



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

José Antonio Naranjo\*  
Paula Cornejo\*

"Actas del Décimo Congreso Geológico Argentino, v.4, p.361-363, 1987".

El volcán Chaco se ubica en el borde occidental de la cadena volcánica Andina del Cenozoico superior en el norte de Chile ( $25^{\circ}27'S$ ;  $69^{\circ}02'W$ ) y su altura actual es de 5045 m s.n.m. con una elevación de ~1100 m sobre su base. Considerando su edad miocénica inferior, su morfología se preserva en buenas condiciones y muestra algunas formas primarias, como coladas de lava (andesita de piroxeno) con lóbulos individuales hacia el norte, noreste y este. El Chaco corresponde a una estructura volcánica compuesta en el sentido dado por THORPE, *et al.* (1982), la cual presenta al menos dos unidades morfológicas o conos, originalmente alineados en dirección noroeste y que, en conjunto, carecen de simetría radial.

El rasgo morfológico más destacado de este volcán, corresponde a la presencia de calderas de avalancha o anfiteatros abiertos, de paredes escarpadas, hacia el noroeste, suroeste y sureste, que contrastan con las formas originales suaves desarrolladas al noreste. Estas estructuras presentan una erosión incisiva profunda que ha obliterado, casi por completo, el suelo de los anfiteatros. Tres de éstos se reconocen, anidados o sobreimpuestos entre sí. Desde la base de sus aberturas se esparcieron depósitos de avalanchas de detritos.

La evolución de estas estructuras ha sido sin duda compleja. No obstante, considerando los rasgos de sobreimposición, se pueden determinar las siguientes etapas principales: a) Abertura hacia el sureste, preservándose actualmente sólo la pared nororiental de este anfiteatro; en la base de éste se anidó un domo andesítico (de hornblenda y piroxeno), del cual sólo la parte oriental se conserva, con un diámetro máximo de 1,7 km y una altura que excede los 160 m.

(b) Abertura hacia el noroeste (en sentido opuesto a la anterior) de una caldera de avalancha de más de 3,5 km de largo, cuyo suelo, parcialmente erosionado, se estima que tuvo unos 350 m de profundidad. Hacia la boca presenta un escalón u hombrera caracterizada por un aumento en la pendiente. Las paredes son paralelas a una distancia de 2 km, que disminuye a menos de 1,5 km en la base. El cierre, semicircular del anfiteatro fue truncado por la estructura desarrollada en la etapa siguiente. En su suelo también se expone un domo profundamente erosionado.

(c) La última etapa corresponde a la formación de un anfiteatro con forma típica de herradura cuyo eje se orienta hacia el suroeste, perpendicularmente a los ejes de los

anfiteatros anteriores, a los cuales trunca. Es así como su pared oriental se desarrolla con un escarpe profundo en el domo anidado en la primera caldera de avalancha (etapa a); su pared posterior también corta un domo, el que se localiza entre las unidades cónicas originales. El diámetro de este anfiteatro se estima en unos 2,5 km y su suelo ha sido profundamente erosionado por incisión fluvial. Esta abertura se formó a expensas de los dos conos originales del volcán compuesto y expone el núcleo del volcán Chaco (hasta 700 m de profundidad), constituido por una vasta zona de alteración epitermal ( $\sim 10 \text{ km}^2$ ). Esta se caracteriza por un anillo exterior y parches aislados de alteración argílica con pequeños cuellos de silicificación extrema; hacia el centro se reconoce una zona de alteración argílica avanzada.

Desde la base de cada anfiteatro se reconocen depósitos de avalancha de detritos que, en general, exhiben características texturales que son típicas de las grandes avalanchas volcánicas (SIEBERT, 1984). Están constituidas por una mezcla mal seleccionada de fragmentos brechizados y angulosos, en proporciones variables de líticos y juveniles. Los primeros incluyen bloques con alteración hidrotermal, y entre el material juvenil, son comunes los bloques con diaclasamiento prismático, de amplio rango de tamaño (5 cm a 6 m de diámetro). Es difícil reconocer megabloques individuales; no obstante, en la boca del anfiteatro de dirección noroeste (etapa b) existen grandes bloques que en conjunto ocupan una superficie de  $1 \text{ km}^2$ . Hacia el oeste, en cambio, se reconoce una masa rocosa de aproximadamente  $1,5\text{-}2 \text{ km}^3$  que fue transportada en esa dirección por unos 3,5 km (etapa c). Por sus rocas alteradas contrasta con el faldeo original de la parte noroeste del volcán y en ella no es posible distinguir megabloques individuales. Debido a procesos de erosión areal tipo pedimentación, común a estas latitudes durante el Mioceno superior (NARANJO y PASKOFF, 1985) la morfología superficial de estos depósitos de avalancha ha sido notablemente obliterada, y por lo tanto también su espesor y extensión modificados. La superficie actual que abarcan los depósitos de las avalanchas del volcán Chaco son de 15, 25 y  $70 \text{ km}^2$  para las respectivas etapas a, b y c. Se midieron espesores de 25 m, a 7,5 km de la fuente en la avalancha (a), y de 35 m expuestos a 15 km de la fuente en la avalancha (c).

El coeficiente de fricción aparente (H/L) (UI, 1983) es de 0,12 para las dos primeras (a y b) y de 0,08 para la última avalancha (c), valores que son comparables a los típicos de avalanchas volcánicas (media 0,11, SIEBERT, 1984). La alta movilidad de estas avalanchas queda reflejada principalmente en el caso último (c) para la cual se ha estimado una velocidad de emplazamiento de 360 km/h considerando la capacidad de ascenso de la avalancha.

Las depósitos de avalancha del volcán Chaco se emplazaron sobre una ignimbrita cuya edad media es de 17,5 Ma. Por otra parte, éstos fueron erosionados por procesos modeladores (de pedimentación) durante el Mioceno superior. Se han realizado seis dataciones K-Ar (roca total) en lavas, bloques de diaclasamiento prismático de las avalanchas y en alunitas de la zona de alteración. Todas estas edades son concordantes y están en el rango 17,0-15,6 Ma. Estas avalanchas son coetáneas con los productos de la denudación de relieves producidos por el alzamiento principal Andino (Gravas de Atacama; MORTIMER,

1973; NARANJO y PASKOFF, 1980 y 1985) y no presentan deformaciones tectónicas.

Los fenómenos de avalanchas volcánicas del Chaco, que tendrían una componente magmática importante, son únicos por su antigüedad y preservación, y representan, por mucho, la forma de degradación principal en la cadena Cenozoica superior (NARANJO y CORNEJO, en prep.). Las otras formas de erosión han actuado en un grado muy reducido debido a las condiciones extremadamente áridas imperantes en la zona, posiblemente desde el Mioceno.

#### REFERENCIAS

- MORTIMER, C., 1973. The Cenozoic history of the southern Atacama Desert, Chile. Geol. Soc. Lond., J1., Vol. 129, 505-526.
- NARANJO, J.A. y CORNEJO, P. (en preparación). Hoja Salar de Gorbea, Regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nac. Geol. y Min., Carta Geológica de Chile.
- NARANJO, J.A. y PASKOFF, R., 1980. Evolución geomorfológica del Desierto de Atacama entre los 26° y 33° latitud sur; revisión cronológica, Rev. Geol. Chile, N°10, 85-89.
- NARANJO, J.A. y PASKOFF, R., 1985. Evolución del piedemonte andino en el Pampa del Tamarugal, norte de Chile (18°-21°S). IV Congr. Geol. Chileno, Antofagasta, Tomo IV, 5-149 = 5-165.
- SIEBERT, L., 1984. Large volcanic debris avalanches: characteristics of source areas, deposits, and associated eruptions. J1. Volc. Geoth. Res., 22, 163-197.
- THORPE, R.S., FRANCIS, P.W., HAMMIL, M. and BAKER, M.C.W., 1982. The Andes. In Andesites (R.S. Thorpe, Ed.) John Wiley & Sons, Great Britain, 187-205.
- UI, T., 1983. Volcanic dry avalanche deposits-identification and comparison with non-volcanic debris stream deposits. J1. Volc. Geoth. Res., 18: 135-150.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto Hoja Salar de Gorbea del Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, y es una contribución al proyecto 249 del IGCP. Los autores agradecen a C.F. Ramírez las valiosas discusiones sobre el tema.