



## ACTIVIDAD EXPLOSIVA POSTGLACIAL DEL VOLCAN VILLARRICA, ANDES DEL SUR (39°25'S)

Hugo Moreno R.\*, Jorge Clavero R.\*, Luis Lara P.\*

### INTRODUCCION

El volcán Villarrica es un voluminoso complejo volcánico de la Zona Volcánica Sur de los Andes<sup>1</sup>, ubicado en el límite entre la IX<sup>a</sup> y X<sup>a</sup> regiones (39°25'S, 71°56'W)(Fig. 1). El edificio volcánico cubre un área de ca. 700 km<sup>2</sup> y alcanza un volumen de ca. 250 km<sup>3</sup>. Corresponde a un estratovolcán compuesto, constituido esencialmente por un edificio antiguo, erodado y truncado por una caldera elíptica de 4,2 x 6,5 km. elongada en sentido NW-SE, en cuyo borde noroccidental se construyó el cono principal más joven de 2847 m. Sobre los flancos del edificio volcánico se puede reconocer unos 30 centros eruptivos adventicios, los cuales constan de lavas y conos de piroclastos con diversos grados de denudación.

La actividad del volcán Villarrica se ha desarrollado durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno, aparentemente en forma continua<sup>2</sup>. Históricamente se han registrado 59 erupciones desde el año 1558<sup>3</sup>, la última de las cuales ocurrió en 1984.

Estudios anteriores del volcán<sup>1,4</sup> se han referido a la actividad eruptiva efusiva del volcán desde un punto de vista geoquímico y petrológico.

El volcán Villarrica presenta una estratigrafía muy compleja, debido a la alternancia de lavas, lahares, depósitos piroclásticos de caída y de flujo. Considerando criterios morfoestructurales y cronoestratigráficos se ha definido tres unidades geológicas evolutivas (Villarrica 1, 2 y 3), siendo la primera la de mayor duración y volumen. Las unidades Villarrica 2 y 3 corresponden a las unidades postglaciales que han revelado una historia eruptiva explosiva, hasta ahora desconocida del volcán.

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

### ESTRATIGRAFIA VOLCANICA

#### Unidad Villarrica 1

Corresponde a una secuencia de lavas basálticas y andesíticas, brechas volcánicas, aglomerados y depósitos piroclásticos, anteriores a la última glaciación, aunque su desarrollo probablemente continuó durante ella. La composición de los productos emitidos en esta etapa corresponde esencialmente a basaltos porfíricos con fenocristales de plagioclasa y masa fundamental afanítica, andesitas porfíricas con fenocristales de plagioclasa y olivino, y riolacitas vítreas con escasos fenocristales de plagioclasa. No obstante, su composición predominante es andesítico basáltica (52-56%SiO<sub>2</sub>).

#### Unidad Villarrica 2

Se define como Unidad Villarrica 2 a una secuencia de depósitos piroclásticos y lavas emitidos desde los 14 000 años A.P. (Ignimbrita Licán) hasta los 3 700 años A.P. (Ignimbrita Pucón) (Fig. 2a), que forma gran parte del edificio volcánico joven del volcán Villarrica. Esta secuencia comprende diez depósitos de flujo piroclástico, con intercalaciones de depósitos piroclásticos de caída y lavas andesítico-basálticas tipo "aa" (Fig. 2a). Se ha efectuado un total de diez dataciones radiométricas C<sup>14</sup>, las que han arrojado edades comprendidas entre los 14 320 ± 100 años A.P. (Ignimbrita Licán) y los 3 740 ± 70 años A.P. (Ignimbrita Pucón; Fig. 2a).

El comienzo de la actividad eruptiva explosiva postglacial ocurrió a los ~14 000 años A.P. con el emplazamiento de la Ignimbrita Licán, la que habría originado una caldera anidada en una más antigua preglaciaria y alcanzó un volumen de ~10 km<sup>3</sup>. La ignimbrita se dispone directamente sobre depósitos

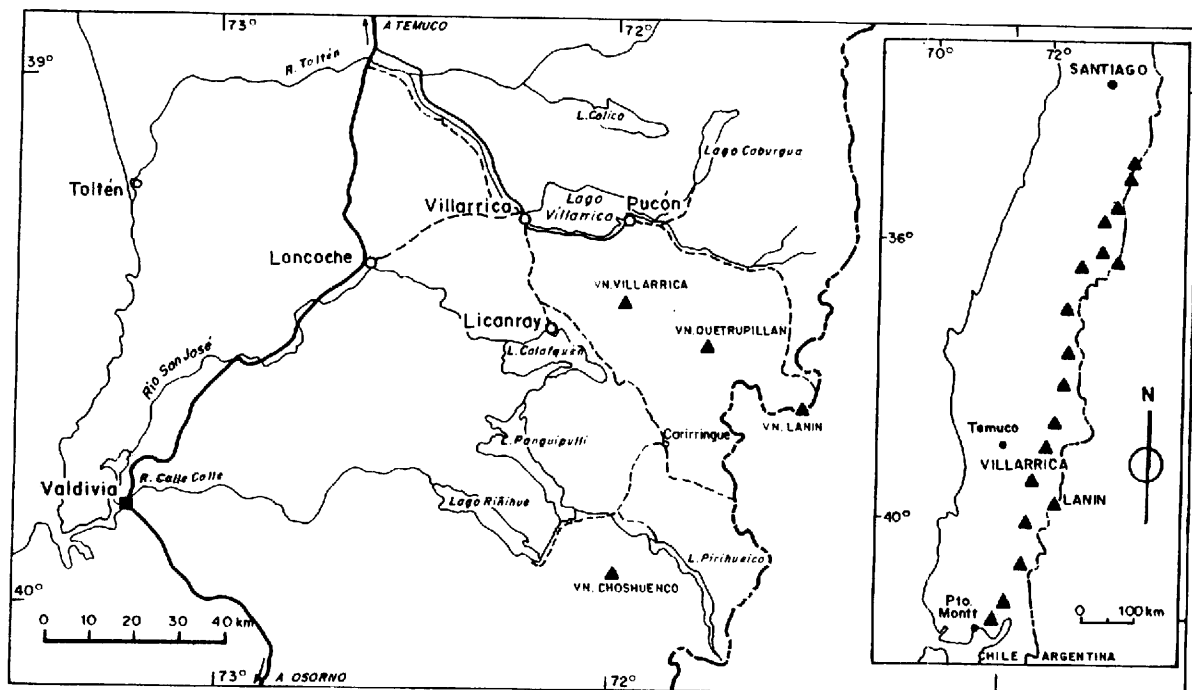


Fig. 1 Ubicación área de estudio.

morrenicos de la última glaciación, e infrayace a otros depósitos piroclásticos o lavas de la misma unidad. El fin de esta etapa eruptiva ocurrió hace 3 700 años con la erupción que originó la Ignimbrita Pucón (~5 km<sup>3</sup>), la que habría generado una caldera de menor tamaño (ca. 2 km. de diámetro) en el borde noroccidental del edificio, producto del colapso del cono edificado durante esta etapa eruptiva<sup>5</sup>.

Estas dos ignimbritas corresponden a los eventos eruptivos de mayor envergadura emitidos por el volcán Villarrica durante el Postglacial y poseen la especial característica de tener una composición andesítico-basáltica (53-57 % SiO<sub>2</sub>), siendo las segundas descritas en Chile y de las pocas descritas en el mundo<sup>5</sup>.

Entre estas dos ignimbritas se intercalan ocho depósitos de flujo piroclástico de menor envergadura, un potente depósito piroclástico de caída y lavas andesítico-basálticas tipo "aa". En general, los depósitos de flujo piroclástico poseen una distribución radial en torno al edificio volcánico y su espesor máximo expuesto no sobrepasa el metro. Sus volúmenes estimados varían entre 0.3 y 0.9 km<sup>3</sup>. Generalmente corresponden a depósitos ricos en ceniza y lapilli fino escoriáceo,

masivos, sin estructuras sedimentarias. Uno de ellos (FP 2) posee un porcentaje importante (~ 40 %) de lapilli pumíceo, correspondiendo al miembro más ácido de esta unidad (Fig. 2a). Algunos de estos depósitos de flujo piroclástico tienen asociados pequeños niveles de escoria de caída, los que, por lo general, se hacen más potentes hacia el flanco W del volcán.

El mayor depósito piroclástico de caída se dispone entre el FP 1 y el FP Subpómez, por lo que su edad está comprendida entre los 14 000 y los 10 660 años A.P. Corresponde a un depósito de caída escoriáceo con un espesor máximo de 0.7 m, siendo más potente hacia la vertiente oriental del volcán.

Las lavas intercaladas entre estos depósitos piroclásticos corresponden a lavas andesíticas a andesítico-basálticas<sup>2</sup>, en general, de tipo "aa".

### Unidad Villarrica 3

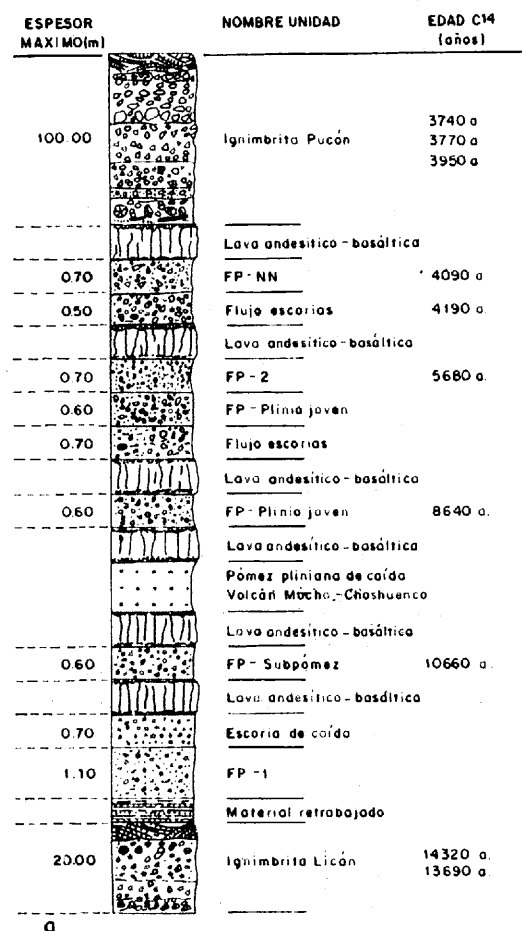
Se define como Unidad Villarrica 3 a una secuencia de depósitos piroclásticos tanto de flujo como de caída, lavas andesíticas a basálticas y depósitos laháricos que cubre parte del edificio más antiguo y forma el cono actual de unos 450 m de altura, edificado en el interior de la caldera generada por la erupción que dió origen a la Ignimbrita Pucón (Fig. 2b). Se ha efectuado un total de cuatro dataciones radiométricas  $C^{14}$  cuyas edades varían entre los  $3\ 030 \pm 80$  años A.P. (FP Refugio) y los  $1\ 620 \pm 80$  años A.P. (FP C; Fig. 2b).

Los primeros depósitos que sobreyacen a la

Ignimbrita Pucón corresponden a depósitos de caída escoriáceos, formados por lapilli y ceniza fina. Estos depósitos tienen una edad comprendida entre los 3 700 años A.P. (Ignimbrita Pucón) y los 2 600 años A.P. (FP Refugio; Fig. 2b).

Posteriormente, entre los 2 600 (FP Refugio) y los 1 600 años A.P. (FP C), se generaron cuatro flujos piroclásticos (Fig. 2b). El primero de ellos corresponde a un complejo flujo-oleada (FP Refugio). Se distribuye principalmente hacia los costados N y W del volcán, alcanzando un espesor máximo expuesto de 4m.

### Unidad Villarrica 2



### Unidad Villarrica 3

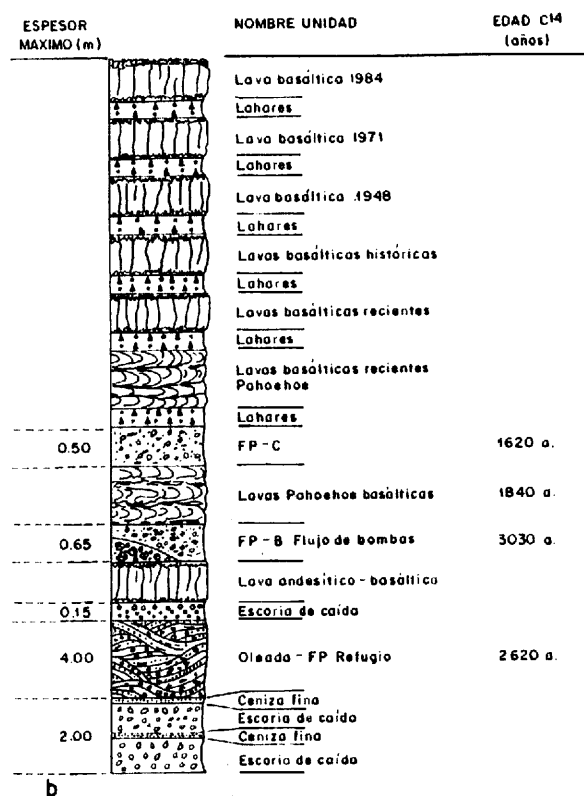


Fig. 2 Columnas estratigráficas generalizadas Unidades Villarrica 2 y 3.

Los dos siguientes (Flujo de bombas y FP B), tienen poca distribución areal y su espesor máximo expuesto no sobrepasa los 0.7 m.

El último depósito de flujo piroclástico reconocido en el volcán Villarrica corresponde al FP C (Fig. 2b). Este se distribuye de manera completamente radial en torno al volcán, cubriendo un área de más de 3000 km<sup>2</sup>. Su espesor máximo expuesto es de 0.4m. Su volumen se ha estimado en 0.9 km<sup>3</sup>.

Con posterioridad a los 1 600 años A.P., el volcán Villarrica ha generado sólo erupciones de tipo hawaiana a estrombolianas con la emisión de coladas de lava andesíticas a basálticas, depósitos piroclásticos de caída y flujos laháricos asociados (Fig. 2b).

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

La principal característica de los depósitos que constituyen las unidades 2 y 3 del volcán Villarrica corresponde a su composición predominantemente andesítico-basáltica a basáltica. Por lo tanto, es importante intentar explicar los posibles mecanismos que puedan gatillar erupciones explosivas a partir de magmas básicos.

La presencia de fragmentos juveniles pumíceos en algunos depósitos de flujo piroclástico, indicaría que un posible mecanismo gatillador de estas erupciones sería la mezcla inmiscible de magmas<sup>6</sup> («mingling»). Esto ocurriría al inyectarse un pulso de magma básico a una cámara magmática en reposo, posiblemente estratificada<sup>7</sup>, y entrar en contacto con un magma de composición andesítica a andesítico-silíceo.

El hecho que la Ignimbrita Licán se disponga directamente sobre depósitos de la última glaciación con un incipiente desarrollo de paleosuelo, indicaría que el retiro de los hielos en la zona habría ocurrido hace aproximadamente unos 15 000 años. Es importante señalar que el volcán Llaima también posee una etapa eruptiva explosiva que comenzó hace ca. 13 000 años<sup>8</sup>. Es decir, existen mayores evidencias de erupciones violentas de estos volcanes post-última glaciación, lo cual podría corresponder tanto a un aumento de la actividad explosiva luego del retiro de los hielos, como también a una mejor conservación de los productos volcánicos al disminuir el poder erosivo de los glaciares. Por otra parte, la presencia de bombas con superficies tipo «coliflor» indicaría que muchas de las erupciones violentas tuvieron características

freatomagmáticas<sup>9</sup>. Es decir, el paso del agua de un estado sólido durante la glaciación a un estado líquido postglaciación, influiría en una mayor percolación de ella a la cámara magmática lo que podría ser, también, un mecanismo gatillador de erupciones violentas. Asimismo el retiro de la cubierta glaciaria lleva consigo una disminución considerable de la presión ejercida sobre los edificios volcánicos, lo que podría favorecer a una expansión de la cámara, generando un aumento en la explosividad de las erupciones. La interacción con agua como posible mecanismo gatillador de erupciones violentas, también es sugerido por la geoquímica de los productos emitidos durante estas etapas<sup>7</sup>.

Los depósitos de caída asociados que presentan algunos flujos de la unidad 2, indicarían que éstos fueron originados por colapsos de columnas eruptivas relativamente altas (erupciones subplinianas a plinianas)<sup>10</sup>. Los depósitos de caída escoriáceos de las unidades 2 y 3 son el resultado, por su espesor y distribución, de erupciones de tipo estrombolianas. Además, el hecho que se presenten más potentes hacia el E permite deducir que los vientos predominantes entre los 14 000 y los 3 000 años fueron del W hacia el E, lo que corresponde también a lo observado en erupciones históricas<sup>11,12</sup>, indicando que, probablemente, la dirección de los vientos predominantes en la zona se ha mantenido constante en los últimos 14 000 años. Por el contrario, los dos depósitos piroclásticos de mayor envergadura (ignimbritas Licán y Pucón) se originaron, probablemente, a partir del colapso de columnas eruptivas bajas y densas<sup>5</sup>.

A diferencia de su vecino, el volcán Llaima, que tuvo una etapa explosiva entre los 13 200 y los 7 500 años A.P.<sup>8</sup>, el Villarrica parece no haber terminado aún con su etapa eruptiva explosiva. Esto es especialmente importante si se considera que en los últimos 14 000 años se han generado, a lo menos, 14 flujos piroclásticos, algunos de ellos de gran magnitud, y el último de ellos ocurrió hace 1600 años, cubriendo una superficie de más de 3 000 km<sup>2</sup> alrededor del volcán.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Proyecto Fondecyt 1247, 91-92, y parcialmente por el Proyecto Fondecyt 193-0992. Los autores expresan su reconocimiento a Judith Oliva por la confección de los dibujos y a Erika Miranda por la transcripción del texto.

REFERENCIAS

- 1.-Hickey-Vargas, R., Moreno, H., López, L. and Frey, F., 1989. Geochemical variations in Andean basaltic and silicic lavas from the Villarrica-Lanín volcanic chain (39.5°S) : an evaluation of source heterogeneity, fractional crystallisation and crustal assimilation. Contributions to Mineralogy and Petrology 103, p.361-386.
- 2.-Moreno, H., 1993. Volcán Villarrica : Geología y evaluación del riesgo. regiones IX<sup>a</sup> y X<sup>a</sup>, 39°25'S. Informe final Proyecto Fondecyt 1247. 112 p.
- 3.-Petit-Breuilh, M. y Lobato, J., 1994. Análisis comparativo de la cronología eruptiva histórica de los volcanes Llaima y Villarrica (38°-39° L.S.). Presentado a 7° Congreso Geológico Chileno, Universidad de Concepción, Concepción.
- 4.-López, L. Moreno, H., Lahsen, A. y Munizaga, F., 1985. Evolución geológica y geoquímica del volcán Villarrica. Análisis de los recursos no renovables y del riesgo geológico del área. Informe final Proyecto Fondecyt.
- 5.-Clavero, J. y Moreno, H., 1994. Ignimbritas Licán y Pucón : evidencias de erupciones explosivas andesítico-basálticas postglaciales del volcán Villarrica, Andes del Sur, 39°25' S. Presentado a 7° Congreso Geológico Chileno, U. de Concepción, Concepción.
- 6.-Sparks, R., Sigurdsson, H. and Wilson, L., 1977. Magma mixing : a mechanism for triggering acid explosive eruptions. Nature vol. 267, p.315-318.
- 7.-López-Escobar, L. and Moreno, H., 1994. Contributions to the knowledge of the postglacial geochemical evolution of the Villarrica volcano (Southern Andes, 39°25'S). Presentado a 7° Congreso Geológico Chileno, U. de Concepción, Concepción.
- 8.-Naranjo, J. y Moreno, H., 1991. Actividad postglacial en el volcán Llaima, Andes del Sur (38°45'S). Revista Geológica de Chile. vol. 18, N°1, p.69-80.
- 9.-Fisher, R. and Schmincke, H., 1984. Pyroclastic rocks, Springer-Verlag, Berlin, 472p.
- 10.-Cas, R. and Wright, J., 1987. Volcanic successions Modern and Ancient. Unwin Hyman, London, 528p.
- 11.-Naranjo, J., Moreno, H. y Banks, N, 1993. La erupción del volcán Hudson en 1991 (46°S), Región XI, Aysén, Chile. Boletín N° 44, Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile, 50 p.
- 12.-Moreno, H., Naranjo, J. y Gardeweg, M., 1989. La erupción reciente en el Complejo volcánico Lonquimay (Diciembre 1988-), Andes del Sur. Revista Geológica de Chile vol. 16, N° 1, p.93-117.