

Uso de Sistemas de Información Geográfica para el cálculo del volumen de los materiales emitidos en la erupción de 1971 del volcán Teneguía (La Palma, Islas Canarias)

Application of Geographical Information Systems for calculating the eruptive volume of materials issued in the 1971 eruption of the volcano Teneguía (La Palma, Canary Islands, Spain)

Francisco Javier López Acevedo y María José Pellicer Bautista

Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.
Calle de José Antonio Nováis, 2. Ciudad Universitaria 28040 Madrid, España. lopace@ucm.es, pellicer@ucm.es

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) are becoming day to day an essential tool in the field of Geology. To show its potential, we have used a three-dimensional spatial analysis in ArcGIS 10.0 from triangulated irregular networks (TIN) formed by topographies for the volcano Teneguía (La Palma, Canary Islands) before and after its eruption in 1971. The purpose of the study is to calculate the surface eruptive volume, discuss the measures carried out after the eruption in 1974, and try to get a more accurate volumetric result.

Key-words: GIS, volcano, Teneguía, Canarias.

RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta cada día más indispensable en el campo de la Geología. Para demostrar su potencial, se ha realizado un análisis espacial tridimensional en ArcGIS 10.0 a partir de redes irregulares de triángulos (TIN) formados por las topografías previa y posterior a la erupción del año 1971 del volcán Teneguía (La Palma). La finalidad del artículo es calcular el volumen eruptivo en superficie, discutir las medidas llevadas a cabo en el estudio de la erupción en 1974, y tratar de conseguir un resultado volumétrico más exacto.

Palabras clave: SIG, volcán, Teneguía, Canarias.

Geogaceta, 56 (2014), 59-62.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 10 de febrero de 2014
Fecha de revisión: 29 de abril de 2014
Fecha de aceptación: 30 de mayo de 2014

Introducción

El volcán Teneguía, localizado en la parte sur de la isla de La Palma (Islas Canarias) (Fig. 1), fue el último episodio eruptivo en superficie de España, ya que el posterior episodio de El Hierro en 2011 fue submarino. Formado sobre el volcán de San Antonio (Araña y Fuster, 1974; Hernández-Pacheco y Valls, 1982; Araña, 1999), la erupción tuvo lugar entre el 26 de octubre y el 18 de noviembre de 1971 y fue relatada más tarde por Carracedo (2011).

Estudios realizados a partir de una serie de mapas y esquemas permitieron estimar un volumen eruptivo de unos $40 \times 10^6 \text{ m}^3$, cálculo aproximativo como señalan los propios autores, a partir de medidas de campo durante el desarrollo de la propia erupción (Afonso *et al.*, 1974). Sin embargo, esta cifra se basó en cálculos aproximativos,

debido a que en la época en la que se realizaron los estudios aun no existía la tecnología necesaria para hacer un cálculo de detalle.

Actualmente, gracias a la potencia de los ordenadores y a programas de gestión de información geográfica (SIG) tales como ArcGIS (ESRI, Inc., Redlands, CA, USA), es posible realizar cálculos más precisos a partir de análisis espaciales en entornos tridimensionales, como ha sido el empleado en el estudio del archipiélago de Hawái (Robinson y Eakins, 2006) o en la isla de Gran Canaria (Rodríguez-García *et al.*, 2011).

En este trabajo, se ha hecho uso de ArcGIS 10.0 para calcular el volumen de los materiales emitidos en la última erupción del Teneguía a partir de los datos topográficos previos y posteriores a dicha erupción para ratificar de un modo más preciso las medidas realizadas en el año 1974, así

como para demostrar la utilidad de las herramientas de SIG a la hora de realizar esta clase de estudios.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo el cálculo del volumen de los materiales eruptivos, se trabajó con la topografía previa (MTN50 1094a Fuencaliente de la Palma, 1968) y posterior a la erupción (MTN50 1087 Los Canarios, 2011) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a partir de las cuales se generarían las redes irregulares de triángulos (TIN) del terreno, y así realizar una diferencia de superficie a partir de los distintos volúmenes.

Se presentó el problema de que la topografía previa a la erupción no era del todo fiable, pues su elaboración se había realizado a partir de interpolaciones de vér-

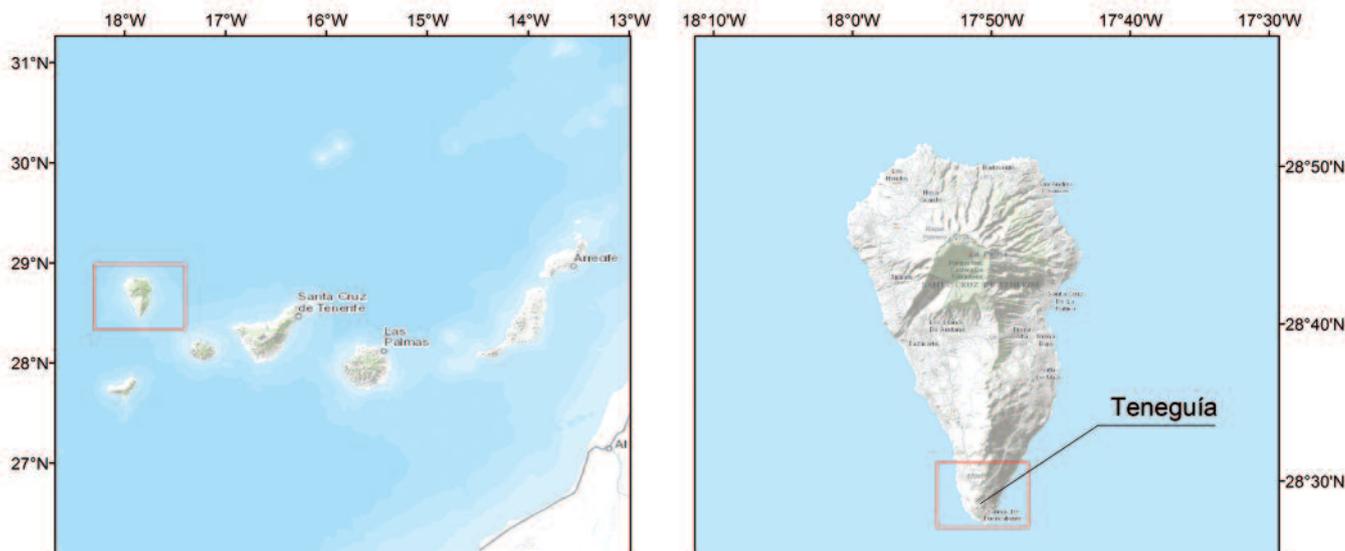


Fig. 1.- Localización del volcán Teneguía. Mapa base de ESRI, 2014. Modificado por los autores.

Fig. 1.- Location of the volcano Teneguía. ESRI basemap, 2014. Modified by authors.

tices geodésicos, a diferencia de la topografía posterior que había sido calculada mediante técnicas satelitales en fecha más reciente. Prueba de ello ha sido que al realizar un análisis topológico de ambas topografías bajo la premisa de que una debía estar cubierta por la otra, se comprobó que las curvas de nivel no coincidían enteramente entre ellas, no ya en las zonas de las últimas coladas emitidas por el volcán, sino en aquellas otras no afectadas por la erupción, denotando el error de exactitud existente en la topografía manual respecto a la digital.

Para solucionar dicha discrepancia, se procedió a crear una topografía base a partir de la posterior, donde sólo las partes afectadas por las coladas y piroclastos del Teneguía contendrían las curvas de nivel previas a la erupción, y proporcionadas por la edición del año 1968. Estas fueron digitalizadas para el presente trabajo, con lo que se eliminaba cualquier error existente en la parte externa a las coladas, y se minimizaba el error en la parte interna a éstas.

La delimitación de las zonas de los materiales piroclásticos se obtuvo a partir

del mapa geológico MAGNA 1:50.000, hoja 1088 (Fuencaliente).

En cuanto a la metodología, una vez preparadas ambas topografías, se procedió a crear las TIN de cada una de ellas mediante la geoherramienta Creación de TIN, haciendo uso de una triangulación de Delaunay, ya que al conseguir que los ángulos del interior de los triángulos fuesen los más grande posible, se conseguía minimizar el previsible error posterior cuando se calculase la variación de superficie entre la triangulación previa a la erupción y la posterior.

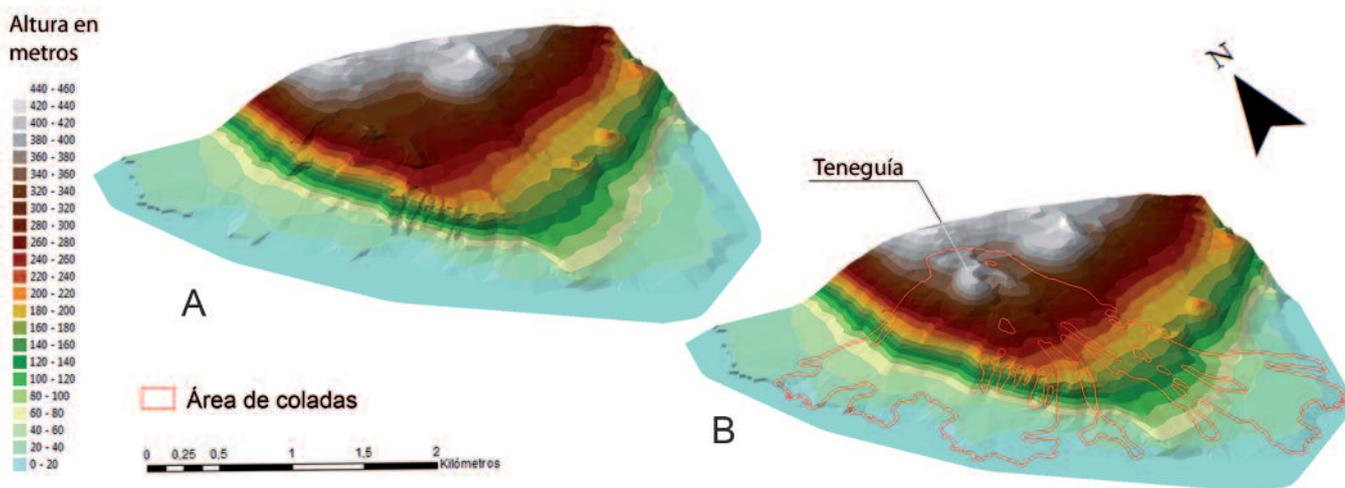


Fig. 2.- Modelos tridimensionales del terreno, del área de estudio, a partir de redes irregulares de triángulos antes de la erupción (A) y posterior a la misma (B).

Fig. 2.- Three-dimensional terrain models of the studied area, based on triangulated irregular networks before (A) and after (B) the eruption.

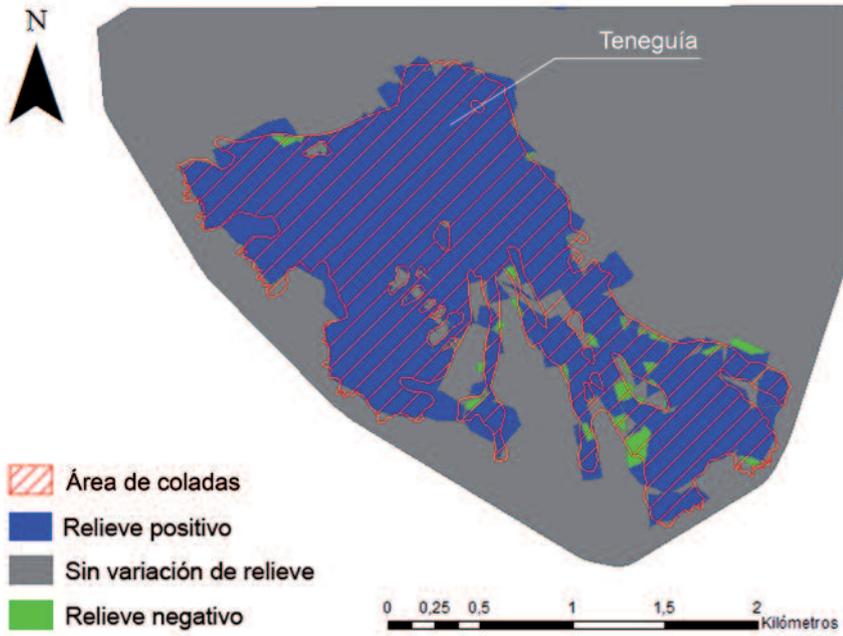


Fig. 3.- Resultado de la ejecución de la geoherramienta Diferencia de superficie. Los tonos claros corresponden con la superposición de la capa de las coladas.

Fig. 3.- Results of the execution of the geotool Surface difference. Light tones correspond to overlapping of the layer of flows.

Creadas las TIN (Fig. 2), se calculó la diferencia de superficie entre ambas redes mediante la geoherramienta Diferencia de superficie, obteniendo como resultado una superficie de variación (Fig. 3) en la que se muestra las diferencias positivas tanto de área como de volumen (en azul), las que no presentan diferencia (en gris), y las que presentan diferencias negativas (en verde).

La existencia de pequeñas zonas de diferencia negativa se debe a los posibles errores existentes en la adaptación de las topografías, producto del procesamiento del programa, así como a la resolución de la cartografía con la que se trabajaba, con equidistancia entre curvas de nivel de 20 metros, ya que durante la erupción no se produjo ningún tipo de deslizamiento que

podiese haber dado lugar a la desaparición de material. Por tanto, se incluyen como superficie positivas para el cómputo final.

En un resumen estadístico de los datos obtenidos mediante la diferencia de superficie, se ha calculado un volumen de 43.013.329 m³ de material eruptivo en superficie (Fig. 4).

Para comprobar que el resultado es correcto, se ha procedido a realizar un segundo cálculo del volumen de las TIN mediante la geoherramienta Volumen en superficie, que genera un documento con el área bidimensional, el área tridimensional y el volumen de las redes de triángulos a partir de un nivel de referencia dado, en este caso el nivel del mar. Los resultados de dichas medidas se muestran en la Tabla I.

TIN	Volumen
Previo	1.390.344.625 m ³
Posterior	1.433.241.780 m ³

Tabla I.- Volúmenes del terreno, del área de estudio, antes y después de la erupción de 1971.

Table I.- Volumes of terrain, of the studied area, before and after the 1971 eruption.

Al realizar la diferencia entre ambos datos se obtuvo un volumen de 42.897.155 m³, valor próximo al previamente calculado con una diferencia de 116.174 m³ entre uno y otro (0,27%).

Altura en metros del material eruptivo

- 90 - 102
- 80 - 90
- 70 - 80
- 60 - 70
- 50 - 60
- 40 - 50
- 30 - 40
- 20 - 30
- 10 - 20
- 0 - 10

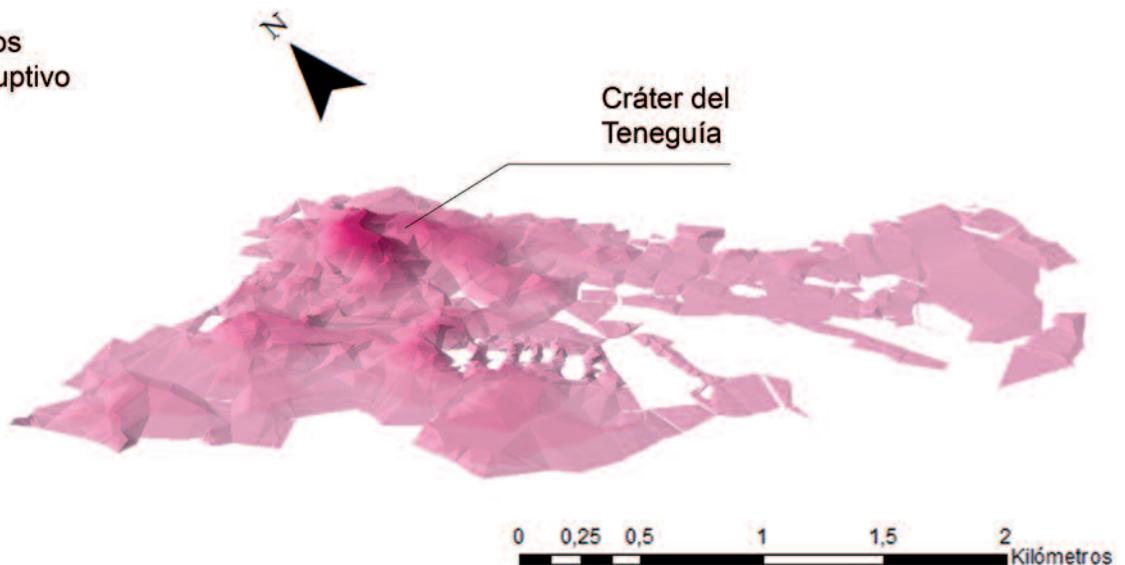


Fig. 4.- Modelo de extracción del material expulsado en superficie durante la erupción de 1971, calculado en 43.013.329 m³.

Fig. 4.- Model extraction with the ejected material on surface during the 1971 eruption, measured in 43,013,329.84 m³.

Si se calcula la tasa de material emitido en los 24 días que duró la erupción, esta corresponde a 1.792.222 m³/d.

Conclusiones

El estudio realizado en la última erupción del volcán Teneguía mediante la aplicación de un SIG ha proporcionado una mejor estimación del volumen emitido, de manera rápida y fiable. Es importante señalar que, aun habiendo arrastrado errores en los datos de partida, se ha podido realizar un estudio bastante ajustado sin que éstos hayan afectado en gran medida al resultado final. Queda por tanto clara la importancia de contar con datos de partida de calidad a la hora de trabajar con herramientas SIG, ya que dependiendo de los algoritmos y geohe-rramientas aplicadas, un pequeño error en los datos de partida pueden dar lugar a diferentes errores en el cálculo final.

Respecto a los cálculos efectuados originariamente, estimados en unos 40x10⁶ m³ para el material emitido, se ha podido comprobar que el valor obtenido, 43.013.329 m³, es ligeramente superior, teniendo en cuenta siempre que ha sido realizado sobre los materiales en superficie, ya que la cantidad total incluiría aquél que habiendo sobrepasado la línea de costa quedó depositado bajo el nivel del mar. Lamentablemente, la falta de una batimetría previa a la erupción, así como la erosión sufrida en los materiales desde entonces por las corrientes marinas dejan como incógnita el volumen total de la erupción del Teneguía de 1971.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dra. María José Huertas Coronel sus comentarios y apoyo para la mejora de este trabajo. A su vez, quisieran agradecer también la labor de

los correctores, ya que gracias a ellos la calidad de este trabajo se ha podido mejorar.

Referencias

- Afonso, A., Aparicio, A., Hernández-Pacheco, A. y Badiola, E.R. (1974). *Estudios Geológicos*, Vol. Teneguía, 19-26.
- Araña, V. (1999). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 7, 262-266.
- Araña, V. y Fúster, J.M. (1974). *Estudios Geológicos*, Vol. Teneguía, 15-18.
- Carracedo, J.C. (2011). *Geología de Canarias I: origen, evolución, edad y volcanismo*. Rueda, Madrid, 398 p.
- Hernandez-Pacheco, A. y Valls, M.C. (1982). *Rev. Univ. Acores* NIII, 83-94.
- Robinson, J.E. y Eakins, B.W. (2006). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 151, 309-317.
- Rodríguez-García, A., Fernández-Turiel, J.L., Pérez-Torrado, F.J., Aulinas, M., Carracedo, J.C., Gimeno, D., Guillou, H. y Paris, R. (2011). *Geomorphology* 134, 249-259.