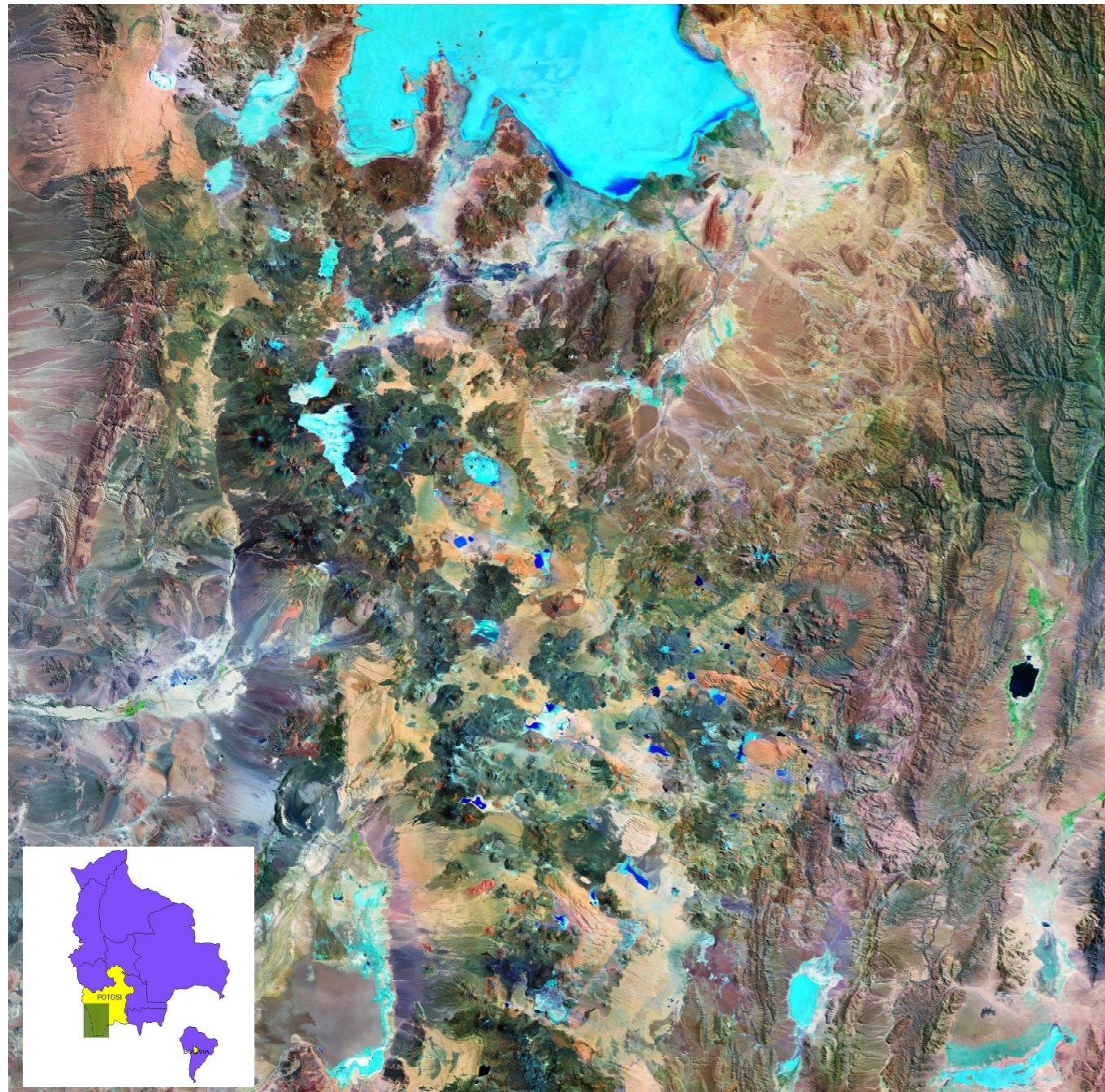


gran reservorio de magma que potencialmente podría alimentar nuevas erupciones en el futuro. De hecho, existen razones para pensar que una probable próxima erupción ocurrirá en el volcán Uturuncu. Este volcán comenzó a llamar la atención desde que Pritchard y Simons (2002), mediante métodos de interferometría de radar, determinaron que se está deformando de manera imperceptible. La deformación suele ser uno de los primeros fenómenos en ocurrir cuando un volcán está despertando. El control que se ha estado ejerciendo sobre el Uturuncu en los últimos años indica que la deformación ha continuado, pese a que no se ha generado ningún otro tipo de actividad indicativa como la sismicidad o el incremento de la actividad fumarólica. Mientras tanto, esta región tiene un alto potencial geoturístico.

#### Referencias citadas

- Chmielowski, J. y Zandt, G., 1999. *The Central Andean Altiplano –Puna magma body*. Geophysical Research Letters, v. 26, N° 6, p. 783-786.
- de Silva, S.L., Zandt, G., Trumbull, R., Viramonte, J.G., Salas, G. y Jiménez, N., 2006. *Large ignimbrite eruptions and volcano-tectonic depressions in the Central Andes: a thermomechanical perspective*. In Troise, C., De Natale, G., & Kilburn, C.R.J. (eds): Mechanism of Activity and Unrest at Large Calderas, p. 47–63. Geological Society, Special Publication 269, London.
- de Silva, S., Salisbury, M., Jiménez, N., Ort, M., Singer, B. y Jicha, B., 2008. *Supervolcano flare-up and caldera formation in the Central Andes*. Abstract N° 618, General Assembly IAVCEI, Reykjavic, Iceland.
- Jiménez, N., Vargas-Mattos, G., Santiviáñez, R., Ballón, P., y Gerales, M., 2008. *Neogene arc volcanism of the Bolivian Andes: A review of the chronology and the geochemical characteristics*. In Leitao, B., Braz, F. & Andersob de Souza, I. (eds.): Anais do IV Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados (CD-ROM), Foz do Iguaçu, Paraná-Brasil.
- Pritchard, M.E. y Simons, M., 2002. *A satelital geodetic survey of large-scale deformation of volcanic centres in the central Andes*. Nature, 418, p. 167-171.



## VOLCANES Y SUPERVOLCANES DE LA REGIÓN DE LÍPEZ, POTOSÍ

Néstor Jiménez  
 Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Geológicas, UMSA,  
 casilla 3-35140, La Paz, Bolivia

El término supervolcán, se usa informalmente para referirse a centros volcánicos que originaron erupciones explosivas excepcionalmente grandes, capaces de influir en el clima y provocar catástrofes globales. Esta capacidad, se debe a que las erupciones explosivas generan un gran volumen de ceniza volcánica y gases, que pueden permanecer en la atmosfera por mucho tiempo impidiendo el paso de la luz del sol. El ser humano moderno sólo vio dos erupciones de esta magnitud. La primera fue la erupción del supervolcán Toba, Sumatra, hace 75.000 años, causante de una drástica disminución de la diversidad genética del hombre en la prehistoria; la segunda, la del volcán Tambora, Indonesia, en 1815, mucho más modesta en volumen pero que provocó severos cambios en el clima de todo el globo. Las investigaciones actuales indican que en algún momento en el futuro ocurrirá una de estas erupciones con todas sus consecuencias.

La roca volcánica típica que se forma a partir de una erupción explosiva de gran volumen es la ignimbrita. Esta roca es el resultado de la consolidación de una especie de emulsión, conformada por una mezcla de gases, ceniza volcánica y piedra pómez, que viaja a ras del suelo a velocidades cercanas a los 100 km/h. Esta mezcla, que se encuentra a temperaturas de 600 a 800°C, tiene gran capacidad de movimiento y puede alejarse varias decenas de kilómetros desde el lugar de la erupción. Por ello, las ignimbritas se presentan como extensas mesetas que, cuando son erosionadas por los agentes climáticos, forman unos conjuntos que en nuestro país se conocen como "ciudades de piedra".

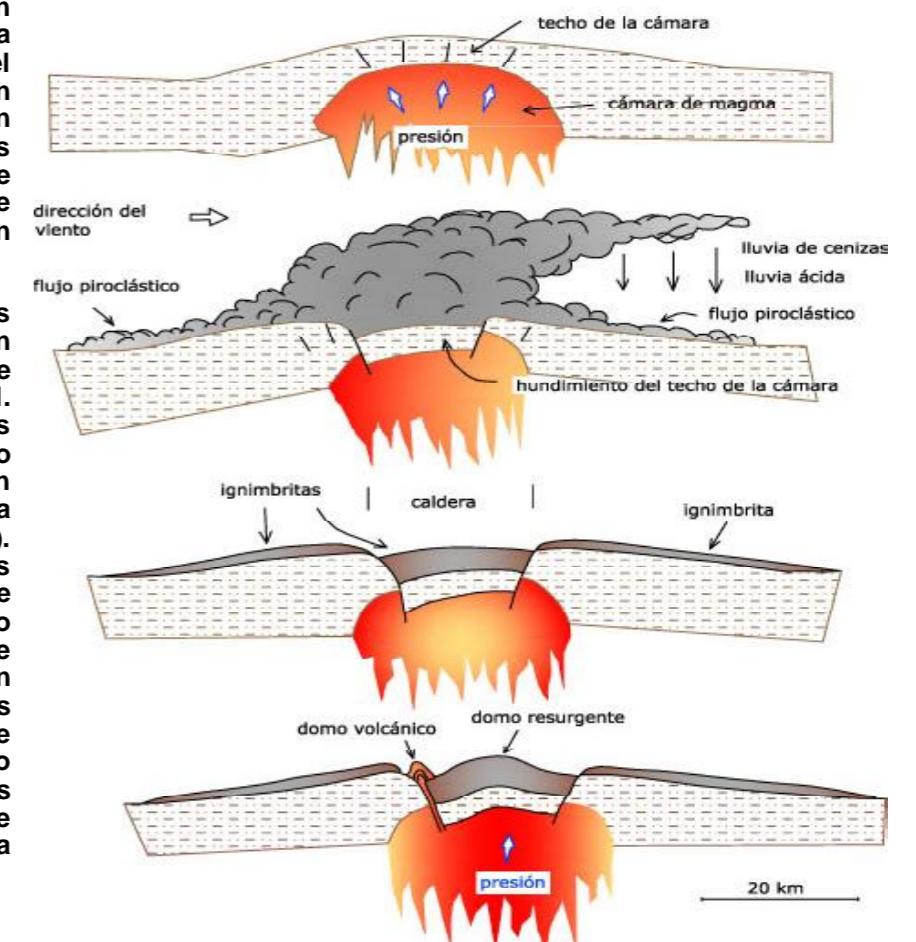
Debido a que la erupción de un volumen tan grande de material ocurre en un período de tiempo muy corto (se calcula que son unas semanas), por debajo del supervolcán se forma un vacío que en la superficie se refleja como un hundimiento del terreno de grandes proporciones. Estas zonas hundidas, que pueden tener varias decenas de kilómetros de diámetro, se denominan calderas volcánicas.

Bolivia tiene extensos campos volcánicos que cubren aproximadamente una superficie de 100.000 km<sup>2</sup> del territorio nacional. Afloramientos de estas rocas volcánicas se encuentran principalmente a lo largo de toda la Cordillera Occidental, y en menor proporción en el Altiplano y la Cordillera Oriental (Jiménez et al., 2008). Actualmente, se conoce que las erupciones explosivas, que son las que entrañan mayor riesgo, han sido frecuentes en la historia geológica de los Andes bolivianos. No obstante, aún son muy pocos los estudios detallados de los centros volcánicos donde ocurrieron estas erupciones. Este hecho es el que provoca que geólogos de los países vecinos, especialmente de Chile y Argentina, incursionen con cierta frecuencia en nuestro territorio.

#### El APVC

Uno de los campos volcánicos más extensos de nuestro territorio se encuentra en las Provincias Nor y Sur Lípez del Departamento de Potosí. Esta región, junto con las regiones aledañas de Chile y Argentina, constituye el Complejo Volcánico Altiplano Puna -conocido como APVC por sus siglas en inglés (Altiplano - Puna Volcanic Complex)- que cubre unos 70.000 km<sup>2</sup> en los tres países (de Silva et al., 2006). Este campo volcánico tiene fama mundial porque en él se encuentran algunos de los supervolcanes más grandes de nuestro planeta. Se calcula que en los últimos 10 millones de años unos 12.000 km<sup>3</sup> de magma hicieron erupción desde estos grandes centros volcánicos. En la porción boliviana del APVC se han identificado varios de

### EVOLUCIÓN DE UN SUPERVOLCÁN



estos centros que, por su historia y buen estado de preservación, son laboratorios naturales para investigar los supervolcanes. Cuando se observan las imágenes de satélite, sobresalen nítidamente dos grandes supervolcanes: La caldera Pastos Grandes y la caldera Guacha. Estas calderas fueron reconocidas a fines de la década del setenta del pasado siglo, cuando los métodos de percepción remota satelital se hicieron populares. Las investigaciones actuales indican que ambas calderas se formaron casi simultáneamente mediante la erupción de prodigiosos volúmenes de magma.

#### La caldera Pastos Grandes

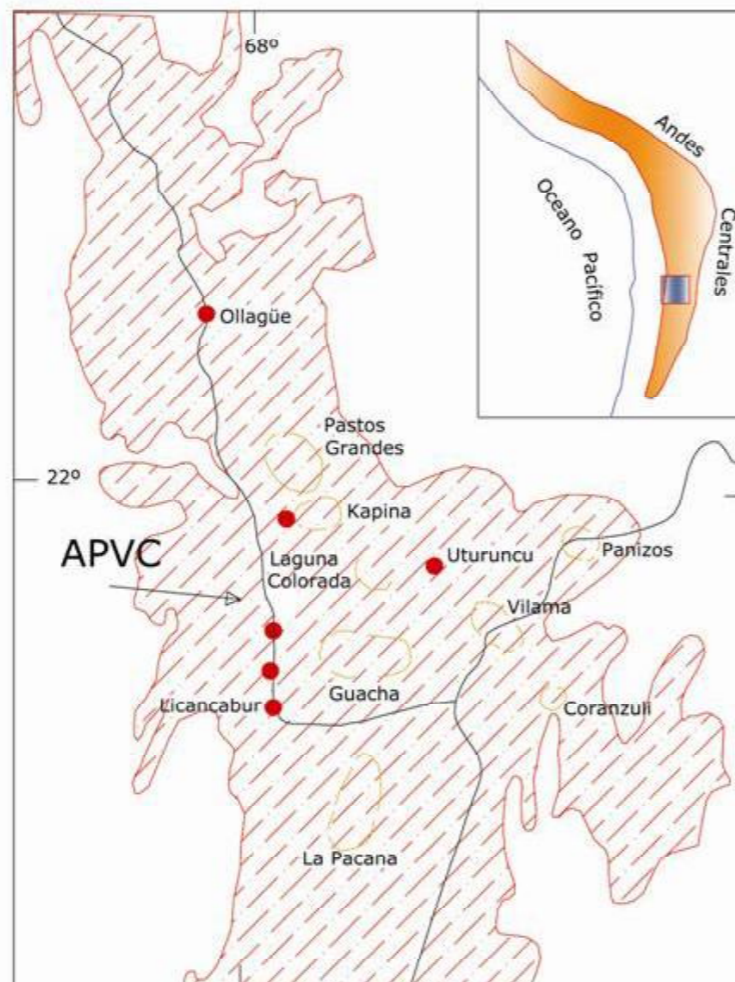
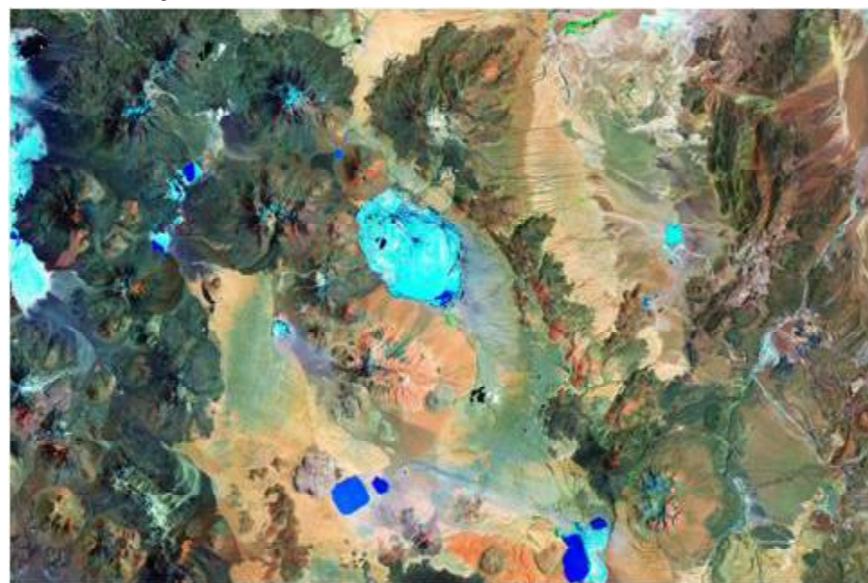
La caldera Pastos Grandes se encuentra en la parte norte del complejo volcánico. Tiene una forma oval orientada hacia el noroeste, con su eje mayor de unos 15 km de largo y su eje menor de 10 km. En las imágenes de satélite, las rocas volcánicas originadas en este supervolcán tienen tonos claros en tanto que los numerosos conos volcánicos que lo rodean están formados por rocas oscuras. El gran tamaño de esta caldera volcánica se debe a que hizo erupción en dos oportunidades. Las dataciones de alta precisión obtenidas recientemente (de Silva et al., 2008) indican que la primera gran erupción de este centro volcánico ocurrió hace 5,54 millones de años dando origen a la ignimbrita Chuhuilla. Esta ignimbrita se derramó principalmente hacia el norte cubriendo grandes extensiones puesto que, al parecer, existían pocos altos topográficos que

podían obstaculizar el flujo. Actualmente, afloramientos de esta ignimbrita se encuentran hasta a unos 50 km de distancia desde el lugar de erupción. Se calcula que el volumen de magma que hizo erupción excedió los 1000 km<sup>3</sup>. Volcanes más jóvenes se edificaron sobre ella.

La segunda gran erupción de esta caldera ocurrió hace 2,9 millones de años, generando a la ignimbrita Pastos Grandes que fluyó principalmente hacia el sur, rellenando valles y cubriendo planicies. La fosa de la

caldera también fue rellenada por esta ignimbrita. Se calcula que su volumen esta cerca de los 1000 km<sup>3</sup>. Esta ignimbrita es muy parecida a la anterior, razón por la cual sólo se la reconoció cuando las dataciones

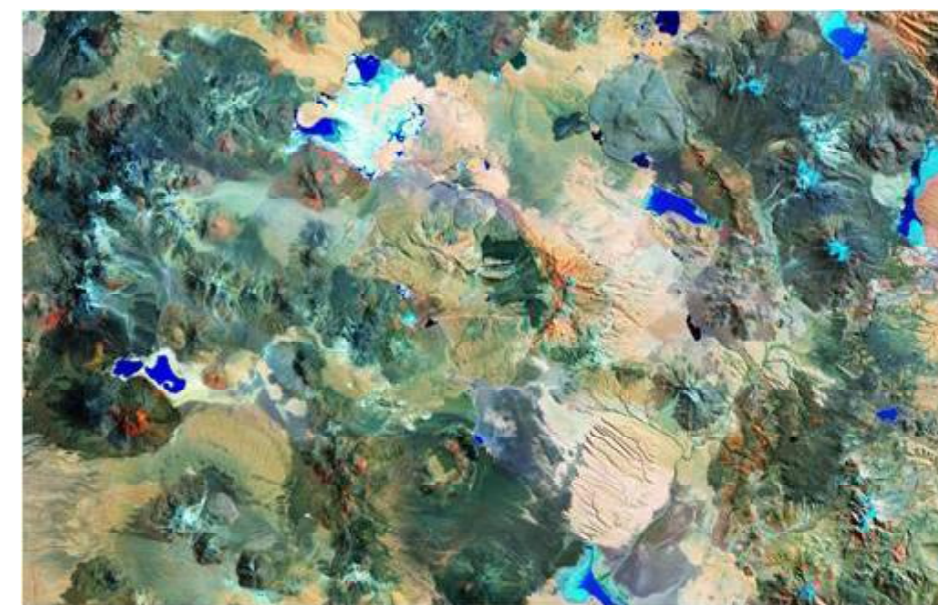
radiométricas dieron edades más jóvenes. Igual que la anterior, está subyaciendo a conos volcánicos recientes y también a ignimbritas más jóvenes. Una vez terminada esta última gran erupción y formada la caldera, sobrevino una etapa de actividad denominada de post-caldera. En primer lugar, la intrusión de un nuevo pulso de magma por debajo de la caldera empujó hacia arriba una parte de las ignimbritas de la fosa para dar origen al domo resurgente. Paralelamente, algunos domos volcánicos y pequeños conos se formaron por la acumulación de lavas viscosas y densas dentro de la caldera. Aún no se conoce por cuánto tiempo se prolongó esta etapa, pero se calcula que al menos fue por un millón de años.



#### La caldera Guacha

La caldera Guacha está ubicada en el extremo sudoeste de nuestro país, en una región hiperárida y fría que exhibe paisajes muy parecidos a los que se encontraron en Marte. A diferencia de la caldera descrita anteriormente, Guacha no forma una depresión topográfica sino una serranía alargada de dirección este-oeste y pendientes relativamente suaves. Pese a que la caldera se encuentra enteramente en territorio boliviano, las ignimbritas originadas en este supervolcán también se encontraron en el norte de Chile y

norroeste argentino. De acuerdo con las últimas investigaciones, esta caldera es el resultado de dos erupciones de gran volumen. La primera ocurrió hace 5,77 millones de años, casi contemporáneamente a la erupción de la ignimbrita Chuhuilla antes descrita. En esta erupción se originó la ignimbrita Guacha que se derramó, aparentemente, en una superficie llana puesto que actualmente sus afloramientos se encuentran hasta a unos 70 km del lugar de la erupción. A partir de la distribución de estos afloramientos, se puede inferir que esta ignimbrita está subyaciendo a la mayor parte de los volcanes de la esquina sudoeste de nuestro territorio. Esta ignimbrita también fue



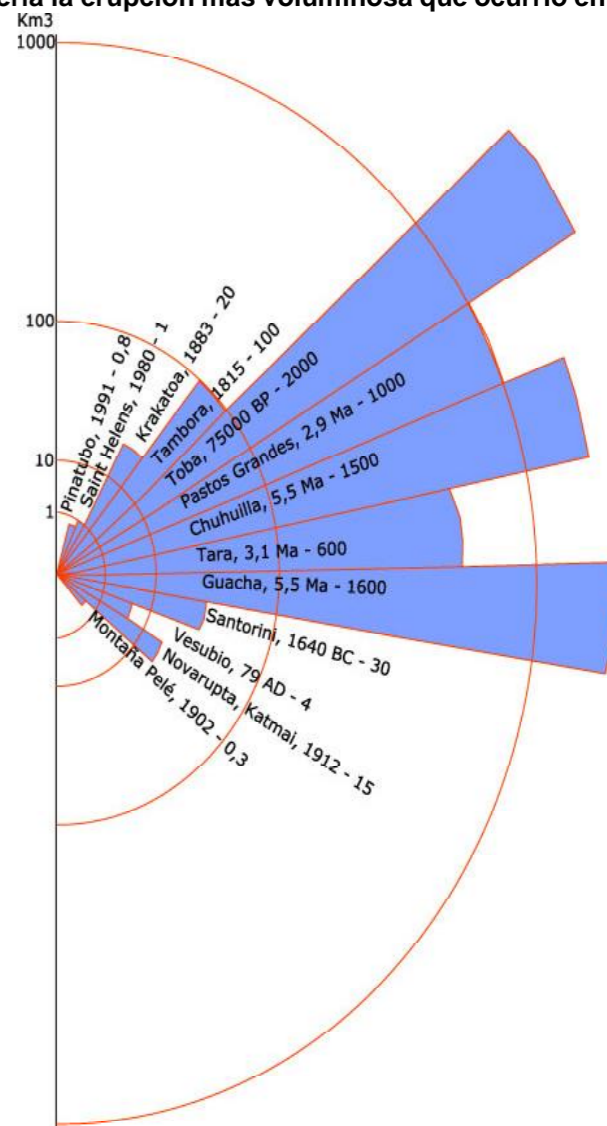
encontrada en Chile donde está invadiendo la fosa de la caldera La Pacana. Se ha estimado que el volumen de esta ignimbrita es de unos 1600 km<sup>3</sup>; por lo tanto, ésta sería la erupción más voluminosa que ocurrió en la historia geológica de nuestro país.

La segunda erupción de gran volumen ocurrió en la parte occidental de la caldera originando la ignimbrita Tara de 3,1 millones de años. Se calcula que su volumen es de unos 600 km<sup>3</sup>. Tanto en Bolivia, como en los vecinos territorios de Chile y Argentina, se nota que los espesores varían fuertemente sugiriendo que esta ignimbrita ha rellenado depresiones y valles pre-existentes. En la etapa post-caldera, toda la fosa de la caldera fue solevantada para formar un gran domo resurgente constituido por las ignimbritas de intracaldera flexionadas hacia arriba. Inmediatamente después, hicieron erupción lavas viscosas que construyeron conos y domos volcánicos que en parte coronan al domo resurgente.

#### La actividad volcánica actual

Comparación del volumen de las erupciones históricas y pre-históricas con las del APVC descritas en el texto. En cada caso, la última cifra es el número de km<sup>3</sup> de la erupción.

Existen varios volcanes en la región de Lípez que son considerados potencialmente activos, es decir que podrían entrar en erupción nuevamente. Muchos de ellos se encuentran en estado fumarólico o solfatárico, pero no existen evidencias que indiquen que hicieron erupción en los últimos 5000 años. Estos volcanes están restringidos a la frontera con Chile constituyendo el Arco Volcánico cuyos magmas están directamente relacionados al deslizamiento de la placa oceánica por debajo del continente. Los supervolcanes antes descritos se encuentran por detrás de este Arco y no exhiben ningún tipo de actividad actualmente. No obstante, trabajos geofísicos recientes (Chmielowski y Zandt, 1999), han identificado una zona de roca semi-fundida situada a 19 km de profundidad, que subyace a toda la región de Lípez y partes del norte chileno y noroeste de Argentina. Esta zona se interpreta como un



Responsables de la publicación: Ing. Yerko W. López V., Sr. Edgar Bohrt  
 Comité Científico del Boletín: Ing. José L. Duran O., MSc. Ing. J. Carlos Erquicia L.  
 Decano Facultad de Ingeniería Geológica: Dr. C. MSc. Ing. Pedro López C.  
 Director de Carrera Ingeniería Geológica: Ing Silvio Orsolini  
 Director de Carrera a.i. Ingeniería Ambiental: M.Ed.s Ing. Elias Puch Cabrera