



## VOLC-SG: Sesión General Volcanología

### Evidencias de volcanismo subglacial Plioceno-Pleistoceno dentro del Complejo Volcánico Caviahue-Copahue.

Juan Manuel Albite<sup>1</sup>, Nicolas Vigide<sup>2</sup>, Alberto Tomás Caselli<sup>3</sup>.

(1) Universidad de Buenos Aires. CONICET, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Buenos Aires, Argentina

(2) Universidad de Buenos Aires. CONICET, Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber (IDEAN), Buenos Aires, Argentina

(3) Laboratorio de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos, IIPG, CONICET - Universidad Nacional de Río Negro

Introducción El Complejo Volcánico Caviahue Copahue (CVCC) está ubicado en el extremo norte de la zona volcánica sur (ZVS; Stern, 2004). Está formado por un conjunto de rocas volcánicas y volcanoclásticas de arco, cuyos centros eruptivos principales han sido la Caldera del Agrio y el actual volcán Copahue. La actividad volcánica dentro de este complejo inicia durante el Plioceno, produciendo las rocas lávicas y volcanoclásticas de la Fm Hualcupén (Pesce, 1989), la cual se correlaciona con la Fm Cola de Zorro en el sector chileno (González y Vergara, 1962). Estas emisiones "pre-caldera" fueron datadas por Muñoz y Stern (1988) y Linares et al. (1999), reflejando edades entre  $5,6 \pm 0,2$  Ma y  $4,0 \pm 0,1$  Ma. Posteriormente, se produce el volcanismo sin-colapso de caldera, las lavas y flujos piroclásticos traquiandesíticos de la Fm Las Mellizas (Pesce, 1989). Linares et al. (1999) obtuvo edades K/Ar cuyo rango va desde  $2,68 \pm 0,14$  Ma a  $2,60 \pm 0,1$  Ma, ubicando esta secuencia durante el Plioceno. El vulcanismo subglaciar en Sudamérica es una disciplina que está muy poco desarrollada a pesar de las glaciaciones que se han producido en épocas de vulcanismo activo, sobre todo en los Andes patagónicos. El CVCC se encuentra en un ambiente que ha tenido glaciaciones en varios momentos de los últimos 2 Ma registradas por González Díaz (2005). Dicho autor propone la existencia de una calota glaciaria de 500 m de espesor de edad pleistocena (30 ka), según datación  $^{14}\text{C}$  de Bermúdez y Delpino (1999), realizada sobre un arco morénico terminal. Melnick et al. (2006) describen rocas de emplazamiento subglaciar en el volcán Copahue como lavas en almohadillas y coladas con ausencia de estrías superficiales. Sin embargo, las evidencias no se circunscriben únicamente a aquellas estructuras y texturas formadas por interacción agua-magma como ser lavas almohadilladas, brechas hialoclásticas, alteración a palagonita de las rocas y depósitos piroclásticos de corrientes diluidas. El tipo de disyunción columnar resulta una característica importante ya que el diámetro de las columnas es inversamente proporcional a la velocidad de enfriamiento de los cuerpos volcánicos (Budkewitsch y Robin, 1994). Es decir, que la presencia de agua externa produce un enfriamiento mayor sobre un flujo lávico, generando columnas con diámetros más pequeños que en ausencia de la misma. Con lo cual es posible inferir que a mayores cantidades de agua externa la velocidad de enfriamiento será mayor. Asimismo, el desarrollo de entabladuras con sus complejos patrones de enfriamiento en roseta o curvados y texturas vítreas es atribuido al contacto de la colada con cuerpos de agua o hielo por Budkewitsch y Robin (1994). Por otro lado, el emplazamiento de domos y flujos subglaciares resulta en el desarrollo de columnas horizontales finas o de pequeña escala en los márgenes laterales, disyunción localmente radial o irregular, afloramientos con relación alto/ancho baja arealmente extendidos y que no pueden ser explicados por la topografía aparente (Mathews, 1958). Las lavas también pueden presentar texturas pseudo-almohadillas, desarrollo de patrones complejos de lajosidad fina, y en todos los casos suelen presentar texturas de *quenching* y ser cuerpos mayormente vítreos (Lescinsky y Fink, 2000). En general, si este emplazamiento no logra fundir la capa de hielo por completo, los rasgos de magmatismo subácueo, como lavas almohadilladas y/o brechas hialoclásticas estarán ausentes. En este contexto, y referido a los espesores de la calota al momento de producirse las erupciones, Lescinsky y Fink (2000), Mee et al. (2006) y Soriano et al. (2013) diferencian entre vulcanismo sometido a condiciones de "hielo delgado" (< 150 m de espesor) o "hielo grueso" (> 150m) a partir del hallazgo de depósitos sedimentarios lacustres. Cuando se encuentran presentes, el espesor de hielo debe ser mayor dado que se formaría un lago subglaciar que generaría depósitos importantes, a menos que el drenaje de agua subglaciar sea lo suficientemente eficiente como para no permitir la acumulación de agua (Smellie y Skilling, 1994; Smellie 2000, 2002). Evidencias A partir de observación y análisis de campo en afloramientos fue posible identificar rasgos morfológicos sobre algunos cuerpos de lava de diferentes edades, atribuibles a enfriamiento en contacto con hielo o agua. Tanto las lavas de la Fm Hualcupén, como de la Fm Las Mellizas, muestran patrones similares de enfriamiento, tales como disyunciones columnares subverticales de ancho relativo pequeño, y lajosidad junto con estrías horizontales. En algunos casos se han reconocido entabladuras que muestran un patrón tipo abanico o roseta (Fig. 1B, C y E), facies vesiculares almohadilladas en lavas, y abundante alteración a palagonita (Fig. 1B). En particular, dentro de la Fm Hualcupén, se pudieron observar sucesiones estratigráficas relacionadas a erupciones subácueas o subglaciares (Mathews, 1947). En el cerro Pirámide, en el borde suroccidental de la caldera del Agrio, la sucesión estratigráfica está dominada por coladas lávicas andesíticas y andesítico-basálticasandesítico-basálticas, filones capa de igual composición con intercalaciones de brechas volcánicas matriz-sostenidas, y brechas hialoclásticas. Estas brechas, halladas también en otros perfiles de esta unidad, están formadas por litoclastos monomícticos vesiculares, con bordes curvoplanares inmersos en una matriz fina, con textura de rompecabezas, alteradas a palagonita, que suele gradar a las facies de lavas pseudo-almohadilladas. En la cima de este cerro, puede observarse claramente una sucesión de diques porfíricos que alimentan una secuencia de hialoclastita, lavas pseudo-almohadilladas finalizando en una colada "seca". Este paquete de rocas alcanza un espesor aproximado de 5 m (Fig. 1G). Dentro



## VOLC-SG: Sesión General Volcanología

de la Fm Las Mellizas, se destacan unos cuerpos de composición traquítica, vítreos, de color negro con estructuras de lavas pseudo-almoHADILLADAS (Fig. 1A, C, D y E) que gradan lateralmente a columnas de diámetro pequeño, frecuentemente recurvadas o en roseta, formando entabladuras. Suelen presentar también lajosidad horizontal fina; en la mayoría de los casos son de textura vítrea. Estos cuerpos ígneos suelen presentar morfología de domo (Fig. 1 E) y, en muchos casos, no suele observarse claramente el contacto con otras unidades por encontrarse aislados. Además, se han observado diques alimentadores con texturas similares y composición análoga (Fig. 1D). Estas unidades se encuentran distribuidas a lo largo de todo el interior de la caldera, usualmente asociados a trazas de fallas. El aislamiento de estos cuerpos no guarda relación clara con la topografía actual, lo cual es una evidencia diagnóstica de emplazamiento subglacial de domos (Kelman, 2005). Tanto las texturas superficiales de enfriamiento, como la naturaleza vítrea de estos cuerpos, representarían también evidencias de emplazamiento bajo una capa de hielo (Mathews, 1952, 1958). En algunos casos, presentan volúmenes grandes de material que culmina en coladas dómicas traquíticas (Fig. 1 H e I) con evidencias de interacción con agua, que a su vez suelen tener brechas hialoclásticas asociadas (Fig. 1I). Discusión A partir de estas evidencias fue posible determinar morfologías y texturas de enfriamiento rápido en cuerpos lávicos. Las disyunciones columnares de pequeño diámetro y las entabladuras son las texturas más frecuentemente encontradas dentro de la caldera y en su periferia. La existencia de domos subglaciaros traquíticos, brechas hialoclásticas y lavas dómicas traquíticas asociadas a estos domos permiten inferir también erupciones subglaciarias. Es importante destacar que la existencia de evidencias de interacción agua-magma, en niveles topográficos altos (ej. El cerro Pirámide), resulta fundamental para estudiar el posible espesor del glaciar. Al mismo tiempo, el hallazgo de estas morfologías en rocas de las Formaciones Hualcupén y Las Mellizas permitiría especular sobre un glaciarismo activo desde el Plioceno hasta el Pleistoceno. Por otro lado, y siguiendo criterios de correlación de facies como los de Lescinsky y Fink (2000), Mee et al. (2006) y Soriano et al. (2013), es probable que el volcanismo Plio-Pleistoceno en el área se haya visto sometido a condiciones de "hielo delgado" (< 150 m) debido a la ausencia de depósitos sedimentarios lacustres (Smellie y Skilling, 1994; Smellie 2000, 2002), que se producen en condiciones de mayor espesor de hielo. Esto se verifica también con la existencia de productos de interacción agua-magma asociados a varios domos subglaciaros. Referencias Bermúdez, A.H. y Delpino, D. H., 1999. Erupciones subglaciales y en contacto con el hielo en la región volcánica de Copahue, Neuquén. 14° Congreso Geológico Argentino (Salta), Actas 2: 250-253, Buenos Aires. Budkewitsch, P and Robin, P-Y. 1994. Modelling the evolution of columnar joints. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 59 (1994) 219-239. González, O., Vergara, M., 1962. Reconocimiento geológico de la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 35° y 38° S. Universidad de Chile, Instituto de Geología, Publicación 24, 119 p. Kelman, M.C. (2005) Glaciovolcanism at the Mount Cayley Volcanic Field, Garibaldi volcanic Belt, Southwestern British Columbia. Inédito. PhD Thesis. University of British Columbia. Lescinsky DT, Fink JH (2000) Lava and ice interaction at stratovolcanoes: Use of characteristic features to determine past glacial extents and future volcanic hazards. *J Geophys Res* 105(B10):23,711–23,726 Linares, E., Ostera, H.A., Mas, L., 1999. Cronología Potasio-Argón del complejo efusivo Copahue–Caviahue, Provincia de Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54 (3), 240–247. Mathews, W.H. 1947. "Tuyas", flat-topped volcanoes in northern British Columbia. *American journal of Science*, Vol. 245: 560-570. Mathews, W.H. 1952. Ice-dammed lavas from Clunker Mountain, southwestern British Columbia. *American Journal of Science*, Vol. 250: 553-565. Mathews, W.H. 1958. Geology of the Mount Garibaldi map-area southwestern British Columbia. *Bulletin of the Geological Society of America*, Vol. 69: 161-178. Mee, K., Tuffen, H., Gilbert, J.S., 2006. Snow-contact volcanic facies and their use in determining past eruptive environments at Nevados de Chillán volcano, Chile. *Bull. Volcanol.* 68, 363–376. Muñoz, J., Stern, C., 1988. The Quaternary volcanic belt of the southern continental margin of South America: transverse structural and petrochemical variations across the segment between 38° and 39°S. *Journal of South American Earth Science* 1: 147–161. Pesce, A., 1989. Evolución volcánico-tectónica del complejo efusivo Copahue–Caviahue y su modelo geotérmico preliminar. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44, 307– Smellie JL, Skilling IP (1994) Products of subglacial volcanic eruptions under different ice thicknesses: two examples from Antarctica. *Sediment Geol* 91:115–129 Smellie JL (2000) Subglacial eruptions. In: Sigurdsson H (ed) *Encyclopedia of Volcanoes Academic*, San Diego, California, 403–418 Smellie JL (2002) The 1969 subglacial eruption on Deception Island (Antarctica): events and processes during an eruption beneath a thin glacier and implications for volcanic hazards. In: Smellie JL, Chapman MG (eds) *Volcano-ice interaction on Earth and Mars*. *Geol Soc London Spec Publ* 202:59–80 Soriano, C., Giordano, G., Cas, R., Riggs, N., Porreca, M. 2013. Facies architecture, emplacement mechanisms and eruption style of the submarine andesite El Barronal complex, Cabo de Gata, SE Spain. *J Volcanol Geotherm Res* 264. 210–222. Stern, C. 2004. Active Andean volcanism: Its geologic and tectonic setting. *Revista Geológica de Chile* 31 (2): 161-206.





## VOLC-SG: Sesión General Volcanología

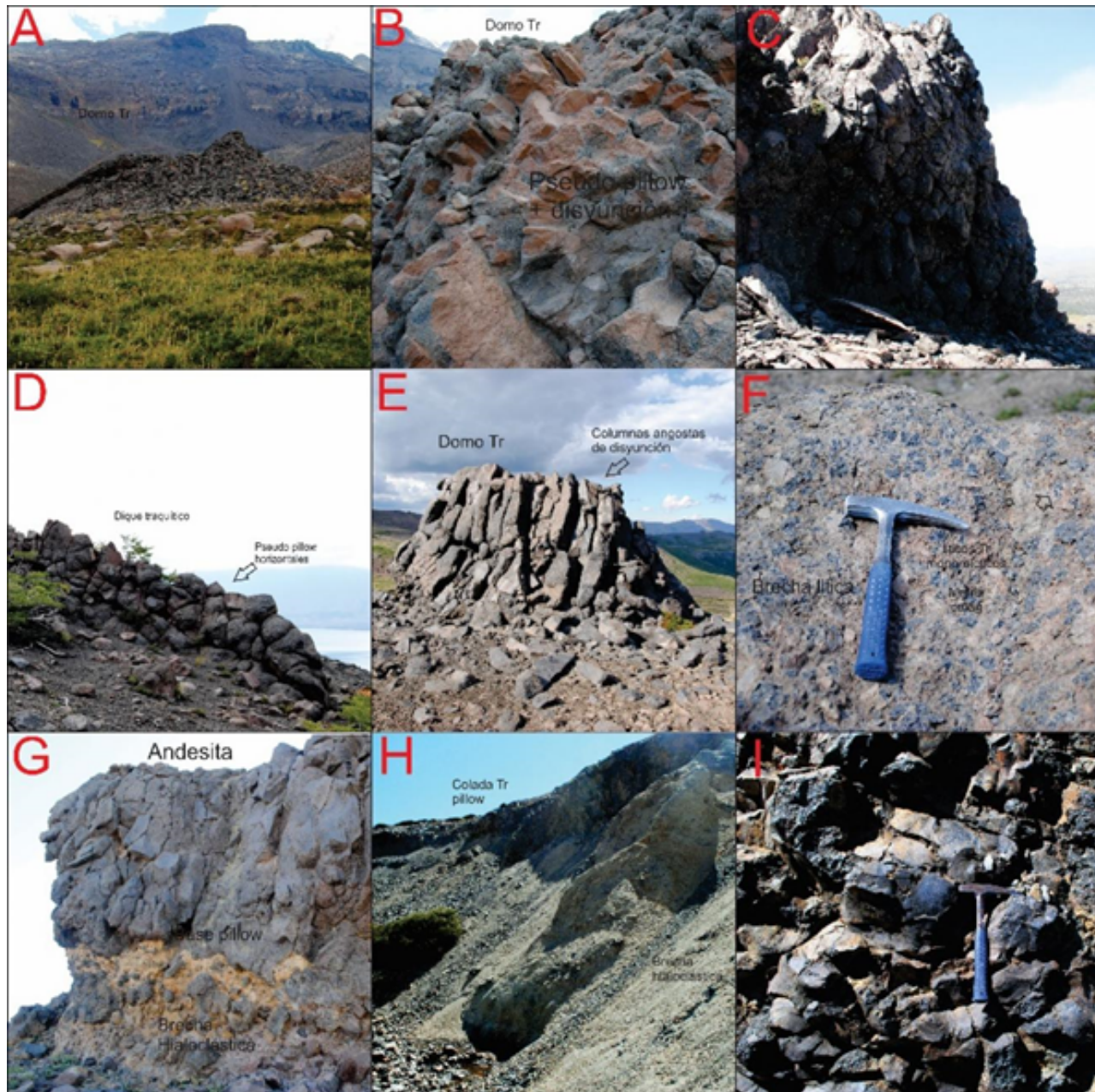


Figura 1: Afloramientos donde se observan varias de las estructuras, rocas y texturas descritas y mencionadas en el texto. A. Cuerpo dómico traquítico en el valle de Pucón Mahuida. B. Textura pseudo pillow y columnas angostas con disposición en roseta del domo en A. C. Cuerpo dómico con disyunción columnar y textura pseudo pillow. D. Dique con textura pseudo pillow en el valle del río Dulce. E. Cuerpo dómico traquítico con disyunción columnar en el centro de esquí de Cavihue. F. Brecha volcánica monomítica con palagonita asociada al domo de E. G. Brecha hialoclástica y colada andesítica con base almohadillada asociada a diques del cerro Pirámide. H. Valle del arroyo ubicado al norte del arroyo Blanco, donde se observa una potente secuencia de brechas hialoclásticas y lavas pillow de composición traquítica. I. Detalle de las coladas dómicas de H, donde se observan las almohadillas.