se obtuvieron tres edades radiométricas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en masa

fundamental, dos en el sector apical del volcán Casimiro, y una para la secuencia basal del volcán Maipo (Orozco et al., 2013). Respecto a la secuencia basal del volcán Maipo, la edad obtenida es de 100 ± 30 ka, mientras que las edades para la cumbre del volcán Casimiro arrojan valores de 90 ± 60 y 111 ± 17 ka (Figura 4), cuyos valores analíticos se resumen en la Tabla 1.

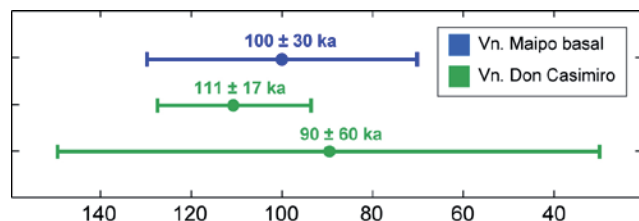


Figura 4: Esquema de edades obtenidas para la sección basal del volcán Maipo y el volcán Casimiro.

4. Discusión

Las lavas de la secuencia basal del volcán Maipo se clasifican principalmente como andesitas de clinopiroxeno, mientras que las lavas del volcán Casimiro corresponden a andesitas-basálticas de olivino. Del análisis de elementos traza se desprende que ambos centros volcánicos tienen un comportamiento tipo “arco de subducción”, y se explica por el empobrecimiento en elementos compatibles y el enriquecimiento en elementos livianos. Por medio del uso del diagrama de razones Nb/Y vs La/Sm (Wehrmann et al., 2014) que agrupa los segmentos de las zona volcánicas según razones composicionales, se pudo observar que las lavas del volcán Maipo coinciden con el campo de la sección norte de la zona volcánica sur (NSVZ, 33-34°S), mientras que para el volcán Don Casimiro, una muestra también coincide con el campo de la zona volcánica sur transicional, localizada más al sur (TSVZ, 35-37°S), lo que sugeriría la acción diferenciada de procesos o bien una fuente distinta para este centro eruptivo periférico (Figura 3). Las evidencias geomorfológicas y texturales indican una interacción glacial en ambos casos, ya que las coladas basales del volcán Maipo evidencian un persistente patrón de abrasión, con superficies pulidas y estrías glaciales, además de la presencia de depósitos morrénicos en superposición, mientras que las coladas del volcán Don Casimiro poseen facies de contacto glacial, como los intensos diaclasamientos del tipo prismático y poligonal, además de un edificio central intensamente afectado por la erosión glacial. Preliminarmente los datos geocronológicos sugieren que el volcán Don Casimiro se habría construido en el Pleistoceno superior, de manera simultánea con la etapa eruptiva inicial del volcán Maipo, para la que se reporta una edad más antigua, aunque consistente con las previamente reportadas en el extremo argentino (86 ± 10 ka, Sruoga et al., 2005).

Agradecimientos

Esta contribución es un aporte a la Red Nacional de Vigilancia Volcánica y cuenta con el patrocinio de la

Subdirección Nacional de Geología del Servicio Nacional de Geología y Minería.

Referencias

- Charrier, R. 1979. Los volcanes Andrés y Don Casimiro: dos centros descubiertos en los Andes entre 34° y 34°45' latitud sur. *Revista Geológica de Chile* 8: 79-85.
- Hickey, R. L., Frey, F. A., Gerlach, D. C., & Lopez-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 of Geophysical Research: Solid Earth* (1978–2012), 91(B6), 5963-5983.
- Holm, P.M., Søager, N., Dyhr, C.T., Nielsen, M.R. 2014. Enrichments of the mantle sources beneath the Southern Volcanic Zone (Andes) by fluids and melts derived from abraded upper continental crust. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 167(5), 1-27.
- Lara, L.E., Wall, R., Stockli D. 2008. La ignimbrita Pudahuel (Asociación Piroclástica Pumícea) y la Caldera Diamante (33° S): nuevas edades U-Th-He. *Actas XVII Congreso Geológico Argentino*, p 1265. Jujuy.
- Orozco, G.; Amigo, A.; Bertin, D.; Lara, L. 2013. Peligros Volcánicos de la Zona Central de Chile. Regiones Metropolitana, de O'Higgins, del Maule y del Biobío. Sernageomin, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental. Santiago.
- Sruoga, P., Feineman, M. 2009. Actividad explosiva postglacial del volcán Maipo (34° 10'S), Zona Volcánica Sur. 12° Congreso Geológico Chileno. Actas S07-031, Santiago.
- Sruoga, P., Llambías, E.J., Fauqué, L., Schonwandt, D. y Repol, D.G. 2005. Volcanological and Geochemical Evolution of The Diamante Caldera - Maipo Volcano Complex in the Southern Andes of Argentina (34° 10'S). *Journal of South American Earth Sciences* 19 (4): 401-406.
- Sruoga, P.; Etcheverría, M.; Feineman, M.; Rosas, M.; Bukert, C.; Ibañes, O. 2012. Complejo caldera Diamante - volcán Maipo (34°10'S, 69°50'O): Evolución volcanológica y geoquímica e implicancias en su peligrosidad. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 69 (4): 508 – 530.
- Stern, C.R.; Amini, H.; Charrier, R.; Godoy, E.; Hervé, F.; Varela, J. 1984. Petrochemistry and age of rhyolitic pyroclastic flows which occur along the drainage valleys of the Río Maipo and Río Cachapoal (Chile) and the Río Yaucha and Río Papagayos (Argentina) *Revista Geológica de Chile*, No. 23. pp. 39-52.
- Sun, S.S., & McDonough, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications*, 42(1), 313-345.
- Troncoso, C. 2012. Estudio estratigráfico y de volcanología física de la ignimbrita Pudahuel. Memoria de geología, Universidad de Chile.
- Wehrmann, H.; Hoernle, K.; Jacques, G.; Garbe-Schönberg, D.; Schumann, K.; Mahlke, J.; Lara, L.E. 2014. Volatile, major and trace element geochemistry of mafic to intermediate tephros from the Chilean SVZ. *International Journal of Earth Sciences* 103(2).

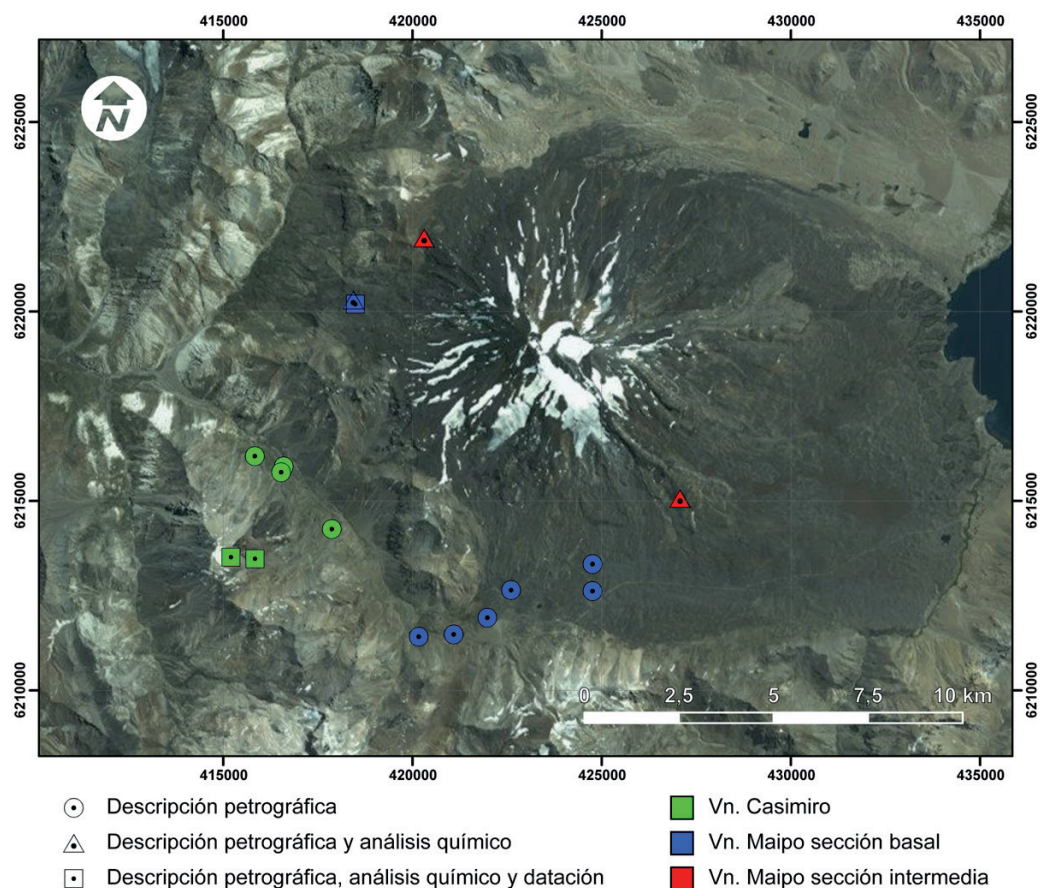


Figura 5: Localización de las muestras del presente estudio.

Tabla 1: Resumen de los datos analíticos de las dataciones radiométricas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Muestra	UTM		Material datado	Análisis step heating					Análisis isócrona			
	N	W		Edad Fusión Total (ka ± 2σ)	Edad Plateau (ka ± 2σ)	n_p/N	^{39}Ar %	MSWD plateau	Edad Isócrona Inversa (ka ± 2σ)	n_i	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} \pm 2\sigma$	MSWD isócrona
Volcanes Maipo y Casimiro												
GO100112-8	6220201	418486	Masa Fundamental	100 ± 40	100 ± 30 *	7/7	100	0.10	95 ± 36	7	297 ± 4	0.11
GO100112-1	6213520	415201	Masa Fundamental	80 ± 90	90 ± 60 *	7/7	100	0.82	15 ± 18**	7	298.3 ± 1.8	0.5
GO100112-2	6213475	415833	Masa Fundamental	120 ± 40	111 ± 17 *	7/7	100	0.2	108 ± 28	7	296 ± 4	0.22

n_p/N : Número de pasos en el plateau / número total de pasos

$^{39}\text{Ar}\%$: Porcentaje del total de ^{39}Ar liberado en el plateau

n_i : Número de pasos en la isócrona inversa

MSWD : 'Mean Standard Weighted Deviation'

$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$: Valor del Intercepto $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ para la isócrona inversa

* Edad preferida sobre la base del comportamiento isotópico

** Isócrona mal definida por poseer similar cantidad de Ar en todos los pasos. Edad poco confiable.