

Los depósitos de ceniza volcánica del Pleistoceno Superior-Holoceno de la región de Tafí del Valle-Cafayate, noroeste de Argentina

The Upper Pleistocene-Holocene Volcanic ash deposits of the Tafí del Valle-Cafayate region, northwestern Argentina

J. L. Fernandez-Turiel¹, J. Saavedra², F. J. Perez-Torrado³, A. Rodriguez-Gonzalez³, G. Aliás⁴ y D. Rodriguez-Fernandez¹

1. Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera, ICTJA-CSIC, Solé i Sabaris s/n, 08028 Barcelona. jlfernandez@ictja.csic.es
2. IRNASA-CSIC, Salamanca. julio.saavedra@irna.csic.es
3. Departamento de Física (GEOVOL), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias. fperez@dfis.ulpgc.es, arodriguez@proyinv.es
4. Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona. galias@ub.edu

Resumen: Se han localizado diversos depósitos de ceniza volcánica, cuyos espesores llegan a superar en ocasiones los 4 m al suroeste de La Puna y áreas limítrofes (Provincias de Tucumán y Salta, Argentina). Estos depósitos son de edad Pleistoceno Superior y Holoceno y muestran la existencia hace pocos miles de años de volcanismo altamente explosivo, sin comparación con ningún episodio volcánico histórico en el noroeste de Argentina. Se han caracterizado la distribución granulométrica de la ceniza (difracción laser), la morfología de las partículas (microscopía electrónica de barrido), mineralogía (difracción de rayos X) y la geoquímica de elementos mayores y trazas en muestra total mediante espectrometría de masas (HR-ICP-MS). La información suministrada por estos depósitos tiene gran interés a la hora de dimensionar los modelos de impacto geoquímico de la caída de ceniza de futuras erupciones volcánicas en la Zona Volcánica Central de los Andes, cuantificando la contribución de la ceniza volcánica a los balances geoquímicos regionales, tanto por lo que respecta a nutrientes (p. ej., Ca y Fe), como de elementos potencialmente tóxicos (p. ej., As y F), entre otros elementos de interés.

Palabras clave: Ceniza, volcanismo, Holoceno, Valles Calchaquies, Argentina.

Abstract: We identified volcanic ash deposits, whose thickness can exceed sometimes the 4 m, in the southeastern margin of La Puna and neighbouring areas (Provinces of Tucuman and Salta, Argentina). These Late Pleistocene and Holocene deposits show the existence of a highly explosive volcanism only some few thousand years ago, without comparison with any historical volcanic episode in northwestern Argentina. We have characterized the size distribution of ash (laser diffraction), morphology of particles (SEM), mineralogy (XRD) and the geochemistry of major and trace elements in bulk sample using mass spectrometry (HR-ICP-MS). The information provided by these deposits is of great interest to size adequately the geochemical impact models of ashfall in future volcanic eruptions in the Central Volcanic Zone of the Andes, quantifying the contribution of volcanic ash to the regional geochemical balances, both with respect to nutrients (e.g., Ca and Fe) and potentially toxic elements (e.g., As and F), among other elements of interest.

Key words: Ash, volcanism, Calchaquies Valleys, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El volcanismo de la Cordillera de los Andes es el resultado de un proceso de subducción prácticamente continuo desde el Oligoceno. El volcanismo cuaternario se distribuye en cuatro sectores a lo largo de los 7.500 km de la Cordillera: la Zona Volcánica Norte (ZVN: entre las latitudes 6-8° S), la Zona Volcánica Central (ZVC: 16-28° S), la Zona Volcánica Sur (ZVS: 33-46° S) y la Zona Volcánica Austral (ZVA: 49-56° S). En la ZVC se encuentran más de 35 grandes estratovolcanes cuaternarios potencialmente activos, como por ejemplo San Pedro, con 6.145 m de altura, Láscar, 5.590 m, Llullaillaco, 6.740 m, y Ojos

del Salado, el volcán más alto del planeta con sus 6.887 m, y cuatro megaestructuras de caldera (Pastos Grandes, Panizos, La Pacana y Cerro Galán) (Stern et al., 2007). La ZVC constituye el segmento más alto (hasta 6.887 m s.n.m.) y ancho (850 km) de la Cordillera de los Andes. Se caracteriza por contener el plateau del Altiplano (15-23°S) y la Puna (23-28°S), una potente estructura cortical de hasta 70 km de espesor, que forma una cuenca interior rellena por sedimentos procedentes de las cordilleras Oriental y Occidental, que lo limitan.

El volcanismo del Pleistoceno Superior y Holoceno de la ZVC ha formado estratovolcanes andesíticos y complejos dómicos dacíticos que llevan asociados

flujos piroclásticos, caídas de ceniza y deslizamientos gravitacionales. Aunque menos frecuentes, también hay centros eruptivos monogenéticos principalmente de andesitas basálticas. La mayoría de los volcanes activos de la ZVC se consideran de bajo riesgo porque se encuentran alejados de zonas muy pobladas (Stern et al., 2007) e históricamente sus erupciones han provocado pequeños daños. Sin embargo, algunos de ellos tienen una alta recurrencia (Láscar, 4 erupciones en los últimos 15 años) y, por otro lado, los depósitos de ceniza cuaternarios indican una actividad explosiva muy importante y recurrente. En el caso de que se produjera una de tales erupciones, los daños serían cuantiosos a nivel medioambiental y social, sobre todo en Argentina, ya que los vientos predominantes circulan de oeste a este.

Se han investigado diversos depósitos de ceniza volcánica intercalados en series sedimentarias continentales del Pleistoceno Superior y Holoceno en la región de transición entre la Puna y la Llanura Chacopampeana, en el noroeste de Argentina, que es el área donde con mayor probabilidad impactará una erupción de la ZVC, con el fin de dimensionar geoquímicamente los efectos del volcanismo altamente explosivo y disponer de información para la prevención de futuras erupciones, cuantificando la contribución de la ceniza volcánica a los balances geoquímicos regionales, tanto por lo que respecta a nutrientes (p. ej., Ca y Fe), como de elementos potencialmente tóxicos (p. ej., As y F).

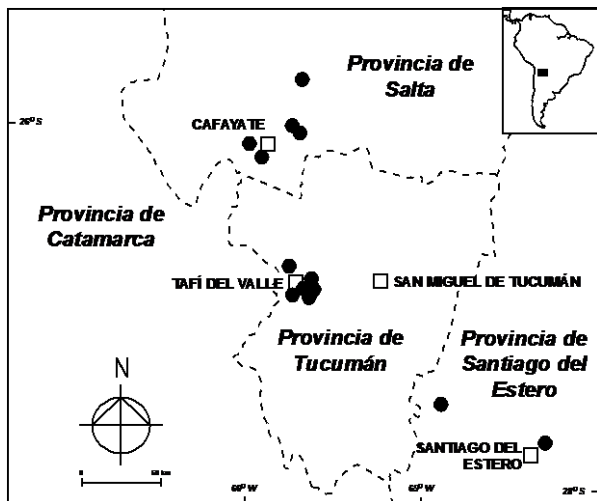


FIGURA 1. Localización de los lugares de muestreo (círculos negros) en el noroeste de Argentina.

MÉTODOS

Se han tomado 36 muestras de ceniza volcánica en una decena de secuencias sedimentarias bien conocidas del Pleistoceno-Holoceno en las regiones de Tafi del Valle (Provincia de Tucumán; Collantes et al., 1993), Cafayate-Tolombón (Provincia de Salta; Hermanns et al., 2008) y Termas de Río Hondo-Santiago del Estero

(Provincia de Santiago del Estero; Bhattacharya et al., 2006) (Figura 1). Se levantaron los perfiles estratigráficos correspondientes y en cada muestra se ha analizado la distribución granulométrica por difracción laser, se han descrito los caracteres morfológicos de las partículas en base a microscopía electrónica de barrido (SEM), se ha estudiado su mineralogía por difracción de rayos X y su geoquímica de elementos mayores y trazas de muestra total mediante espectrometría de masas de alta resolución (HR-ICP-MS). Los detalles metodológicos de esta caracterización pueden consultarse en Ruggieri et al. (2010, 2011, 2012a y 2012b). Asimismo, se recogieron muestras de carbones y turba en niveles de paleosuelos intercalados entre la secuencia piroclástica para ser datados mediante ^{14}C .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que los depósitos de ceniza proceden de varias erupciones. La agrupación de muestras en base a la distribución granulométrica (unimodal vs. bimodal y valores de modas), morfología de partículas, mineralogía y geoquímica de elementos traza en roca total (utilizando análisis multivariable de clusters), indica que pueden distinguirse al menos cuatro eventos eruptivos, de los que uno tiene más de 30.000 años y los otros tres serían holocenos. Los depósitos más antiguos entre los estudiados se encuentran en la Qubrada de las Conchas, en el área de Cafayate, y muestran una litificación incipiente, mientras que en los más recientes, las partículas de las cenizas están sueltas. Las secciones estratigráficas holocenas más completas, localizadas en Tafi del Valle, han podido correlacionarse y han permitido reconstruir una historia eruptiva compleja y que implica episodios de gran explosividad que han dejado depósitos de ceniza cuya potencia es variable lateralmente, llegando a superar en algunos puntos los 2 m. Esta secuencia aflora de forma discontinua en una superficie aproximada de 44 km². La datación por radiocarbono de una turba situada por debajo de los niveles cineríticos, dio una edad de 4290 ± 40 BP (Ref. Beta - 268035; Beta Analytic Inc.), lo que permite estimar la edad máxima de la erupción más explosiva que afecta al Valle de Tafi. Se han localizado otros depósitos sin aparente correlación con los anteriores en la zona de Tolombón, próxima también a Cafayate, y de Santiago del Estero. El más potente se ha localizado al norte de la localidad de Cafayate y supera los 4 m de espesor (Fig. 2). Los depósitos suelen ser masivos, si bien muchos de ellos muestran laminación paralela en la parte basal.



FIGURA 2. Depósito de ceniza sin estructuras internas de más de 4 m de espesor. Se localiza al norte de la localidad de Cafayate (Provincia de Salta, Argentina).

Estos depósitos cineríticos están formados por fragmentos de vidrio muy vesiculados (Fig. 3), como elementos principales, pero también hay abundancia de cuarzo, albita y anortita, mientras que el feldespato potásico y la biotita son más escasos. Aunque la biotita no es muy abundante, sí resalta en campo por el contraste entre su color bronce y el blanco brillante del resto de constituyentes.

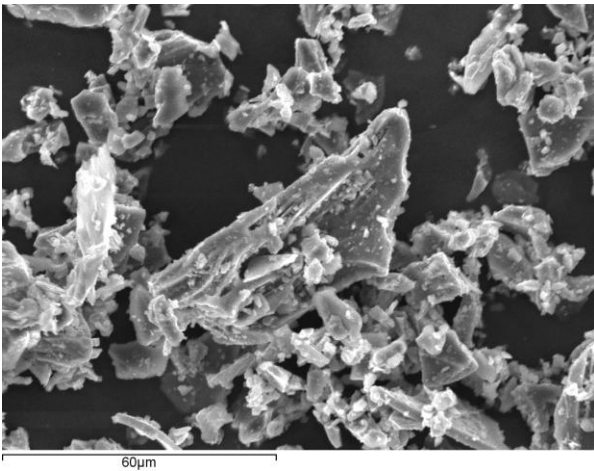


FIGURA 3. Imagen SEM BSE de ceniza de los depósitos de Tafi del Valle (Provincia de Tucumán, Argentina).

CONCLUSIONES

Los depósitos de ceniza estudiados revelan la existencia de varias erupciones holocenas, cercanas en el tiempo, y algunas de ellas probablemente procedentes del mismo volcán, indicando una alta recurrencia de un volcanismo muy explosivo que puede llegar a tener un gran impacto en una región con elevada densidad de población en algunas áreas (p. ej., San Miguel de Tucumán, Salta) y con importantes explotaciones agrícolas. La magnitud de los eventos volcánicos que generaron los depósitos considerados no tiene comparación con la de las erupciones

observadas en tiempos históricos por lo que la información suministrada por estos depósitos tiene gran interés a la hora de dimensionar geoquímicamente los modelos de impacto de caída de ceniza de futuras erupciones volcánicas en la Zona Volcánica Central de los Andes y valorar posibles acciones de prevención.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo técnico del labGEOTOP (infraestructura cofinanciada por FEDER, CSIC08-4E-001) del ICTJA-CSIC; de los Grupos PEGEFA (2009-SGR-972) y GEOVOL y fue financiado por el Proyecto QUECA (CGL2011-23307).

REFERENCIAS

- Collantes, M.M., Powell, J. y Sayago, J.M. (1993): Formación Tafi del Valle (Cuaternario superior), provincia de Tucumán (Argentina): litología, paleontología y paleoambientes. En: *XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas II: 200-206.
- Ruggieri, F., Saavedra, J., Fernandez-Turiel, J. L., Gimeno, D. y Garcia-Valles, M. (2010): Environmental geochemistry of ancient volcanic ashes. *J. Haz. Materials*, 183: 353-365.
- Ruggieri, F., Fernandez-Turiel, J. L., Saavedra, J., Gimeno, D., Polanco, E. y Naranjo, J.A. (2011): Environmental geochemistry of recent volcanic ashes from Southern Andes. *Environmental Chemistry*, 8: 236-247.
- Ruggieri, F., Fernandez-Turiel, J. L., Saavedra, J., Gimeno D., Polanco, E., Amigo, A., Galindo, G., Casselli, A. (2012a): Contribution of volcanic ashes to the regional geochemical balance: the 2008 eruption of Chaiten volcano, Southern Chile. *Sci. Total Environ.*, 425, 75-884.
- Ruggieri, F., Gil, R. A., Fernandez-Turiel, J. L., Saavedra, J., Gimeno D., Lobo, A., Martinez, L. D. y Rodriguez-Gonzalez, A. (2012b): Multivariate factorial analysis to design a robust batch leaching test to assess the volcanic ash geochemical hazard. *J. Haz. Materials*, 213-214, 273-284.
- Stern C.R., Moreno H., López-Escobar L., Clavero J., Lara L., Naranjo J.A., Parada, M.A. y Skewes, M.A. (2007): Chilean volcanoes. En: *Geology of Chile* (T. Moreno y W. Gibbons, eds.), The Geological Society of London, London, 147-178.
- Hermanns, R.L. y Schellenberger A. (2008): Quaternary tephrochronology helps define conditioning factors and triggering mechanisms of rock avalanches in NW Argentina, *Quat. Int.*, 178, 261-275.
- Bhattacharya P., Claesson M., Bundschuh J., Sracek O., Fagerberg J., Jacks G., Martin R.A., Storniolo A.D., Thir J.M. (2006): Distribution and mobility of arsenic in the Rio Dulce alluvial aquifers in Santiago del Estero Province, Argentina, *Sci. Total Env.*, 358, 97-120.