

# EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD HIDROMAGMÁTICA DE EDAD HOLOCENA EN EL VOLCÁN COLUMBA, CAMPO DE CALATRAVA (ESPAÑA)

Elena González, Rafael Ubaldo Gosálvez, Rafael Becerra-Ramírez, Estela Escobar  
Grupo de Investigación GEOVOL. Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, UCLM. Ciudad Real

## RESUMEN

El Campo de Calatrava es una comarca situada en el centro de la provincia de Ciudad Real en la que se han producido erupciones volcánicas a lo largo del Plioceno y del Cuaternario. Recientes investigaciones nos han permitido datar eventos explosivos en el Holoceno Medio para el volcán Columba.

**Palabras clave:** Campo de Calatrava, Holoceno, Volcanismo reciente.

## ABSTRACT

Campo de Calatrava is a region located in the center of the province of Ciudad Real, where volcanic eruptions have occurred throughout the Pliocene and Quaternary. Recent investigations have allowed us to date explosives events in the middle Holocene at Columba volcano.

**Keywords:** Campo de Calatrava, Holocene, recent Volcanism.

## INTRODUCCIÓN

El volcán Columba se sitúa en el curso medio del río Jabalón (38°-45'-30" N / 3°-47'-00" W) en la margen izquierda del embalse de Vega del Jabalón. En sus inmediaciones y formando claros alineamientos se localizan hasta una docena de edificios volcánicos generados en erupciones magmáticas y freatomagmáticas. Tiene una extensión en torno a las 400 ha, 5.000 m de perímetro, un diámetro de la base del cono de 1.700 m y una altura relativa de 100 m sobre el entorno circundante.

## ERUPCIONES Y EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA

Se trata de un edificio volcánico poligénico que está formado por un cono de piroclastos de caída, basálticos, vesiculados y de tamaño grueso, coronado por un doble cráter alargado en la dirección NE/SW, de 345 m de largo y 175 de ancho, con una extensión de 4 ha. De este cráter se han derramado coladas fluidas hacia el N, NE y W, así como una colada escoriácea de escaso recorrido.

Columba forma parte de un complejo volcánico que ha tenido erupciones en varias etapas, separadas por largos períodos de reposo, dando lugar a una secuencia que se inicia en el Mioceno Superior con los eventos freatomagmáticos prerruscinienses del maar de Vega

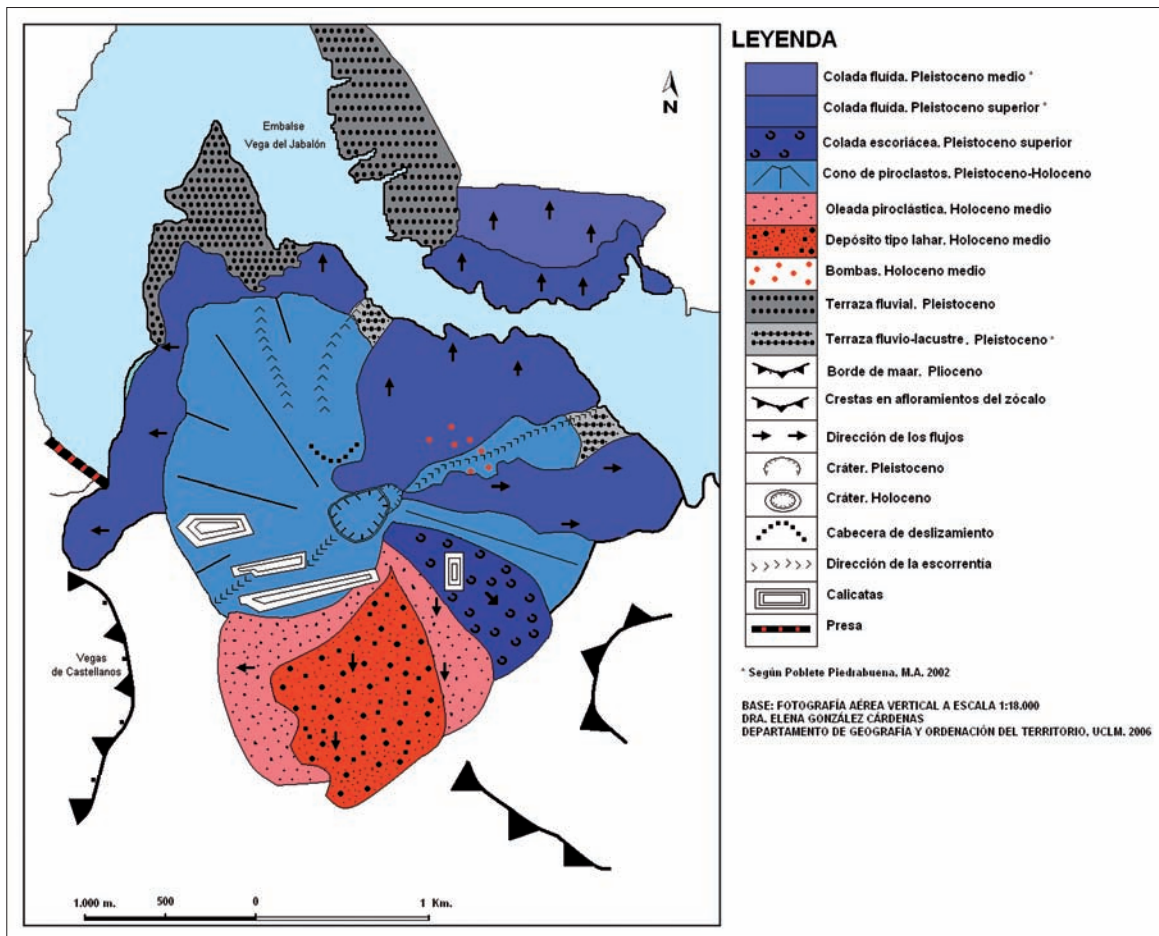


Figura 1. Geomorfología del volcán Columba.

de Castellanos (Poblete y Ruiz, 2002), que continúan en Columba con procesos efusivos en el Pleistoceno Medio y Superior, los cuales represan en dos ocasiones la corriente del río Jabalón. Este represamiento da lugar a la formación de superficies encharcadas que ocuparon una extensión y una posición muy similar a la actual del embalse de Vega del Jabalón. A lo largo del Pleistoceno Superior el volcán se ve sometido a un proceso de erosión que se caracteriza por la meteorización de los materiales que lo constituyen, y por la formación de vaguadas radiales, de las que las más importantes se localizan en las vertientes noroeste y sureste. Es en estas vaguadas donde las formaciones edáficas alcanzan su máximo desarrollo con espesores del orden de los cuarenta centímetros.

La actividad eruptiva ha sido intensa en este espacio a lo largo de todas las etapas definidas para el Campo de

Calatrava. Es aquí donde se sitúa la única anomalía térmica superficial documentada históricamente en la región volcánica, y es también aquí donde la presencia de gases magmáticos en el subsuelo ha dado lugar a la emisión de cantidades excepcionales de CO<sub>2</sub> asociadas a la perforación de sondeos para obtener agua de riego en diversas localidades del entorno (Los Cabezos en 1987, Añavete en 2000 y El Rosario en 2001, entre otros).

## DEPÓSITOS ANALIZADOS Y EDADES ABSOLUTAS

Los trabajos de campo llevados a cabo en el sector oriental de la región volcánica, han permitido localizar un paleosuelo, asociado a la existencia de una antigua vaguada que había sido fosilizado por depósitos de oleadas piro-

clásticas. La existencia de esta formación edáfica y de moldes de vegetación perfectamente conservados en los que se presuponían restos orgánicos posiblemente carbonizados, llevaron a proceder a la recogida de muestras del suelo y de los moldes vegetales, y a su posterior tratamiento en laboratorio. Las muestras han sido tomadas en zonas internas del nivel edáfico, siendo convenientemente protegidas para evitar procesos de contaminación. Las pruebas de laboratorio de las mismas han sido realizadas en el Ångström Laboratory del Department of Engineering Sciences, de la Universidad de Upsala (Suecia).

Para determinar la procedencia del material analizado se ha comparado el resultado obtenido con los reflejados en la tabla número 1. La edad convencional fijada para la muestra de materia orgánica se ha calibrado siguiendo el método del Quaternary Isotope Laboratory de la Universidad de Washington, utilizando el programa CALIB, versión 5.0.

Material	$\delta^{13}\text{C}\text{‰ PDB}$
PDB tipo	0
Colágeno (dietas de C <sub>3</sub> ) y celulosa de la madera	-20±2
Gramíneas (fotosíntesis C <sub>3</sub> ) Grafito y carbón	-23±3
Madera fósil y carbón vegetal	-24±3
Madera reciente y carbón vegetal	-25±3
Fronosas, trigo, paja y cañas	-27±2
Turba y humus	-27±3

Tabla 1. Fraccionamiento isotópico de diferentes sustancias.

Los datos resultantes de los análisis llevados a cabo, aplicando la técnica AMS para la datación con C<sup>14</sup>, señalan edades experimentales inferiores a 7000 BP para estos restos de materia orgánica, contenida en el paleosuelo desarrollado sobre los materiales que han formado el cono del volcán Columba. Esto supone un considerable avance en la investigación sobre la edad de las erupciones en esta región volcánica, puesto que sitúa las habidas en el volcán Columba como plenamente holocenas, mientras

que las dataciones absolutas más recientes en otras áreas del Campo de Calatrava, (Gallardo, 2002 y 2006) remiten a 700.000 años atrás, es decir, al Pleistoceno Medio.

La secuencia de materiales en los depósitos de Columba (Figs. 2 y 3) está formada de muro a techo por las siguientes unidades: a) superficie brechificada de una colada lávica, b) paleosuelo pardo-rojo (Fig. 4), poco evolucionado, con un alto contenido de arcillas que engloba clastos basálticos oscuros y heterométricos (bloques y cantos) con abundantes vacuolas de salida de gas. Su potencia media es de 40 cm, c) depósitos de oleadas piroclásticas húmedas que evolucionan, a techo, a facies con menor contenido de humedad, que dan lugar a un depósito de más de 2 metros de potencia media, d) depósito procedente de un flujo fangoso identificado como un lahar asociado a un evento freático. A techo de la secuencia se encuentra la zona de alteración de este depósito, y un suelo actual poco potente con la formación de caliches.

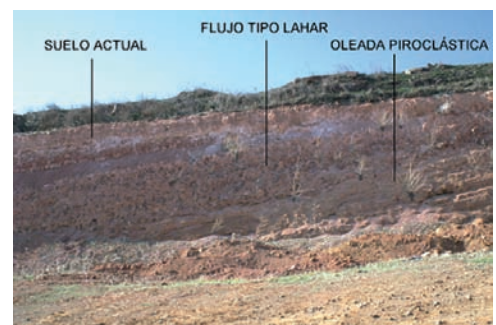


Figura 2. Secuencia de los depósitos.

Referencia	Código	Edad lab.	Resultados C <sup>14</sup> BP	Edad calibrados cal BP 2σ	$\delta^{13}\text{C}\text{‰ Calibrada cal BP}$	Material PDB
Paleosuelo	Ua-24799	6560±130	5724-5297 (99,5%) 5243-5231 (0,5 %)	5510	-26,7	Carbón vegetal/Humus
Moldes vegetales	Ua-33366	6590±200	5900-5202 (96,7%) 5175-5070 (0,3%)	5551	-25,7	Carbón vegetal

Tabla 2. Datación con C<sup>14</sup> y edad calibrada.



Figura 3. Depósitos en la ladera de Columba.



Figura 4. Paleosuelo.

### Paleosuelo

La formación edáfica tiene una potencia media de 40 cm. Se desarrolla sobre basalto olivínico en una colada a la que se le supone una edad de Pleistoceno Superior, relacionada con las edades definidas para las coladas de Columba por Poblete y Ruiz (2002). Esta colada presenta una superficie escoriácea por procesos de autobrechificación, con concentraciones de carbonato que penetra en profundidad hasta cubrir toda la potencia visible de la misma, en el sector en el que se ha realizado el estudio. El paleosuelo está formado in situ por alteración directa del sustrato lávico y por aportes de ladera (Monturiol *et al.*, 1970). Se trata de un suelo poco desarrollado cuya evolución quedó interrumpida bruscamente por el recubrimiento del depósito de oleada piroclástica. Su estructura es prismática, propia de los suelos ricos en arcilla, obser-

vándose una densa red de grietas. Su color es pardo-rojizo, presentando aspecto de buena aireación y buen drenaje. En la formación se contienen numerosos clastos de basalto, en los que predomina el tamaño canto y bloque. No se observan horizontes de concentración de carbonato cálcico, ni la presencia del mismo en concreciones o impregnando las grietas del suelo. Se definiría como un suelo rojo (andosol) generado en procesos de rubefacción (horizonte B textural), en el contexto de un clima cálido y lluvioso (Dorado *et al.*, 1999), (García *et al.*, 1986) de edad Saltoniense (Pleistoceno Superior-Holoceno).

### Oleadas piroclásticas

Las oleadas piroclásticas se emiten desde el cráter cimero y descienden por la ladera sureste del cono, adaptándose a la topografía previa a la erupción. Presentan formas de fondo planares. Están constituidas por fragmentos juveniles de basalto y por cuarcita de la roca de caja, de tamaño milimétrico y menor (fracción ceniza) compactada. En la base del depósito se desarrolla una banda de unos 10 cm. de potencia media, húmeda, masiva y compacta, de una gran dureza que erosiona el sustrato, se adapta a las irregularidades de la superficie brechificada de una colada lávica, y engloba líticos accidentales de basalto, muy vesiculados y heterométricos, arrancados de la misma y de la superficie del cono sobre la que se desliza. Puntualmente aparecen en contacto con esta capa basal restos de moldes de vegetación. Donde el depósito no está protegido por el lahar que erosionó su superficie, se han generado rellenos actuales de carbonatos en las delgadas grietas de asiento y desecación que se ordenan en una red ortogonal.

Se han identificado, al menos, tres claros niveles de cenizas de tonos claros (Fig. 5) intercaladas en los depósi-



tos de oleada. La potencia del primero y último nivel es de alrededor de 10 cm. Siendo la del intermedio claramente menor.



Figura 5. Nivel de ceniza intercalado en las oleadas de Columba.

### Flujo de fango

Sobre los depósitos de las oleadas piroclásticas descritos, se emplaza un depósito (Fig. 6) constituido por clastos heterométricos de basalto, englobados en una matriz arcilloso-arenosa, fangosa donde la presencia de carbonatos y oxidaciones es muy abundante. Este depósito que asociamos al desarrollo de un pequeño lahar, tiene en sus tramos proximales una potencia media de aproximadamente dos metros. En su movimiento, el lahar arrasa el inicio del depósito de oleadas piroclásticas, erosionando su parte superior, formando claros canales y englobando fragmentos de la misma. El flujo sigue una dirección análoga a la de las oleadas, aunque ocupa un espacio menor (50 Ha) marcándose netamente su línea de detención, a unos 100 m de la carretera de la presa del embalse de Vega del Jabalón, donde da origen a la presencia de una pequeña colina redondeada, que forma un lóbulo elevado 10 metros sobre la superficie de la oleada. Interpretamos este depósito como el resultado de la emisión de un flujo de material muy húmedo y denso, que se comporta en su movimiento y emplazamiento como un lahar, dando lugar a un depósito masivo con líticos heterométricos, algunos de tamaño bloque, orientados en la dirección del flujo. Entre los depósitos de oleadas piroclásticas y el lahar se localiza una pequeña franja de meteorización, arrastrada por el paso del flujo de fango, cuyo tamaño real es difícil de precisar dado el proceso de remoción que ha sufrido. En la vertiente norte del cono se han localizado (Fig. 6)

bombas, de un material análogo al del depósito descrito, que al chocar con la superficie del terreno se resquebrajan quedando separados los clastos basálticos y los restos de matriz. Dan lugar a la formación de cráteres de impacto con tamaños que oscilan entre 80 y 200 cm de eje.



Figura 6. Depósito de lahar.



Figura 7. Bomba con cráter de impacto.

Fracción	%	
Bloques	18,63	
Cantos	38,95	
Gravas	17,44	
Arenas	Gruesas 78,35	
	Medias 14,92	
	Finas 6,7	
Limos	0,22	
Arcillas	0,58	

Tabla 3. Granulometría del depósito tipo lahar.

Dadas las trazas de alteración de los clastos y la matriz de este depósito, análogas a las que se observan en las bombas que encontramos en la zona alta y media de la ladera norte de Columba, podríamos interpretar que una

buena parte de él está formado por el relleno del cráter en el que, tras la primera explosión freatomagmática, se habría desarrollado una formación lagunar en la que se producirían periódicas variaciones del nivel de la lámina de agua, e incluso su desecación, lo que justificaría el grado de alteración de líticas y matriz, así como la presencia de carbonatos (González *et al.*, 2008).

La existencia de lagunas en el Campo de Calatrava ocupando fondos de cráteres de explosión es un hecho en la actualidad, constatado por González *et al.* (2000), (Gosálvez, 2000 y 2003; y González y Gosálvez, 2004) siempre que los condicionantes climáticos lo han hecho posible. La formación de esta laguna sería la responsable del segundo evento hidrovulcánico, generado por un calentamiento de su agua, lo que daría lugar a una erupción freática. En esta erupción se produciría la proyección de las bombas localizadas en la ladera norte. Asimismo se formaría el lahar desarrollado a expensas de un rápido enfriamiento del vapor generado en la erupción y del vaciamiento de la laguna. La corriente se comportaría como un mudflow desde su inicio.

### Moldes de vegetación

En la parte superior del paleosuelo, mezclado con éste por el arrastre y los movimientos turbulentos del flujo piroclástico, aparecen “planchas” de tamaño variable y color pardo claro, con formas predominantemente cilíndricas y puntualmente ramificadas y filamentosas (Fig. 8) Se trata de cilindros de longitud indeterminada y diámetros que llegan hasta 3,5 cm, predominando el rango 0,5-1,5 cm. Cuando se presentan ramificaciones, éstas suelen tener un diámetro inferior al tronco principal. Su aspecto nos llevan a identificar estos moldes con vegetación herbácea (*Typha* o *Scirpus lacustris*) y puntualmente con una



Figura 8. Molde de vegetación.

Anality	Calibration status	Compound formula	Concentration (%)	Calculation method
		CO <sub>2</sub>	35,410	Fixed
Na	Calibrated	Na <sub>2</sub> O	0,037	Calculated
Mg	"	MgO	2,835	"
Al	"	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,926	"
Si	"	SiO <sub>2</sub>	17,596	"
P	"	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,002	"
S	"	SO <sub>3</sub>	0,020	"
K	"	K <sub>2</sub> O	0,621	"
Ca	"	CaO	34,303	"
Ti	"	TiO <sub>2</sub>	0,804	"
Mn	"	MnO	0,052	"
Fe	"	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,094	"
Ni	"	NiO	0,007	"
Rb	"	Rb <sub>2</sub> O	0,004	"
Sr	"	Rb <sub>2</sub> O	0,053	"
Y	"	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,004	"
Zr	"	ZrO <sub>2</sub>	0,010	"
Nb	"	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,002	"
Ba	"	BaO	0,022	"

Tabla 4. Composición mineralógica de los moldes de vegetación.

vegetación leñosa perteneciente a las especies zonales del entorno.

Se ha llevado a cabo un análisis de una muestra de estos moldes para conocer su composición y la concentración mineralógica de óxidos. El análisis ha sido realizado en el Laboratorio de Mineralogía Aplicada (IRICA) de la Universidad de Castilla–La Mancha. Los resultados del mismo (Tabla 4) señalan una masiva presencia de dióxido de carbono y de Calcio con concentraciones en torno al 35 por ciento, seguidas de la de anhídrido silícico con más del 17 por ciento. Óxidos de Aluminio, Magnesio y Hierro también están presentes aunque con concentraciones menores.

### CONCLUSIONES

Los reconocimientos de campo llevados a cabo nos han permitido identificar en las laderas del volcán, un paleosuelo fosilizado por una oleada piroclástica señalada en trabajos anteriores (Poblete y Ruiz, 2002), un depósito fangoso, tipo lahar que se emplaza sobre el depósito de oleada piroclástica y moldes de vegetación, generados y

arrastrados por el flujo piroclástico, ubicados en la parte superior del paleosuelo, en el contacto con la capa basal del flujo piroclástico. Análisis radiométricos de estos restos orgánicos y de los contenidos en el paleosuelo fosilizado por este flujo piroclástico, realizados en el Ångström Laboratory del Department of Engineering Sciences, de la Universidad de Upsala (Suecia), empleando la técnica del AMS (Accelerated Mass Spectrometer) nos han proporcionado edades absolutas de  $6560 \pm 130$  y  $6590 \pm 200$  BP, lo que nos permite datar actividad eruptiva de edad holocena para el volcán Columba.

El resultado de los análisis realizados a estos moldes y a la materia orgánica contenida en el paleosuelo nos han llevado a identificar eventos explosivos de corta duración en el Holoceno Medio. Estas erupciones tendrían una edad inferior a 5510 cal BP (Tabla 2), dado que sus depósitos fosilizan el nivel edáfico y los restos de vegetación de los que se han obtenido las muestras tratadas. La existencia de paleosuelos y depósitos de oleadas similares al descrito, en otras localizaciones de la región, donde se ha señalado la presencia de materia orgánica susceptible de ser datada con  $C^{14}$ , así como las cronologías relativas que hemos señalado en otras formaciones volcánicas del este del Campo de Calatrava, a las que atribuimos (González *et al.*, 2007) junto con otros autores (Poblete y Ruiz, 2007) una edad finpleistocena, nos impulsa a seguir con la investigación iniciada y llegar a definir una posible fase eruptiva tardía, de carácter explosivo, hidromagmática, en el Holoceno Medio, para la zona oriental de la región volcánica.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido financiado por la Universidad de Castilla-La Mancha en el marco del proyecto: "Análisis y datación de paleosuelos de edad finpleistocena y holocena vinculados al volcanismo del Campo de Calatrava". Agradecemos a los Drs. Zamorano y Macías, de la UNAM, y al Dr. Martí, del CSIC, sus valiosas aportaciones de campo.

## REFERENCIAS

- Dorado, M. Valdelomillos, A. Ruiz, M.B. Gil, M.J. Bustamante, I. (1999): "Evolución climática durante el holoceno en la cuenca alta del Guadiana (Submeseta Sur Ibérica)". *Cuaternario y Geomorfología*, V.13, Números 1-2, pp. 19-32.
- Gallardo, J.L. *et al.* (2002): "Secuencia magnetoestratigráfica y edad de los materiales volcánicos y sedimentarios de Poblete (Ciudad Real)" *Geogaceta*, nº 32, pp. 35-38.
- Gallardo, J.L. (2006): "Efectos tectónicos recientes en el Campo de Calatrava deducidos de los datos paleomagnéticos del volcanismo neógeno", en *Geogaceta*, 39; pp. 35-38.
- García, M., Morla, C., Ruiz, B., Sainz, H. (1986): "Contribución al conocimiento del paisaje vegetal holoceno en la submeseta sur ibérica: análisis polínico de sedimentos higroturbosos en el Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)". *Quaternary Climate in Western Mediterranean*. F. López Vera editor. U.C.M. pp. 189-204.
- González, E. *et al.* (2000): "Los geosistemas lagunares de origen volcánico del Campo de Calatrava: funcionamiento y dinámica reciente". *Geomorfología para el Tercer Milenio y Sociedad*. SEG, UCM.
- González, E., Gosálvez, R.U. (2004): "Nuevas aportaciones al conocimiento del hidrovulcanismo en el Campo de Calatrava". *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*. SEG, CSIC. Madrid. pp. 71-81.
- González, E., Gosálvez, R., Becerra, R., Escobar, E. (2007): "Actividad eruptiva holocena en el Campo de Calatrava (volcán Columba. Ciudad Real, España)". En: *Contribuciones al estudio del periodo Cuaternario*. AEQUA, Ávila, 143-144.
- González, E., Gosálvez, R., Becerra, R., Escobar, E., Redondo, M. (2008): "Condiciones medioambientales en el Holoceno medio del Campo de Calatrava oriental (Ciudad Real, España): Resultados preliminares". *IV Congreso Nacional de Biogeografía*, Ávila.
- Gosálvez, R.U. (2000): "Los humedales del Campo de Calatrava (Ciudad Real) como espacios receptores de Biodiversidad". En: *Actas del I Congreso Español de Biogeografía*. Girona, UB-UG-AGE.
- Gosálvez, R.U. (2003): *Las lagunas de la región volcánica del Campo de Calatrava: Delimitación, Inventario y Tipología*. Proyecto de investigación financiado por la Consejería de Ciencia y Tecnología de la JCCM, (inédito).
- Monturiol, F. *et al.* (1970): "Los paleosuelos rojos en las formaciones cuaternarias del Campo de Calatrava (Ciudad Real)". *Geogaceta*, 12, pp. 1-10.

- dad Real)". *Anales de Edafología y Agrobiología*, vol. 7-8, pp.548-573.
- Poblete, M.A. y Ruiz, J.(2002): "Morfología volcánica y dinámica fluvial en el valle medio del Jabalón (Campo de Calatrava Oriental)" en: *Estudios recientes en Geomorfología: patrimonio, montaña, dinámica territorial* SEG, Universidad de Valladolid, pp 465-475.
- Poblete, M.A. y Ruíz, J. (2007): "Revisión de la edad del volcanismo en la región volcánica central de España: Evidencias geomorfológicas de actividad volcánica cuaternaria" En LARIO, J. y SILVA, G. (eds). *Contribuciones al estudio del período cuaternario*, Aequa, Ávila. Pp. 163-164 y póster.