

# Aplicación del análisis morfométrico a los volcanes del extremo sur-oriental de la Región Volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)

R. Becerra Ramírez (1), J. Dóniz Páez (2), E. González Cárdenas (1)

(1) Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio – U. de Castilla-La Mancha. Rafael.Becerra@uclm.es  
(2) E.U. de Turismo Tomás Iriarte – Universidad de La Laguna (Tenerife)

## Abstract

**Morphometric analysis application to the volcanoes of the sud-oriental sector in Campo de Calatrava Volcanic Region (Ciudad Real, Spain).**

This paper is based on the application of the morphometric analysis to the study of the morphology and genesis in cinder cones of the Campo de Calatrava Volcanic Region. This study allows us to characterize these volcanoes and identify the differences due to the genesis of themselves (polygenetic and monogenetic). These analyses have been applied for the first time in Spain by Dóniz (2004) in Tenerife Island, and by Becerra (2007) in Campo de Calatrava, considering previous authors as Porter (1972), Settle (1979) and Wood (1980).

**Palabras clave:** morfometría, geomorfología volcánica, monogénico, poligénico, Campo de Calatrava.

**Key words:** morphometry, volcanic geomorphology, monogenetic, polygenetic, Campo de Calatrava.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los análisis morfométricos aplicados al estudio de los volcanes cuentan con una trayectoria de más de 30 años; sin embargo, para el caso español sólo se han utilizado muy recientemente y de forma sistemática para el caso de Tenerife (Dóniz, 2004) y del Campo de Calatrava (Becerra, 2007). En este trabajo se aplican las técnicas de análisis morfométrico para caracterizar una parte de los volcanes magmáticos calatravos, ver su validez y determinar diferencias morfológicas y morfométricas en los dos grandes grupos genéticos de volcanes reconocidos en esta región volcánica: monogénicos vs. poligénicos.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de aplicación de estas técnicas de análisis morfométrico se ciñó al

sector sur-oriental de la región volcánica (fig. 1), más concretamente a la hoja MTN50-811 (Moral de Calatrava), en la cual se localizaron 36 edificios volcánicos, 18 de carácter magmático y el resto hidromagmático (maares). De entre los volcanes magmáticos, sólo se ha aplicado el análisis morfométrico a 13 conos de piroclastos (*cinder cones*). De estos aparatos eruptivos, 4 son de carácter poligénico y el resto monogénicos.



Fig. 1. Área de estudio y unidades naturales de la provincia de Ciudad Real.

### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de trabajo pasó por diferentes fases entre las que se incluirían la revisión bibliográfica sobre el volcanismo en España, el volcanismo calatravo y los trabajos basados en los análisis morfométricos de otras regiones volcánicas del planeta. Posteriormente se localizaron los edificios volcánicos a través de fotografías aéreas, de ortoimágenes espaciales y de la cartografía topográfica y geológica de la zona. Una vez localizados los edificios volcánicos, se procedió a la realización de los trabajos de campo donde se analizó cada edificio volcánico, identificando los parámetros morfométricos y las diferentes fases eruptivas que lo construyeron, elaborándose fichas de campo y esquemas geomorfológicos de cada volcán.

#### 3.1. Los análisis morfométricos.

La morfología de cada edificio volcánico se determinó atendiendo a una serie de parámetros morfométricos (fig. 2) que fueron medidos y tomados como referencia para los análisis posteriores, tal y como establecen autores previos: Porter (1972), Settle (1979), Wood (1980) o Dóniz (2004).

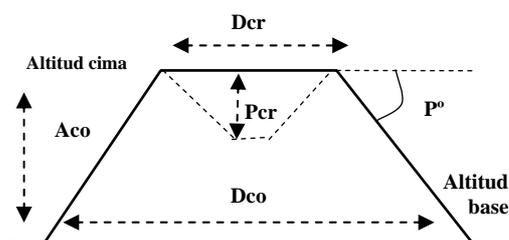


Fig. 2. Principales parámetros de análisis morfométrico en conos piroclásticos.

Se tomaron mediciones tanto de la altura del cono ( $Aco$ ), como del diámetro del edificio volcánico ( $Dco$ ) y del cráter ( $Dcr$ ). A su vez también se midió la profundidad del cráter ( $Pcr$ ), la pendiente máxima del aparato eruptivo ( $P^\circ$ ), la superficie ( $km^2$ ) y el volumen

( $km^3$ ) basado en la fórmula de un cono truncado. Además, se realizaron diferentes correlaciones morfométricas: altura del edificio/diámetro del cono ( $Aco/Dco$ ), diámetro del cráter/diámetro basal ( $Dcr/Dco$ ), la elongación del edificio ( $DMco/dmco$ ), los índices de separación y agrupamiento.

### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

La aplicación de estas técnicas de análisis morfométrico (tabla 1) permite caracterizar morfométricamente los volcanes calatravos y estudiar su morfología.

TABLA 1. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS MEDIOS DE LOS VOLCANES MAGMÁTICOS DEL SECTOR SUR-ORIENTAL DEL CAMPO DE CALATRAVA (Elaboración propia).

Parámetros	MONOGÉNICOS	POLIGÉNICOS
Altura cono (m)	27,43	94,50
Superficie $Km^2$	0,543	0,830
Diámetro cono (m)	711,64	934,13
Diámetro cráter (m)	124,50	228,88
Prof. cráter (m)	1,43	23,50
Elongación cono	1,10	1,09
Elongación cráter	1,19	1,18
Pendiente (grados)	8,5	17,75
Volumen $Km^3$	0,005041	0,035530

#### 4.1. Distribución espacial.

La densidad de los volcanes de nuestra zona, tanto magmáticos como hidromagmáticos, es de  $0.072$  volcanes/ $km^2$ , siendo de  $0.036$  conos/ $km^2$  para los magmáticos. Se han utilizado también los índices de separación (IS) y de agrupamiento (IA). El primero de ellos, el IS (Wood, 1980; Dóniz, 2004), se utilizó para determinar la distancia existente entre el centro geométrico de un edificio con el de su vecino más próximo, siendo la media para nuestra zona de estudio de  $2.188$  m. El segundo índice, el de agrupamiento medirá la distancia existente entre las bases de dos edificios volcánicos próximos entre sí, siendo la media de  $1.820$  m. Estos índices

concuerdan con las medias obtenidas para áreas volcánicas continentales como la de Michoacán-Guanajuato (Hasenaka & Carmichael, 1985).

#### 4.2. Volcanes monogénicos vs. poligénicos.

Hasta fechas recientes, los volcanes calatravos se han clasificado, según su génesis, como monogénicos, es decir, edificios construidos tras una erupción o fase eruptiva de duración variable. Sin embargo, estudios recientes se han centrado en determinar el poligenismo y la gran complejidad de algunos edificios volcánicos de esta región volcánica (González, 1996; González *et al.*, 2007; Becerra, 2007), tales como los casos que nos ocupan en nuestra zona de estudio: Columba, Cuevas Negras, La Cornudilla y Cerro Gordo, el resto de volcanes serán de carácter monogénico.

#### 4.3. Morfología de los edificios volcánicos.

Se ha utilizado la clasificación morfológica realizada por Dóniz (2004) en los volcanes tinerfeños. Los edificios monogénicos calatravos se adaptan bien a esta tipología morfológica, estando representados los tipos de volcanes anulares cerrados (Cabeza del Encinar y Fournier) y montañas de piroclastos (Capa Lobos, Cazalla, Cerrillos del Sapo, Cerro Negro, El Cabezuelo, Boca del Campo y Las Cuevas).

En los poligénicos, se determinaron las tipologías de volcanes anulares cerrados (Columba y La Cornudilla), volcanes abiertos en herradura (Cuevas Negras) y conjuntos volcánicos complejos (Cerro Gordo). Esta clasificación morfológica para los edificios poligénicos no resulta todo lo eficaz que se esperaba, por lo que actualmente se está trabajando en una nueva clasificación morfológica que agrupe eficazmente a los volcanes poligénicos calatravos.

#### 4.4. Tamaño-envergadura de los volcanes.

La clasificación de edificios volcánicos según su tamaño se realizará teniendo en cuenta los tres parámetros que mejor definen su envergadura: la altura, la superficie y el volumen (Dóniz, 2004; Dóniz *et al.*, 2006). Cada volcán fue clasificado en grande, mediano o pequeño (tabla 2). Según estos criterios existen diferencias sustanciales entre los volcanes monogénicos y los poligénicos, los primeros son de tamaño pequeño, mientras que los segundos son de tamaño grande, lo que reflejará, una vez más, la complejidad de éstos frente a los monogénicos.

TABLA 2. INTERVALOS DE TAMAÑO DE LOS VOLCANES CALATRAVOS  
(Elaboración propia)

Tamaño-envergadura	Altura (m)	Superficie Km <sup>2</sup>	Volumen Km <sup>3</sup>
<i>Grande</i>	≥90	≥0.5	≥0.04
<i>Mediano</i>	90<-≥40	0.5<-≥0.1	0.04<-
<i>Pequeño</i>	< 40	<0.1	≥0.01 <0.01

#### 4.5. El modelado torrencial de los aparatos eruptivos.

Para el análisis del modelado torrencial de los volcanes, se han identificado, delimitado y medido los cauces labrados sobre los edificios volcánicos, objeto de estudio. El sistema hidrogeográfico de los volcanes monogénicos cuenta con un total de 22 cauces con 7.400 m de longitud, lo que supondrá una media de 3.14 cauces/cono, con 1.057 m de cauce/cono y una media de entre 5 y 7 cauces/km<sup>2</sup>. En los poligénicos contabilizamos un total de 44 cauces con 13.873 m de longitud, una media de 11 barrancos por volcán, 3.468 m de cauces/volcán y entre 16-18 cauces/km<sup>2</sup>. El mayor el número de cauces y la mayor longitud total de los volcanes poligénicos frente a los monogénicos, dado que todos están afectados por las mismas condiciones morfoclimáticas, están en relación con

su edad, con su emplazamiento topográfico y con su mayor tamaño y, por tanto, mayor superficie expuesta a los procesos de erosión torrencial, ya que constituyen edificios de mayor envergadura.

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

La aplicación de las técnicas de análisis morfométrico al estudio de los edificios volcánicos calatravos, son válidas para caracterizar una parte de los volcanes de la Región Volcánica del Campo de Calatrava, aunque será necesario seguir trabajando para corroborar o no esta validez. Además, el estudio morfométrico pone de manifiesto la gran complejidad de estos volcanes, tanto desde el punto de vista de su morfología como desde el de su génesis (monogénesis vs. poligénesis). En nuestra zona de estudio predominarán los edificios volcánicos monogénicos, de tipo montañas de piroclastos por su morfología, ubicados principalmente en zonas de llanura, de tamaño pequeño y con escaso reflejo morfológico de la escorrentía superficial en su cono.



Fig. 3. Volcán poligénico de Cuevas Negras.

### Agradecimientos

Este estudio es parte del Trabajo de Investigación de Doctorado realizado por el autor y dotado de una Beca para Formación de Personal Investigador de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (Expte. 06/094).

### REFERENCIAS

- Becerra Ramírez, R. (2007): *Aproximación al estudio de los Volcanes de la Región Volcánica del Campo de Calatrava a través de las Técnicas de Análisis Morfométrico*. Trabajo de Investigación-Doctorado, UCLM Inédito. Ciudad Real, 215 p.
- Dóniz Páez, J. (2004): *Caracterización Geomorfológica del Volcanismo Basáltico Monogénico de la Isla de Tenerife*. Tesis Doctoral, Inédito. U. de La Laguna (Tenerife), 397 p.
- Dóniz, J., Romero, C., Coello de la Plaza, E., Guillén, C., García-Cacho, L., (2006). Propuesta metodológica para el cálculo y clasificación del tamaño de los volcanes basálticos monogénicos: el ejemplo de Tenerife (Canarias, España). *Proceedings 5ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. Sevilla. España. Publicación CD. ISBN: 84-8320-373-1.
- González Cárdenas, E. (1996): Secuencias eruptivas y formas de relieve en los volcanes del sector oriental del Campo de Calatrava (Macizo de Calatrava y flanco sur-oriental del domo de Almagro). En: VV.AA.: *Elementos del Medio Natural en la provincia de Ciudad Real*. UCLM, Ciudad Real, 163-200.
- González, E., Gosálvez, R.U., Becerra, R. y Escobar, E. (2007): Actividad eruptiva holocena en el Campo de Calatrava (Volcán Columba, Ciudad Real, España). En Lario, J. y Silva, G. (eds). *Contribuciones al estudio del período cuaternario*, Aequa, Ávila, 143-144.
- Hasenaka, T. & Carmichael, I. (1985). A compilation of location, size and geomorphological parameters of volcanoes of Michoacan-Guanajato Volcanic Field, Central Mexico. *Geofísica Internacional*. 24-4; 577-607.
- Porter, S. (1972): Distribution, morphology and size of cinder cones on Mauna Kea volcano, Hawaii. *Geological Society of America Bulletin*, 83, 3607-3612.
- Settle, M. (1979): The structure and emplacement of cinder cone fields. *American Journal of Science*, 279, 1089-1107.
- Wood, C.A. (1980): Morphometric analysis of cinder cone degradation. *Journal of*

*Trabajos de Geomorfología en España, 2006 - 2008*  
*X Reunión Nacional de Geomorfología, Cádiz 2008*

*Volcanology and Geothermal Research,*  
*8, 137-160.*