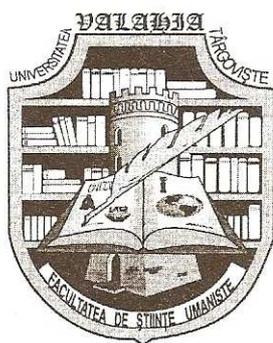


VALAHIA UNIVERSITY OF TÂRGOVIȘTE
FACULTY OF HUMANISTIC SCIENCES
DEPARTAMENT OF GEOGRAPHY



ANNALS
Geographical Series

Volume devoted of the professor Vasile Loghin

TOME 8
2008

TARGOVISTE
2009

EDITORIAL ADVISORY BOARD

Prof.dr.doc. Petre Gâstescu - chairman, Valahia University, Târgoviște
Reader dr. Vasile Loghin - vice-chairman, Valahia University, Târgoviște

Members: *acad.prof.dr. Dan Bălțeanu*, Institute of Geography Bucharest; *prof.dr. Marin Cârțiumaru*, Valahia University, Târgoviște; *prof.dr. Pompei Cocean*, Babeș-Bolyai University, Cluj-Napoca; *prof.dr. Vasile Cucu*, Hyperion University of Bucharest; *prof.dr. René-Paul Desse*, Université de Brest; *prof.dr. George Erdeli*, University of Bucharest; *prof.dr. Elena Gonzalez*, Castilla-La Mancha University, Ciudad Real; *prof.dr. Gheorghe Ianoș*, West University of Timișoara; *prof.dr. Ioan Ianoș*, University of Bucharest; *prof.dr. Mihai Ielenicz*, University of Bucharest; *reader dr. Ștefan Ispas* Valahia University, Târgoviște; *prof.dr. Alain Marnezy*, Savoie University, Chambéry, *reader dr. Cristina Muică*, Hyperion University of Bucharest; *prof.dr. Gheorghe Neamu*, University of Oradea; *prof.dr. Zeineddine Nouaceur*, University of Rouen, *prof.dr. Silviu Neguț*, Academy of Economic Sciences, Bucharest; *prof.dr. Grigore Posea*, Spiru Haret University, Bucharest; *reader dr. Teodor Simion*, Valahia University, Târgoviște.

EDITORIAL EXECUTIVE COMMITTEE

Reader dr. Vasile Loghin (chairman), *reader dr. Ștefan Ispas* (vice-chairman); members: *reader dr. Theodor Simion*, *lecturer dr. Gica Pehoiu*; *lecturer dr. George Murătoreanu*

Computerized processing: *George Murătoreanu*

ISSN 1582-6198

Annals of the Valahia University Geographical Series

Regele Carol I, no. 2
Telefon: 0245-206105
Fax.: 0245-217692
website: www.valahia.ro
RO-130024, Târgoviște, Romania

LA MORPHOLOGIE DES CONES PYROCLASTIQUES DE LA VALLEE MOYENNE DE LA RIVIERE JABALON, DE LA REGION VOLCANIQUE DU CAMPO DE CALATRAVA (ESPAGNE)

R. BECERRA-RAMIREZ, E. GONZALEZ-CARDENAS*, J. DONIZ-PAEZ**,
E. ESCOBAR-LAHOZ, R.U. GOSALVEZ-REY*

Abstract: In this paper, we have studied the morphology and genesis of some cinder cones of the Campo de Calatrava Volcanic Region, applying morphometric analysis. This study allows us to characterize these volcanoes and to determine patterns due to their morphology and morphometry and to identify the genetic differences among them (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 such as Porter (1972), Settle (1979) and Wood (1980).

Key words: morphometry, cinder cones, volcanic geomorphology, Campo de Calatrava, Spain

Rezumat: În această lucrare noi am studiat morfologia și geneza anumitor conuri piroclastice din regiunea vulcanică Campo de Calatrava, aplicând analiza morfometrică. Acest studiu ne permite să caracterizăm vulcanii respectivi, să determinăm modele pe baza morfologiei și morfometriei lor, să identificăm diferențele genetice dintre ei (poligenetici, monogenetici). Astfel de analize au fost aplicate pentru prima dată în Spania de către Doniz (2004), în insula Teerife și de Becerra (2007), în Campo de Calatrava, considerând autori anteriori precum Porter (1972), Settle (1979) și Wood (1980).

1. INTRODUCTION

La région volcanique du Campo de Calatrava est présentée comme un système volcanique situé au centre de la Meseta Sud en dedans les limites de la province de Ciudad Real, couvrant une surface d'environ 5000 km². Le nombre d'édifices volcaniques bien connus du point de leur genèse qui sont enregistrés là est supérieur à 300. Mais des travaux récents de GEOVOL sont en train de découvrir de nouveaux types volcaniques, de nouveaux dépôts, de nouveaux appareils éruptifs et paléosols, qui n'ont pas été décrits précédemment dans cette région volcanique (Becerra, 2007; Becerra et al., 2008; Gonzales et al., 2007; González et al., 2008). Ces nouveaux travaux progressent dans la connaissance et essayent de mieux comprendre les volcans de Calatrava, leur morphologie et leur genèse.

Les analyses morphométriques appliquées à l'étude des volcans datent depuis plus de 30 ans; mais, pour l'étude des volcans espagnols ces analyses ont été utilisées très récemment et de façon systématique seulement pour l'île de Tenerife (Dóniz, 2004) et le Campo de Calatrava en Ciudad Real (Becerra, 2007; Becerra et al., 2008). Dans ce travail on a appliqué des techniques d'analyse morphométrique pour caractériser une partie des volcans magmatiques de Calatrava, afin de vérifier la validité des techniques morphométriques dans l'étude de ces appareils éruptifs et pour déterminer les différences morphologiques et morphométriques entre les deux grands groupes génétiques de volcans reconnus dans cette région volcanique: monogéniques et polygéniques.

* GEOVOL - Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio – Universidad de Castilla-La Mancha.
Rafael.Becerra@uclm.es

** Escuela Universitaria de Turismo Iriarte, Puerto de la Cruz – Universidad de La Laguna (Tenerife)

2. DOMAINE D'ÉTUDE

Le domaine de travail où ont été appliquées ces techniques d'analyse morphométrique est lié au secteur sud-oriental de la région volcanique (Fig. 1), où se trouve la vallée moyenne de la rivière Jabalón. Le secteur oriental de cette région est constitué par le Massif de Calatrava, l'anticlinal érodé d'Almagro-Bolaños et la dépression structurale complexe de Moral-Calzada. Les chaînes qui encadrent la vallée de la rivière Jabalón sont composées de roches du socle paléozoïque, à savoir des quartzites ordoviciens alternant avec des schistes et des grès. Ainsi, le bassin de Moral-Calzada correspond à une ample dépression sédimentaire, avec des dépôts tertiaires et fluviaux du Quaternaire, apportés par la rivière Jabalón.

Dans cette zone, on a identifié 36 volcans, dont 18 sont magmatiques et le reste hydromagmatiques (maars). Les volcans qui font l'objet de cette étude sont ceux magmatiques ou cônes, laissant de côté les maars et ces éruptions fissurales composées par les petits cônes de scories (spatter cone). On a appliqué l'analyse morphométrique à 13 cônes (cinder cones) de cette zone.

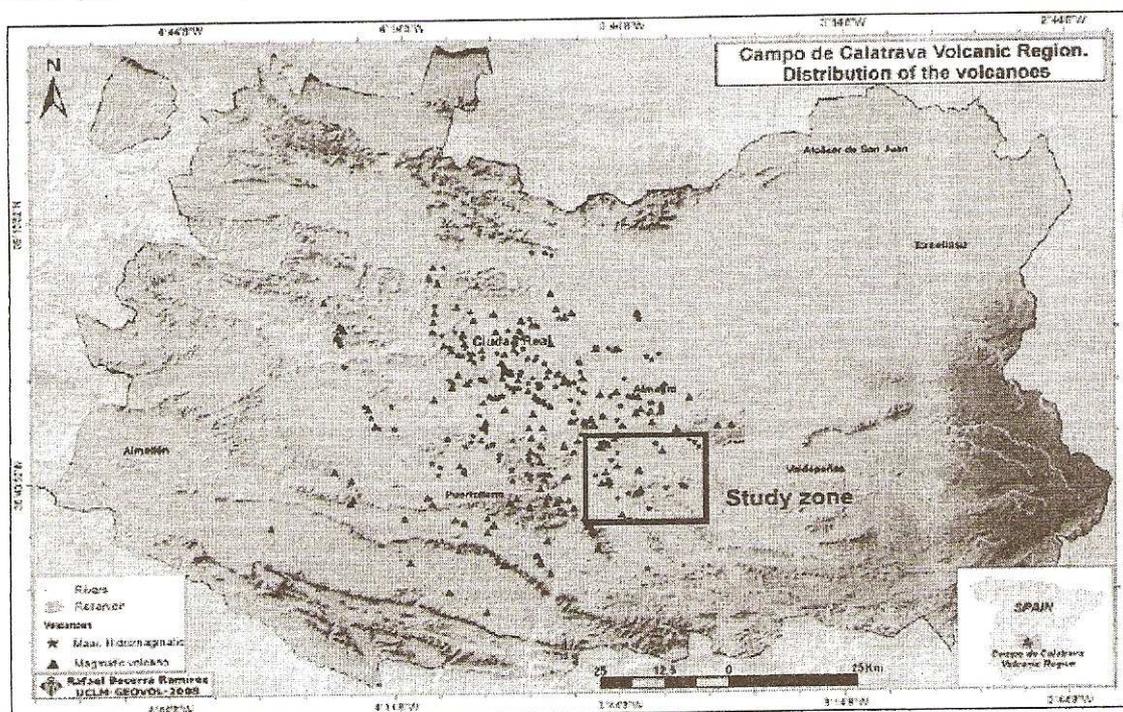


Fig. 1. Distribution des volcans calatravos et domaine d'étude. Province de Ciudad Real

3. MÉTHODOLOGIE

Nous avons travaillé avec la méthodologie propre des études de Géomorphologie Volcanique et d'analyse morphométrique proposée par différents auteurs: Porter (1972); Settle (1979); Wood (1980); Dóniz (2004); Dóniz *et al.* (2006) et Dóniz *et al.* (2008). Nous avons révisé la bibliographie sur le volcanisme des Calatravos et nous l'avons basée sur les analyses morphométriques d'autres régions volcaniques de la planète.

Ensuite nous avons localisé les édifices volcaniques à travers des photographies aériennes, d'orthoimages spatiales et à l'aide de la cartographie topographique et géologique de ce territoire, en réalisant un premier travail de laboratoire concernant la

reconnaissance des morphologies. Une fois les édifices volcaniques localisés, nous avons procédé à leur délimitation pour mener ensuite à terme les travaux de recherche sur terrain où nous avons analysé chaque édifice volcanique, nous avons mesuré les index morphométriques et identifié les différentes phases éruptives qui les ont bâtis; ensuite, nous avons élaboré des fiches de terrain et le schéma géomorphologique de chaque volcan.

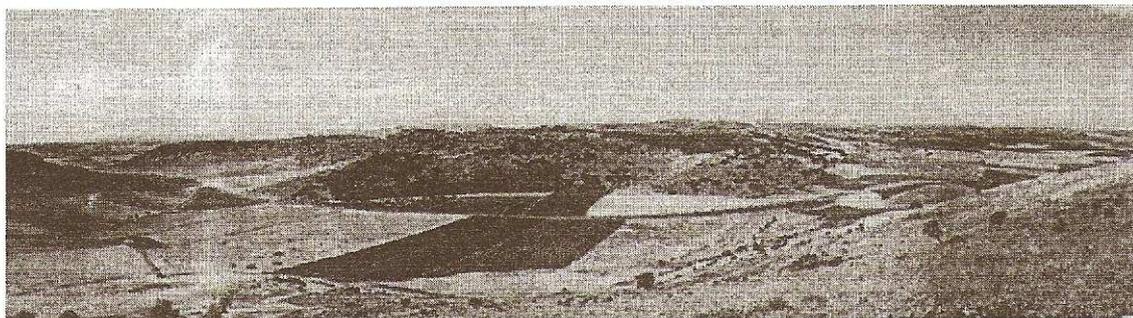


Figure 2. Panorama de la zone d'étude et de Sierra de Valenzuela-Granátula depuis le volcan de Cerro Gordo

3.1. Les analyses morphométriques.

La morphologie de chaque édifice volcanique a été déterminée utilisant une série de paramètres morphométriques (Fig. 3), selon les observations des auteurs préalables: Porter (1972), Settle (1979), Wood (1980), Dóniz (2004), Dóniz *et al.*, (2006) et Dóniz *et al.*, (2008)

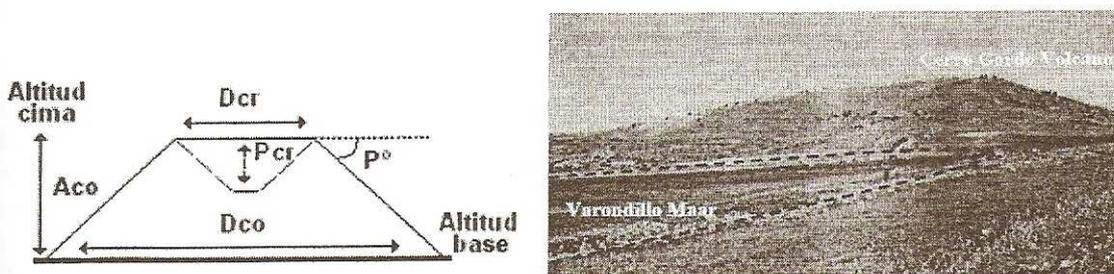


Figure 3. Paramètres principaux d'analyses morphométriques des cônes pyroclastiques. Droite: volcan polygénique de Cerro Gordo et maar de Varondillo

On a pris des mesures comme la hauteur du cône (Aco), l'axe de l'édifice volcanique (Dco) et du cratère (Dcr). Nous avons mesuré aussi la profondeur du cratère (Pcr), la pente maximale de l'appareil éruptif (P°), la surface (km^2) et le volume (km^3) en nous basant sur la formule d'un cône tronqué pour des appareils éruptifs avec cratère, et sur celle du cône simple pour les volcans sans cratère. En plus, nous avons obtenu de différentes corrélations morphométriques: Aco/Dco, Dcr/Dco et l'élongation de l'édifice. On a calculé aussi l'index d'écart (IS) donné par la distance existante entre le centre géométrique d'un édifice et le centre de son voisin le plus proche (Wood, 1980; Dóniz, 2004); et l'index de groupement (IA) qui mesure la distance existante entre les bases de deux édifices volcaniques proches entre eux, (Dóniz, 2004). Le premier de ces indicateurs apporte de l'information simplement structurale, alors que le IA apporte des données morphologiques liées à l'envergure et à la taille de chaque édifice volcanique.

4. RÉSULTATS OBTENUS

L'application de ces techniques d'analyse morphométrique (tableau 1) permet de caractériser les volcans de la région de Calatrava et d'étudier leur morphologie, ainsi que de voir les différences morphologiques existantes entre les volcans monogéniques et ceux polygéniques qui se reflètent dans leur morphologie et, par cela, dans la dimension de leurs paramètres morphométriques.

Parámetros	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
Altura (m)	118	17	47,38
Superficie Km ²	1,5	0,05	0,5569
D. medio cono (m)	1291,5	175	703,31
Nº cráteres	2	Sin cráter	1,33
D. medio cráter (m)	508,5	15	194
Prof. Cráter (m)	61	1	17,33
Elongación cono (Dco/dco)	1,22	1,01	1,10
Elongación cráter (Dcr/dcr)	1,31	1,11	1,18
Pendiente cono	22	7	11,58
Volumen Km ³	0,053122	0,000136	0,013693

Tableau 1. Paramètres morphométriques moyens des volcans de la vallée moyenne de la rivière Jabalon (élaboration propre)

4.1. Distribution spatiale.

L'une des premières analyses réalisées a été la distribution spatiale des cônes. La densité des volcans, magmatiques et hydromagmatiques, est de 0,072 volcans/km² pour la zone d'étude, étant de 0,036 cônes/km² pour les cônes. L'IS pour les volcans de la zone d'étude est de 2,19 km et l'IA est de 1,82 km (fig. 4). Ces index tellement bas indiquent que nous avons à faire à des champs volcaniques ouverts propres des zones volcaniques continentales et concordent avec les moyennes obtenues pour d'autres champs volcaniques continentaux comme ceux de Michoacán-Guanajuato au Mexique (Hasenaka & Carmichael, 1985), ou ceux de Payún Matrú en Argentine (Inbar et Riso, 2001). Il s'agit de mesures très différentes par rapport aux régions volcaniques insulaires, comme Tenerife où l'index d'écart est de 836 m, et l'indice de groupement est de 298 m, (Dóniz, 2004).

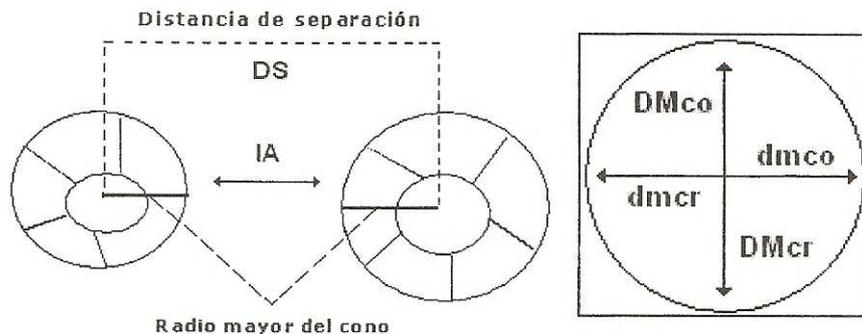


Figure 4. A droite: Calcul de la distance de séparation (DS) et de l'index de groupement (IA). A gauche: Calcul de l'élongation du cratère et du cône

On a analysé aussi l'emplacement topographique des édifices pour étudier ultérieurement, lors de l'analyse de l'ensemble des volcans de la région, les possibles différences morphologiques des appareils éruptifs selon leur emplacement topographique. Dans la vallée moyenne du Jabalón nous avons trouvé 5 volcans placés dans des zones de plaine, 4 en des zones de chaîne et 4 en piedmont (fig. 5).



Figure 5. Volcans de Cazalla et Capalobos, monogéniques et placés en zone de piedmont

4.2. La genèse des volcans étudiés.

Les volcans du Campo de Calatrava ont été classés traditionnellement comme monogéniques (Poblete, 1995), c'est-à-dire, bâtis après une unique éruption de durée variable, de quelques heures jusqu'à quelques semaines ou mêmes années. Pourtant, il y a des travaux géomorphologiques (González, 1996; González et al., 2007; Becerra, 2007) qui ont déterminé des différentes phases constructives pour quelques volcans de la région (Columba ou Cerro Gordo), avec des périodes de calme éruptif suffisantes pour la formation de sols sur les laves ou les pyroclastes, fossilisés après par des événements éruptifs ultérieurs. On approfondira ainsi le caractère polygénique de certains de ces édifices volcaniques.

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

Tableau 2. Paramètres morphométriques moyens des volcans selon leur genèse

Ce fait signifie une révision très importante du volcanisme de la région de Calatrava parce qu'on a identifié peu de volcans tellement complexes du point de vue de leur genèse. Ces différences génétiques, comme nous avons vu dans le tableau 1, se traduisent en des différences morphologiques et morphométriques des volcans que nous allons analyser par la suite.

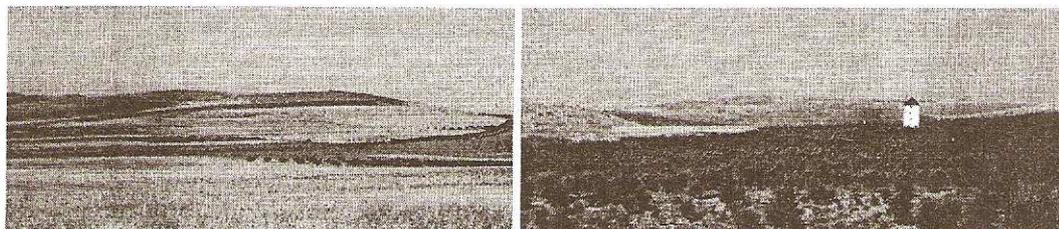


Figure 6. Volcan polygénique de Columba (droite) et volcan monogénique de Cerrillos del Sapo (gauche).

4.3. Morphologie des bâtiments volcaniques.

Pour déterminer la morphologie des bâtiments volcaniques, on a appliqué le classement morphologique réalisé par Dóniz (2004) pour les volcans basaltiques monogéniques de Tenerife. Ce classement établissait quatre morphologies basiques pour les cônes monogéniques: volcans annulaires, volcans ouverts en arc, ensembles volcaniques multiples et montagnes de scories et cendre (montañas de piroclastos).

Les volcans monogéniques calatravos s'adaptent bien à cette classement, en étant représentés fondamentalement les volcans annulaires (Cabeza del Encinar et Fournier) et les montagnes de cendres et bombes (Capa Lobos, Cazalla, Cerrillos del Sapo, Cerro Negro, El Cabezuelo, Boca del Campo et Las Cuevas).

En ce qui concerne les volcans polygéniques, ceux-ci correspondent au classement de : volcans annulaires (Columba et La Cornudilla), volcans ouverts en arc (Cuevas Negras) et ensembles volcaniques multiples (Cerro Gordo) (fig. 7.).

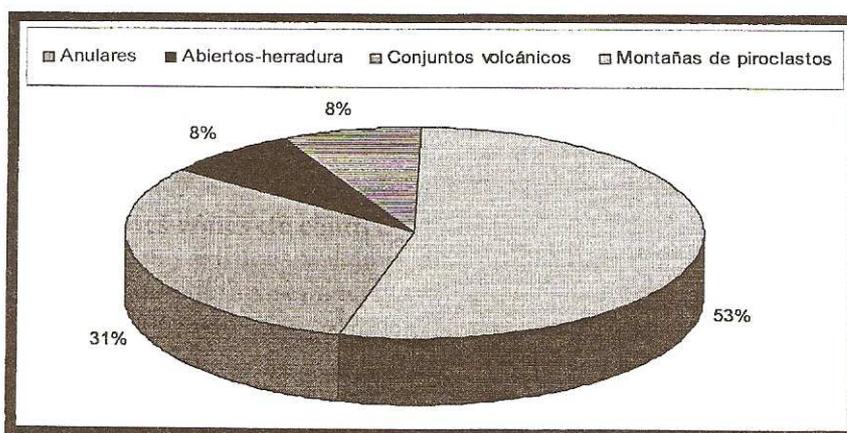


Figure 7. Distribution des typologies morphologiques dans la zone d'étude.

Le classement morphologique des volcans de Tenerife est valable pour les appareils éruptifs monogéniques de notre zone d'étude, mais pour les bâtiments polygéniques, vu leur majeure complexité, il ne résulte pas toute l'efficacité à laquelle on s'attendait, en étant nécessaire de travailler à un nouveau classement capable de grouper les volcans polygéniques.

4.4. La taille des cônes de cendres et scories.

Le classement des édifices volcaniques selon leur taille a été réalisé tenant compte des trois paramètres qui définissent leur envergure: hauteur, surface et volume (Dóniz, 2004 ; Dóniz *et al.*, 2006). Chaque volcan a été classé en grand, moyen ou petit (tableau 3) suivant ce classement.

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

Tableau 3. Intervalles de taille (Elaboration propre)

Selon ces critères il y a des différences notables entre les volcans monogéniques et ceux polygéniques, les premiers sont de taille petite (70% de leur total), alors que les seconds sont en totalité de taille grande, ce qui reflète, une fois de plus, la complexité de ceux-ci face aux monogéniques (tableau 4).

Tamaño	MONOGÉNICOS	POLIGÉNICOS	Total
Grande	0	3	3
Medio	2	1	3
Pequeño	7	0	7
Total	9	4	13

Tableau 4. Taille des volcans étudiés (Elaboration propre)

4.5. Action de modelage torrentiel sur la morphologie des cônes.

Pour l'analyse du modelage torrentiel des volcans ont été identifiés, encadrés et mesurés les lits (auges) ouverts sur les édifices volcaniques. Par cette étude, notre intention a été de voir l'érosion des appareils éruptifs analysés et de la lier à l'âge des volcans puisque, à un âge grand, l'érosion du cône va être majeure. Les différences entre les édifices monogéniques et polygéniques se reflètent aussi dans l'incision torrentielle sur les cônes des deux types génétiques de volcans.

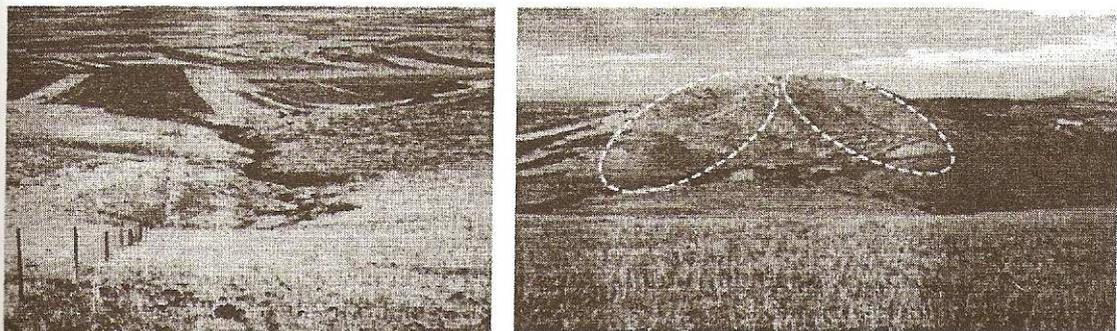


Figure 8. Incision torrentielle sur le cône de quelques volcans: Cuevas Negras (gauche) et Cerro Gordo (droite).

Le système hydrographique des volcans monogéniques compte un total de 22 ravins avec 7,4 km de longueur, ce qui suppose une moyenne de 3,14 ravins /cône, avec 1,1 km de ravins /cône et une densité de drainage entre 5 et 7 ravins/km². Les polygéniques possèdent un total de 44 ravins et 13,9 km de longueur, une moyenne de 11 ravins par volcan, 3,5 km de ravins/volcan et entre 16-18 ravins/km².

Le nombre de ravins est plus grand et la longueur totale des volcans polygéniques est plus grande par rapport aux volcans monogéniques, et, vu que tous sont affectés par les mêmes conditions morphoclimatiques, cela doit être en relation avec l'âge du volcan, avec

son emplacement selon la topographie en des secteurs accidentés et avec sa taille plus grande, ce qui implique une surface plus grande exposée aux procès d'érosion torrentiels, fait observé aussi par d'autres auteurs (Wood, 1980).

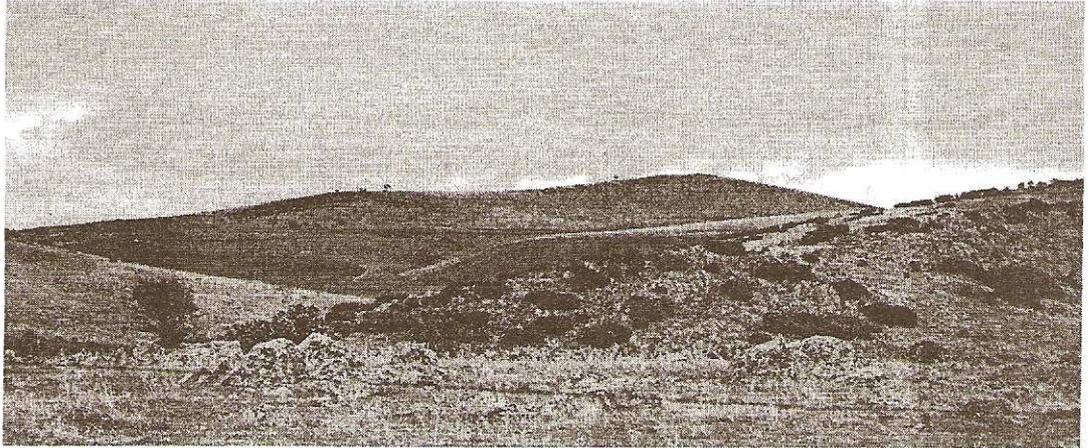


Figure 9. Le Volcan Cuevas Noires et son cratère

5. ÉGARDS FINAUX

L'application des techniques d'analyse morphométrique à l'étude des bâtiments volcaniques de Campo de Calatrava sont valables pour caractériser les édifices d'une partie de cette région volcanique: les volcans monogéniques, bien qu'il soit nécessaire corroborer cette validité avec les analyses morphométriques qui devraient être faites pour l'ensemble des appareils éruptifs de la région. L'étude morphométrique montre la grande complexité de ces volcans, autant du point de vue de leur morphologie comme du point de vue de leur genèse (monogénique vs. polygénique).

Dans notre zone d'étude, les édifices volcaniques monogéniques sont principalement situés en des zones de plaine, avec une morphologie du type montagne de cendres et scories (montañas de piroclastos), de taille petite et avec rares reflets morphologiques de la circulation de l'eau superficielle sur leurs cônes, sans être des volcans très érodés généralement. En même temps, les volcans polygéniques étudiés, présentent des caractéristiques très similaires:

-Ils ne répondent pas à une règle d'emplacement topographique comme les monogéniques, puisque nous les trouvons autant en plaine comme aux chaînes montagneuses.

-Diversité morphologique, ils ne se limitent pas à une typologie morphologique concrète, en plus, cette typologie ne se montre pas du tout efficace parce que la polygenèse implique des mécanismes de construction de l'édifice volcanique plus complexes.

-Taille grande, selon le classement de leur envergure;

-Reflet morphologique de la circulation de l'eau superficielle assez marqué, en relation avec la grande surface exposée aux procès d'érosion et à leur âge.

RECONNAISSANCES

Cet article est une partie de l'étude réalisée au Travail de Recherche de Master soutenu à l'Université de Castilla-La Mancha. Il a été financé pour la Formation de Personnel Chercheur par la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-la Mancha.

RÉFÉRENCES

- Becerra Ramirez, 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, Inédito, UCLM. Ciudad Real, 215 p.
- Becerra, R., Doniz, J. Y Gonzalez, E. (2008): "Aplicación del análisis morfométrico a los volcanes del extremo sur-oriental de la Región Volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)". En: J. Benavente y F.J. Gracia: *Trabajos de Geomorfología en España (2006-2008)*. SEG, Cádiz. Pp. 21-24.
- Doniz Paez, J. (2004): *Caracterización Geomorfológica del Volcanismo Basáltico Monogénico de la Isla de Tenerife*. Tesis Doctoral, Inédito. U. de La Laguna (Tenerife), 397 p.
- Doniz, J., Romero, C., Coello De La Plaza, E., Guillén, C., Garcia-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.
- Doniz, J., Romero, C., Coello, E., Guillén, C., Sanchez, N., Garcia-Cacho, L. And Garcia, A. (2008): Morphological and statistical characterisation of recent mafic volcanism on Tenerife (Canary Islands, Spain). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 173. pp 185-195.
- Gonzalez Cardenas, 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.
- Gonzalez, E., Gosalvez, R.U., Beccera, 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.
- Gonzalez, E., Gosalvez, R., Becerra, R. Y Escobar, E. (2008): "Facies laháricas en los depósitos de oleadas piroclásticas del 'Barranco Varondillo', Campo de Calatrava (España)". En: J. Benavente y F.J. Gracia: *Trabajos de Geomorfología en España (2006-2008)*. SEG, Cádiz. Pp. 25-28.
- 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.
- Inbar, M. Y Risso, C. (2001). A morphological and morphometric analysis of high cinder cone volcanic field-Payun Matru, south-central Andes, Argentina. *Zeitschrift für Geomorphologie*. 45-3; pp. 321-344.
- Poblete, M.A. (1995): *El relieve volcánico del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. Univ. Oviedo y JCCM. 467 pp.

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