

MIGUEL ÁNGEL POBLETE PIEDRABUENA*, SALVADOR BEATO BERGUA*,
JOSÉ LUIS MARINO ALFONSO**, DANIEL HERRERA ARENAS*

*Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo. **Consejería de Educación del Principado de Asturias

Geoturismo con realidad aumentada en la zona volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)¹

RESUMEN

Se diseña y elabora una georruta con realidad aumentada en la zona volcánica del Campo de Calatrava, con el objetivo no solo de dar a conocer y difundir a la sociedad el relevante valor de su patrimonio geomorfológico, sino también con la finalidad de contribuir a su desarrollo sostenible a través de un geoturismo interesado por el conocimiento y deleite del paisaje volcánico, tanto de sus aspectos naturales como culturales. La metodología empleada ha consistido básicamente en el trabajo de campo, la selección de los volcanes más representativos y la elaboración de los recursos de realidad aumentada. Como resultado se propone una georruta que consta de 7 paradas, en la que se muestra la amplia variedad de formas, depósitos y tipos de volcanes, tales como conos piroclásticos (*cinder cones*) y maares (formados en basamento paleozoico y en sedimentos terciarios), así como manantiales termales. El itinerario propuesto estimula la divulgación científica y el aprendizaje, fomenta el respeto y conservación del patrimonio y sirve de base para la difusión y desarrollo del proyecto de Geoparque Mundial Unesco Volcanes de Calatrava-Ciudad Real.

RÉSUMÉ

Géotourisme à la réalité augmentée dans la zone volcanique de Campo de Calatrava (Ciudad Real, Espagne).- Une géoroute avec réalité augmentée est conçue et élaborée dans la zone volcanique de Campo de Calatrava, dans le but non seulement de faire connaître la valeur de son patrimoine géomorphologique, mais aussi de contribuer au développement durable par le biais du géotourisme. On remarque l'intérêt de connaître et apprécier les aspects naturels et culturels du paysage volcanique. La méthodologie utilisée a consisté essentiellement en un travail de terrain, la sélection des volcanes les plus intéressants et représentatifs et l'élaboration de ressources graphiques en réalité augmentée. En conséquence, une géoroute composée de sept points d'intérêt est proposée, montrant la grande variété de formes, de dépôts et de

types de volcanes, tels que les cônes de cendres, les maares formés dans le sous-sol paléozoïque et dans les sédiments tertiaires, ainsi que les sources thermales. L'itinéraire stimule la diffusion scientifique et l'apprentissage, favorise le respect et la conservation du patrimoine et sert de base à la diffusion et au développement du projet géoparc mondial de l'Unesco Volcanes de Calatrava-Ciudad Real.

ABSTRACT

Geotourism with augmented reality in the Campo de Calatrava volcanic field (Ciudad Real, Spain).- A georoute with augmented reality is designed and elaborated in the volcanic zone of Campo de Calatrava, with the aim not only of disseminating to society the relevant value of its geomorphological heritage, but also contributing to its development sustainable through geotourism in volcanic landscape. The methodology used has basically consisted of field work, the selection of the most interesting and representative volcanoes and the elaboration of augmented reality graphic resources. As a result, a georoute consisting of seven points of interest is proposed, showing the wide variety of forms, deposits, and types of volcanoes, such as cinder cones, maars formed in Paleozoic basement and in tertiary sediments, as well as thermal springs. The itinerary stimulates scientific dissemination and learning, fosters respect and conservation of heritage, and serves as the basis for the dissemination and development of the Unesco Global Geopark Volcanes de Calatrava-Ciudad Real project.

PALABRAS CLAVE/MOTS CLÉ/KEYWORDS

Geoturismo, georruta volcánica, realidad aumentada, desarrollo sostenible, Campo de Calatrava.
Géotourisme, géoroute volcanique, réalité augmentée, développement durable, Campo de Calatrava.
Geotourism, volcanic georoute, augmented reality, sustainable development, Campo de Calatrava.

¹ Este artículo forma parte de la difusión de los resultados del proyecto de investigación I+D titulado «La realidad aumentada como herramienta para la ex-

plicación de paisaje. Aplicaciones a la docencia y al turismo (CSO2017-84623-R) del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

I. INTRODUCCIÓN

El geoturismo es un concepto relativamente reciente dentro del ámbito de la industria del turismo, que toma cuerpo en el año 2002, en Estados Unidos, merced a la actuación que llevan a cabo la Travel Industry Association y la National Geographic Traveler Magazine. Posteriormente, el 5 de julio de 2008 cinco agencias gubernamentales de los Estados Unidos y la National Geographic Society asumen formalmente los principios del geoturismo basados en la sostenibilidad ambiental. En efecto, definen el geoturismo como un tipo de turismo que ayuda a sostener o realzar el carácter geográfico de un lugar, su medioambiente, cultura, estética, patrimonio y bienestar de sus residentes (MOFFET y MOODY, 2008). Se trata, en definitiva, de un turismo sostenible que ha de preservar el patrimonio natural y geomorfológico a las futuras generaciones.

En las dos últimas décadas, se ha incrementado notablemente el interés por el geoturismo, incluyendo el turismo científico, basado no solo en el conocimiento del patrimonio geológico y geomorfológico, sino también de otros recursos naturales y culturales, así como en el disfrute de la belleza y la participación en su conservación (DOWLING y NEWSOME, 2018). Dicho impulso obedece, entre otras razones, a que el geoturismo se ha convertido en un recurso fundamental para el desarrollo sostenible de territorios deprimidos económicamente y/o afectados por el despoblamiento. En particular, hay una abundante literatura académica que analiza el geoturismo como estrategia para el desarrollo sostenible (EAGLES y otros, 2002; HIWASAKI, 2003; DOWLING y NEWSOME, 2006; XHOSE, 2007; PANIZZA y PIACENTE, 2008; DOWLING, 2009; BURLANDO y otros, 2011; FARSANI y otros, 2011; DUARTE y otros, 2020), así como el papel que las georrutas y los itinerarios desempeñan en la difusión y comprensión de los contenidos de una manera amena y didáctica (GÓMEZ ORTIZ, 1985; SÁNCHEZ, 1995; GARCÍA DE LA VEGA, 2004; BEATO y otros, 2020; MARINO y otros, 2021a, 2021b).

La actividad volcánica es, sin duda, uno de los fenómenos geológicos más deslumbrante, llamativo y peligroso de la naturaleza que desde siempre ha fascinado y atraído la atención de los seres humanos (KATHARINE y otros, 2008; VIRAMONTE y INCER-BARQUERO, 2008). Las erupciones volcánicas, en especial, las de estilo explosivo permiten contemplar la rápida liberación de la energía latente en el interior de la Tierra, merced a la mutación de la energía térmica en cinética mediante la propagación de los gases. Si bien al principio tales fenó-

menos produjeron el pánico de las personas y fueron mitificados al considerarlos demostraciones de la ira de los dioses, no obstante, a partir de la Ilustración despertaron el interés científico y el inicio de las primeras observaciones sistemáticas (ver, por ejemplo, el informe de William Hamilton denominado *Campi Phlegraei* sobre las erupciones del Vesubio en el siglo XVIII o ya en el XIX la obra de HUMBOLDT, 1826). A partir del siglo XX, los volcanes activos se han convertido en paisajes muy atractivos que suscitan el interés y la mirada curiosa de los viajeros y de los turistas en general (ERFURT-COOPER, 2011, 2014; DÓNIZ-PÁEZ, 2012). Por esta razón, el turismo volcánico y los destinos geotermales se han potenciado al amparo del geoturismo. Las cifras de 2020 son muy elocuentes del interés que promueven los volcanes en los geoturistas (pese a los efectos negativos que la pandemia del covid-19 y las restricciones han causado en la movilidad), así lo ratifican, por ejemplo, los más de 3 millones de turistas que recibe el Parque Nacional del Teide al año² y los 3,8 millones de visitantes de la caldera resurgente de Yellowstone; 1,1 millones de turistas en el estratovolcán Mount Rainier, 670 mil turistas en la caldera de Crater Lake, 589 mil turistas en los volcanes escudo de Hawaii, 1,3 millones de turistas de los balnearios de Hot Springs³.

Las líneas de investigación centradas en el análisis del patrimonio volcánico, esto es, en la valoración y diagnóstico de los geosítios volcánicos es bastante reciente (HEGGIE, 2009; JOYCE, 2009; COSTA, 2011; REOLID y otros, 2013; BECERRA-RAMÍREZ, 2013; HENRIQUES y NETO, 2015; MARTÍ y PLANAGUMÀ, 2017; NÉMETH y otros, 2017; PLANAGUMÀ y MARTÍ, 2018; PLANAGUMÀ y MARTÍ, 2020; DÓNIZ-PÁEZ y otros, 2020; BECERRA-RAMÍREZ y otros, 2020), al igual que también los trabajos que abordan el geoturismo en áreas volcánicas mediante el diseño de georrutas que fomentan la exploración de tales territorios (DÓNIZ-PÁEZ y otros, 2011, 2019; ARMIERO y otros, 2011; GALAS y otros, 2018; PÉREZ-UMAÑA y otros, 2019). Las zonas volcánicas inactivas pueden jugar un papel fundamental pues, debido a la falta de riesgos potenciales sobre la integridad y la salud de las personas, facilitan la enseñanza didáctica de las claves fundamentales del origen y dinámica de tales paisajes. Esto suscita el interés del público por conocer y visitar los volcanes, que han incrementado su popularidad merced a la creación de geoparques volcánicos (NÉMETH y otros, 2017). Ade-

² Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Red de Parques Nacionales.

³ United States National Park Service Visitor Use Statistics, <<https://irma.nps.gov/STATS/>>.

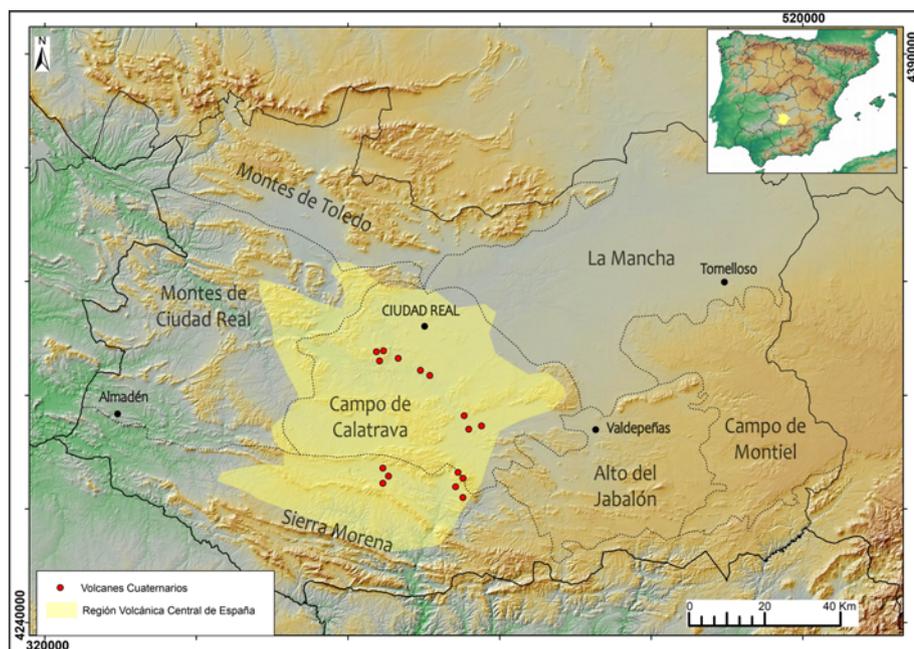


FIG. 1. Mapa de localización de la Región Volcánica Central de España. Elaboración propia a partir de Poblete y otros (2014) y del MDT05 del IGN.

más, la realidad aumentada, basada en la combinación de elementos reales y virtuales a través del empleo de dispositivos móviles e informáticos, es una herramienta esencial de apoyo para la didáctica y la divulgación tanto en ámbitos turísticos como educativos y científicos (DEL MORAL y VILLALUSTRE, 2013; LEIVA y MORENO, 2015; CÓZAR y otros, 2015; DEL MORAL y otros, 2016).

Si bien la zona volcánica del Campo de Calatrava es conocida dentro del ámbito nacional e internacional de la volcanología, sin embargo, apenas es apreciada por el público en su conjunto, de ahí la necesidad imperiosa de divulgar a la sociedad, y a la comunidad en general, el valor paisajístico de su patrimonio volcánico. Actualmente hay multitud de trayectos que atraviesan la zona volcánica de Calatrava consistentes en rutas, senderos oficiales y vías verdes con paneles informativos *in situ* y folletos interpretativos disponibles en internet (como, por ejemplo, las rutas PR-CR-1, 2, 4, 11, 12 y 13 y GR-114 tramo 9 y 10 o Camino Natural del Guadiana). En el año 2011 la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha desarrolló un proyecto para enlazar algunos monumentos naturales volcánicos con el pueblo más cercano mediante itinerarios con carteles y mapas que hoy en día presentan un estado de conservación muy lamentable. En cuanto a las georrutas enfocadas desde una óptica científica y didáctica, estas han tenido cierto desarrollo en las últimas décadas (ver, por ejemplo, POBLETE, 1991a; ESCOBAR y GONZÁLEZ, 2010; POBLETE y otros, 2014; PORTERO, 2016; GONZÁLEZ y otros, 2017a, 2017b; BEA-

TO y otros, 2018a), si bien no han contemplado en su diseño el empleo de la realidad aumentada para facilitar el aprendizaje.

El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer las singularidades geomorfológicas y el atractivo paisaje de la zona volcánica del Campo de Calatrava, en especial, la variedad de formas y depósitos tanto de origen magmático como freatomagmático. Para ello se propone una interesante georruta fundamentada tanto en criterios formativos como educativos, en la que la realidad aumentada juega un papel fundamental como herramienta interpretativa. De esta manera no solo se estimula el aprendizaje científico y la cooperación en el mantenimiento del patrimonio natural, sino que además se fomenta el geoturismo como recurso para el desarrollo sostenible de esta comarca y sienta las bases para el proyecto Geoparque Mundial Unesco de los Volcanes de Calatrava-Ciudad Real, cuya solicitud está siendo preparada por la Diputación de Ciudad Real con la supervisión de un nutrido grupo de científicos.

II. ÁREA DE ESTUDIO

El Campo de Calatrava es, junto con los de Montes de Toledo, Montes de Ciudad Real, La Mancha, el Valle del Ojailén y el Valle de Alcudia, una de las seis zonas o comarcas naturales que integran la llamada Región Volcánica Central de España (RVCE), denominación emplea-

zoicas de cuarcitas que se yerguen sobre ellas, las cuales albergan las escasas manchas de vegetación mediterránea formadas mayoritariamente por encinares y chaparrales de carrasca. Por último, los volcanes, las formas de relieve más singulares y emblemáticas de la región, se disponen por encima tanto de las pequeñas llanuras terciarias como sobre las serratas cuarcíticas, configurando un relieve positivo que enriquece e interfiere ambas unidades estructurales, y cuyo origen es evidentemente más reciente.

Desde el punto de vista geográfico, dispone de un rico patrimonio volcánico tal y como se ha puesto de manifiesto en los análisis geomorfológicos y sobre el estado de los volcanes calatravos en la actualidad (POBLETE y otros, 2019b) e incluso en las propuestas de valoración de geomorfositos (BECERRA-RAMÍREZ, 2013), biogeográficas (GOSÁLVEZ, 2012) y de usos y aprovechamientos en torno a los materiales volcánicos (ESCOBAR, 2016). En efecto, se trata de una extensa área con un amplio elenco de recursos paisajísticos y turísticos, buenas conexiones de transporte e infraestructuras adecuadas para el desarrollo de georrutas como la propuesta. No obstante, también hay que mencionar algunos aspectos negativos como la desaparición de elementos patrimoniales volcánicos por las explotaciones mineras y la existencia de numerosos cotos de caza particulares vallados y fincas ganaderas que impiden el acceso a muchos volcanes.

El descubrimiento científico de este territorio volcánico, tras su hallazgo por el ilustrado irlandés Guillermo Bowles en 1775, apenas despertó el interés entre los geólogos y naturalistas extranjeros, por lo que la exploración fue realizada exclusivamente por españoles, en concreto, por los ingenieros de la Real Academia de Almadén y la Comisión del Mapa Geológico, sobresaliendo los trabajos de Felipe Naranjo, Francisco de Luxán y Daniel de Cortázar (POBLETE y BEATO, 2016; POBLETE y otros, 2018a). Finalmente, la investigación más exhaustiva y profunda, en la que se revelan las características volcanológicas, fue obra de tres geólogos de la Universidad de Madrid, a saber, de Francisco Quiroga, autor de la primera tesis doctoral sobre la zona, Eduardo Hernández-Pacheco y, en especial, de su hijo Francisco, artífice de la representación cartográfica más moderna y detallada de la primera mitad del siglo XX (Fig. 2).

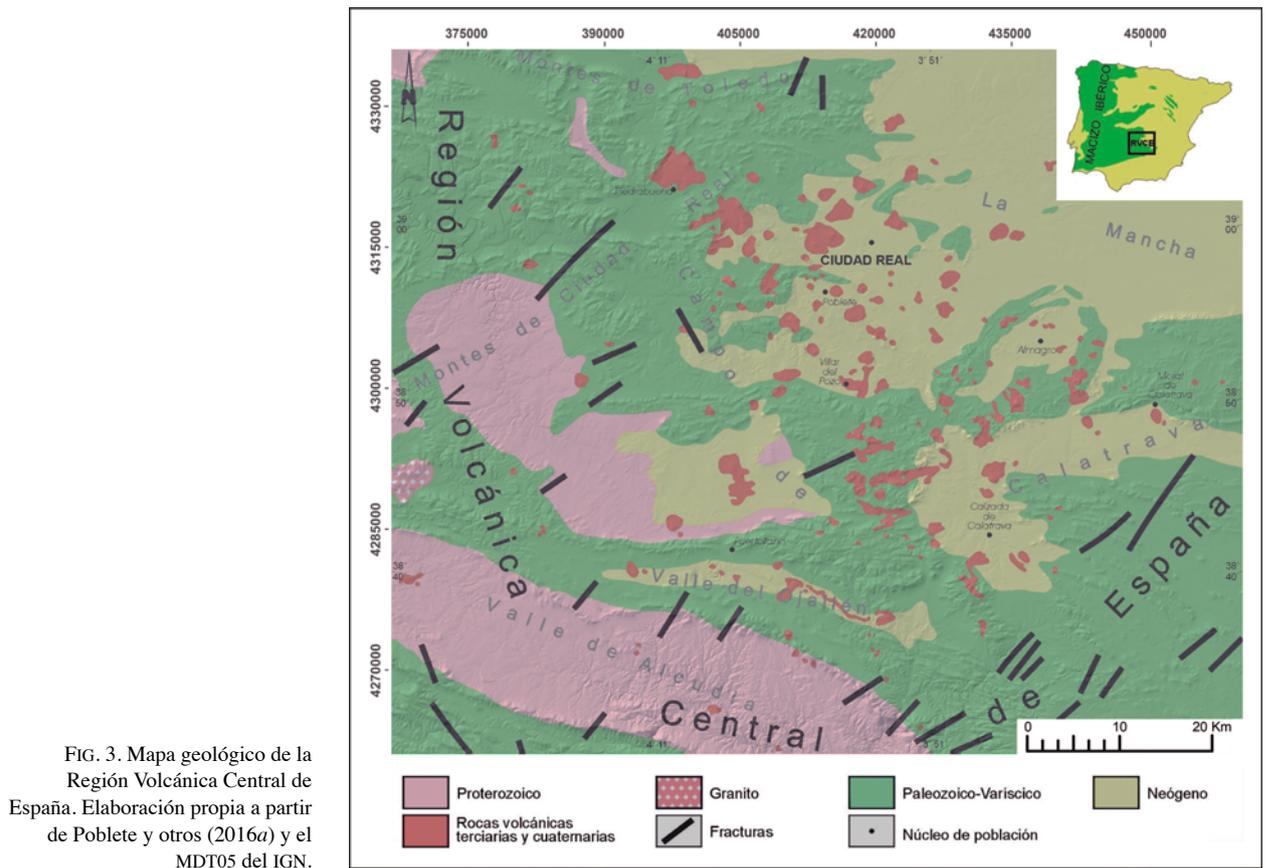
III. CONTEXTO VOLCANOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, el Campo de Calatrava se localiza en el extremo suroriental de la Zona

Centro-Ibérica del Macizo Hespérico, cerca de los sectores externos de la Cordillera Bética Alpina, configurando una ligera depresión tectónica formada a finales del Cenozoico, entre los relieves pseudoapalachenses de los Montes de Toledo, al norte, y de Sierra Morena, al sur (POBLETE, 1994, 2003) (Fig. 3). El basamento paleozoico, compuesto mayoritariamente por cuarcitas armoricanas (Ordovícico inferior), areniscas (Ordovícico medio-superior) y pizarras (Silúrico), se articula en torno a una serie de grandes estructuras plegadas orientadas de NO-SE a E-O y NE-SO, al haber sido afectadas por dos fases de la orogenia variscica (ROIZ, 1979). Este sustrato paleozoico está cubierto discordantemente por sedimentos lacustres carbonatados y depósitos de abanicos aluviales siliciclásticos de edad respectivamente mio-pliocenos, así como por depósitos fluviales cuaternarios. Además, las coladas de lava y depósitos PDC (corrientes piroclásticas de densidad) diluidos se intercalaron con abanicos aluviales y sedimentos lacustres de las cuencas de distensión (Mioceno tardío-Cuaternario), dando lugar a la formación de un conjunto muy completo de ambientes sedimentarios deposicionales (HERRERO-HERNÁNDEZ y otros, 2012, 2015), que acontecieron después de la compresión Bética del Serravaliense-Tortonense.

El Campo de Calatrava, junto con la Zona Volcánica Catalana (ZVC), es una de las regiones volcánicas alcalinas cuaternarias de España pertenecientes al Sistema Europeo de Rift Cenozoico. Se caracteriza por un volcanismo intraplaca de naturaleza básica y monogénico, aunque con evidencia de comportamiento policíclico de algunos volcanes (Mesa del Villar y Columba) (POBLETE, 2002; BECERRA-RAMÍREZ, 2013) articulados en torno a líneas estructurales de dirección ONO-ESE a NO-SE, las principales, y de ENE-OSO a NE-SO, las secundarias; siguiendo, en definitiva, fracturas de orden regional que sesgan el zócalo hercínico (ANCOCHEA y BRANDLE, 1982; ANCOCHEA, 1983; CEBRIÁ, 1992; LÓPEZ-RUIZ y otros, 1993; CEBRIÁ y otros, 2011) (Fig. 4).

Desde el punto de vista petrológico, las rocas volcánicas son muy homogéneas, siendo su composición química de naturaleza básica y ultrabásica. La característica más singular de esta litología es que adopta una distribución espacial peculiar, al situarse los basaltos y basanitas en el centro según una banda dispuesta en dirección NNO-SSE, mientras que nefelinitas y melilititas olivínicas ocupan áreas externas y marginales respectivamente (HERNÁNDEZ-PACHECO, 1932; ANCOCHEA, 1983, 2004). Este reparto del roquedo refleja fielmente la disposición e intensidad de la anomalía térmica del manto, muy acentuada en el interior de la zona eruptiva y ate-



nuada en la externa (ANCOCHEA, 1983). También cabe destacar la presencia de rocas ultraalcalinas, en concreto, de leucititas olivínicas que, aunque minoritarias, son las únicas existentes en toda Europa (ANCOCHEA, 2004). La mayoría de las rocas de la serie basáltica de Calatrava proceden de magmas primarios, poco evolucionados, formados a partir del distinto grado de fusión parcial de una misma fuente astenosférica enriquecida y uniforme (ANCOCHEA, 1983; CEBRIÁ y LÓPEZ-RUIZ, 1995), cuya homogeneidad isotópica es similar a las del manto astenosférico europeo (WILSON y DOWNES, 1991). No obstante, recientemente se ha inferido a partir del análisis de depósitos piroclásticos, xenolitos del manto y, en especial, de tobas volcánicas con abundante matriz carbonatada, la posible naturaleza carbonática del magma de Calatrava (BAILEY y otros, 2005; HUMPHREYS y otros, 2010; STOPPA y otros, 2012).

La génesis del volcanismo en el Campo de Calatrava suscita actualmente una interesante controversia con propuestas geodinámicas basadas en cuatro modelos principales: 1) el volcanismo se relaciona con un régimen tectónico extensional o de rift abortado originado

en dos etapas. Una primera fase llamada diapírica en la que el magma asciende rápidamente a la superficie. Durante este episodio se produce el abombamiento y adelgazamiento de la corteza. Finalmente, en la segunda fase tras los esfuerzos compresivos alpinos de dirección NO, que pliegan el Arco Prebético hacia el borde sudeste del Macizo Hercínico, se produce un fenómeno de distensión que desencadena la formación de un incipiente rift (ANCOCHEA, 1983, 2004; LÓPEZ-RUIZ y otros, 1993; CEBRIÁ y LÓPEZ-RUIZ, 1995; DOBLAS y otros, 1991); 2) un modelo de deformación neotectónica, contrario al origen extensional, partidario de una flexura litosférica en régimen compresivo débil, mediante el cual el manto asciende descomprimiéndose y fundiendo parcialmente (VEGAS y RINCÓN-CALERO, 1995; RINCÓN-CALERO, 1999). Los recientes modelos gravimétricos de la litosfera de Calatrava descartan un adelgazamiento cortical y se decantan por esta interpretación (SENTRE y otros, 2014; GRANJA BRUÑA y otros, 2015); 3) un modelo ligado a los movimientos de la compleja megafalla sinistral/extensional que recorre el bloque mediterráneo europeo desde Marruecos hasta el norte de Europa, dando lugar

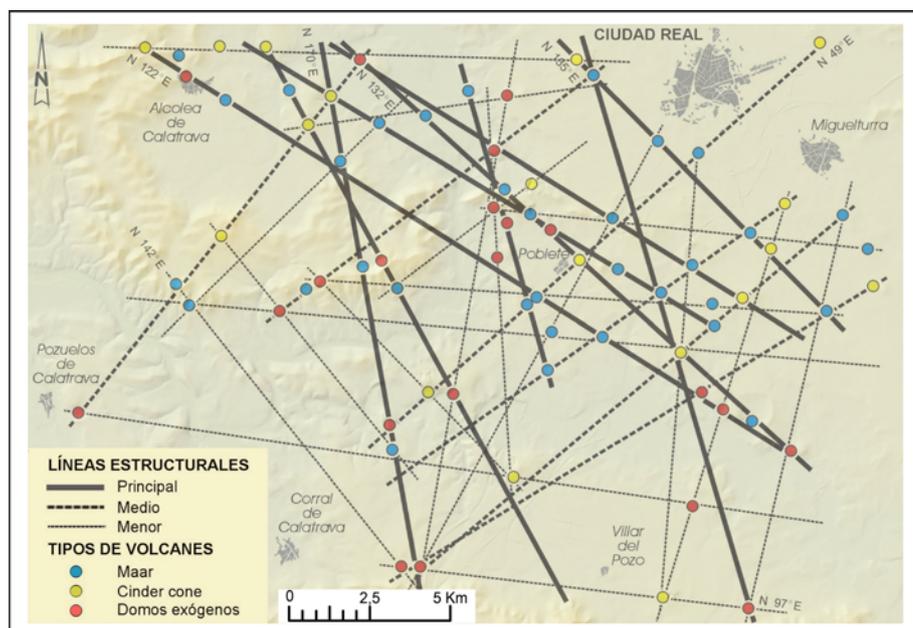


FIG. 4. Mapa estructural de la zona central volcánica del Campo de Calatrava (modificado a partir de Poblete y otros, 2016a).

al volcanismo basáltico alcalino del Macizo de Bohemia, Macizo Renano, Macizo Central Francés, Olot, Campo de Calatrava, Marruecos (LÓPEZ-RUIZ y otros, 2002); 4) también ha sido vinculado, a partir de pruebas de origen profundo (HOERNLE y otros, 1995), a un *hot finger* o *baby-plume* desprendido de una megapluma activa, la cual se extiende desde el Atlántico Oriental hasta Europa Central y el Mediterráneo Occidental (STOPPA y otros, 2012).

En cuanto a la edad de la actividad volcánica, cuyo desarrollo en el tiempo es discontinuo, se han distinguido mediante dataciones radiométricas de K-Ar de coladas lávicas dos grandes etapas: la primera y menos importante desde el punto de vista geomorfológico, pues solo edifica el volcán de Morrón de Villamayor, se inicia en el Mioceno superior (de 8,7⁴ a 6,4 Ma) y tiene carácter ultrapotásico, formando únicamente leucititas olivínicas (ANCOCHEA, 1983); la segunda de mayor capacidad morfológica, y de composición alcalina y ultraalcalina, se prolonga desde el Plioceno inferior (4,7 Ma) hasta el Pleistoceno inferior (1,75 Ma) (ANCOCHEA y GIULIANI, 1979; ANCOCHEA, 1983; BONNADONA y VILLA, 1986; BOGALO y otros, 1994). Con posterioridad, el periodo de actividad de la segunda etapa se prolonga notablemente, en concreto, hasta 0,7 Ma, esto es, hasta el Pleistoceno medio, a través del análisis magnetoestratigráfico de la serie volcanosedimentaria situada al suroeste de la loca-

lidad de Poblete (GALLARDO-MILLÁN y otros, 2002; GALLARDO, 2004). Sin embargo, Poblete (1994, 1997, 2002, 2016) y Poblete y otros (2019a), a partir de análisis volcanoestratigráficos y dataciones de OSL de terrazas fluviales y radiocarbono de paleosuelos, hemos identificado cuatro etapas volcánicas. En concreto, durante el proceso de sedimentación pliocena se producen tres etapas. La etapa volcánica 1 transcurre entre el Mioceno superior y el Plioceno inferior (entre 7,2 y 4,8 Ma), antes de que tuviese lugar la formación de las calizas ruscienses. Se caracteriza por el predominio de mecanismos eruptivos de tipo freatomagmático, formándose depósitos de PDC diluidas y húmedas que fosilizan una formación detrítica basal (compuesta por abanicos aluviales), cuya edad incierta puede atribuirse como muy reciente al Mioceno superior. Los depósitos PDC se hallan bien conservados en las subcuencas de Poblete, Corral y Alcolea de Calatrava. De esta etapa freatomagmática, sin embargo, no se conservan estructuras volcánicas en forma de maers solo depósitos PDC diluidos interestratificados en la serie sedimentaria prepliocena. La etapa volcánica 2 acontece una vez finalizada la sedimentación de las calizas ruscienses, concretamente, en la transición del Plioceno inferior al superior, pues tiene lugar antes de la deposición de las calizas y margas del Plioceno superior (< 3,6 Ma). Se distingue, como la anterior, por la homogeneidad de la dinámica eruptiva, al consistir en erupciones explosivas freatomagmáticas. Como resultado de estas explosiones freatomagmáticas se originan 7 maers labrados en las

⁴ Una reciente revisión de Ancochea y Huertas (2021) precisa la edad más antigua entre 7,4 y 7,1 Ma.

calizas ruscinienses. Se trata de los maeres de Las Higuieruelas (con yacimiento paleontológico del Villafranquiense inferior-medio), Benavente, Galiana, Cantarranas, Los Corrales (en el término municipal de Ciudad Real), La Encamienda (Corral de Calatrava) y la Hoya de los Muertos (Calzada de Calatrava). Estos maeres se formaron en la transición del Plioceno inferior al superior a partir de una explosión freatomagmática seguida de una subsidencia volcanotectónica de la diatrema y del borde del cráter que produce el buzamiento periclinal y convergente de las calizas del Rusciniense del borde de la depresión. La tercera etapa volcánica, que cierra el proceso de sedimentación pliocena, está caracterizada por mecanismos eruptivos de tipo estromboliano que originan, con certeza, los volcanes Cabezo del Moro y Juan de la Puerta, los cuales arrojan piroclastos en el interior del maar de Las Higuieruelas, fosilizando el elenco faunístico allí instalado, constituido por *Anancus avernensis*, *Hipparion rocinantis*, *Gazella* sp., *Cervus* cf. *cusanus* y *perrieri*. Por tanto, esta tercera etapa eruptiva tuvo lugar en el Villafranquiense inferior-medio, aproximadamente hace unos 3,5 Ma (BONADONNA y VILLA, 1986; MAZO, 1993; BADIOLA y otros, 2007). Se pone así fin a las explosiones freatomagmáticas que ocurrieron en las subcuencas endorreicas pliocenas y el paso a la actividad volcánica pleistocena.

La cuarta etapa volcánica se desarrolla durante el Pleistoceno superior y la transición al Holoceno y se caracteriza por una gran diversidad de estilos eruptivos. En efecto, se producen erupciones muy variadas entre las que destacan las estrombolianas, efusivas y freatomagmáticas que originan una mayor tipología de edificios (POBLETE, 1994): *cinder cones*, acumulaciones lávicas con forma de domo, maeres y pequeños volcanes de lava⁵. Las dataciones de OSL de las terrazas fluviales de los ríos Jabalón y Ojailén fosilizadas por depósitos PDC y coladas lávicas nos han permitido fechar la edad máxima de las erupciones de los siguientes volcanes: Las Cuevas (< 75,08±5,17 ka BP) (POBLETE y otros 2019a), Cuelgaperros (< 34,45±2,2 ka BP) (POBLETE y otros, 2016b) y La Quintería-Mesa del Villar (< 64,6±5,5 ka) (POBLETE y otros, 2021). A partir de la datación de la materia orgánica contenida en paleosuelos fosilizados por coladas lávicas hemos podido establecer la cronología de las erupciones de los siguientes volcanes: La Halconera

(17,8-15,4 cal ka BP) y Zurriaga (21,3-20,4 cal ka BP) (POBLETE y otros, 2021). El caso del volcán Columba es el más complejo y hemos empleado ambos métodos de datación: radiocarbono (paleosuelo) y OSL (las coladas lávicas están fosilizadas por la terraza fluvial +9 m) para conocer la evolución cronológica completa. El volcán Columba comienza su actividad con una fase estromboliana alrededor de 33,9±2,36 ka BP, seguido por un largo periodo de inactividad entre 24,9-23,2 cal ka y 14-13,5 cal ka BP, durante el cual se forma el antedicho paleosuelo. Posteriormente, la actividad volcánica se reactiva con una fase freatomagmática seguida por otra estromboliana en la que las coladas lávicas cruzaron y represaron el río Jabalón, forzando así la deposición de la terraza fluvial +9 m del río Jabalón por encima de ellas, hace alrededor de 6,27±4,28 ka BP. Así pues, el volcán Columba es un buen ejemplo de comportamiento eruptivo policíclico en un campo volcánico monogénico, cuya última erupción aconteció entre el Pleistoceno superior y el Holoceno (GONZÁLEZ y otros, 2007, 2010; BECERRA-RAMÍREZ, 2013; POBLETE, 2016; POBLETE y otros 2019a).

Desde el punto de vista geomorfológico distinguimos en Calatrava 6 tipos de volcanes siguiendo las clasificaciones propuestas por Poblete (1994) y Poblete y otros (2018b): maeres con subsidencia volcanotectónica diatremática y pericratérica, maeres encajados en cuarcitas sin borde anular, maeres con borde anular, *cinder cones*, pequeños volcanes de lava y acumulaciones de lava con forma de domo. Los tres primeros tipos de volcanes son de origen freatomagmático con erupciones muy explosivas producidas por el contacto entre agua y magma. El resultado morfológico de tales erupciones son volcanes de tipo maar. Los maeres son formas volcánicas que constan de una depresión cratérica excavada por debajo de la superficie topográfica preeruptiva, resultante de explosiones freáticas y/o freatomagmáticas. Las formas y dimensiones de tales depresiones u hondonadas son muy diversas, esto es, de planta circular, semicircular, elípticas o en herradura, con fondo plano o en embudo, desde varias decenas a varias centenas de kilómetros de diámetro y de decenas a varias centenas de profundidad. Los otros tres tipos de volcanes son resultado de erupciones volcánicas magmáticas, aunque en ocasiones pueden producirse pequeñas fases explosivas freatomagmáticas sin configuración morfológica.

1. Maeres con subsidencia volcanotectónica diatremática y pericratérica. Son, junto con Morrón de Villamayor, los volcanes más antiguos de Calatrava. Los bordes de los cráteres están formados por retazos circulares de calizas ruscinienses (cuya parte central ha sido destruida

⁵ Otras clasificaciones morfológicas y morfogenéticas aplicadas en el Campo de Calatrava (Gosálvez, 2012; Becerra-Ramírez, 2013; Escobar, 2016) son las basadas en los trabajos de Dóniz-Páez (2004) y Kereszturi y Németh (2012) para campos monogénicos basálticos, diferenciando entre volcanes de génesis magmática (conos de escoria o de *spatter*), hidromagmática (maeres y conos de tobas) o mixta (combinación de los edificios anteriores).

por explosiones freatomagmáticas), los cuales se hallan además inclinados entre 20 y 40° y con buzamientos periclinales hacia el centro de la depresión. Tales basculamientos son debidos a la subsidencia volcánotectónica experimentada por el borde del cráter y de la diatrema tras la distensión poseruptiva, como consecuencia de la apertura de fracturas anulares y la diagénesis de las brechas de explosión y depósitos PDC diluidos que rellenan el conducto volcánico (POBLETE, 1991b). El interior de las depresiones cratéricas está colmatado de sedimentos poseruptivos correspondientes al Plioceno superior y carecen de borde anular. Los únicos maeres de Calatrava pertenecientes a esta tipología son Las Higuieruelas, Benavente, Galiana, Cantarranas, Los Corrales, La Encomienda y la Hoya de los Muertos.

2. Maeres encajados en sierras cuarcíticas con vertientes verticalizadas. Estos maeres carecen de borde anular y están excavados en el basamento paleozoico compuesto principalmente de cuarcitas armoricanas (Ordovícico inferior), areniscas (Ordovícico medio-superior) y pizarras (Silúrico). Tienen forma circular o subcircular con diámetros comprendidos entre 1 y 2 km y una profundidad superior a un centenar de metros. La forma del fondo suele ser plana pues están colmatados de brechas de explosión, bombas coliflor y accesorios líticos derivados del basamento paleozoico. En ocasiones alojan en su interior una laguna estacional. Los ejemplos más representativos de esta modalidad de maeres son La Posadilla, Hoya de Cervera, Corchuelos, La Alberquilla, etcétera.

3. Maeres con borde anular y laderas suaves. Estos maeres están modelados sobre rocas blandas, esto es, sedimentos terciarios y cuaternarios. Se caracterizan morfológicamente por tener un borde anular con laderas suaves con una inclinación inferior a 10°. Se distinguen por tener una forma circular, semicircular y semielíptica con apenas unas decenas de metros de profundidad y fondo llano colmatado de brechas de calizas y esquistos, así como de bombas volcánicas y lapilli acreccionarios. Entre los ejemplos más representativos de esta modalidad de maeres debemos mencionar a Cuelgaperros, Hoya del Mortero, El Pardillo, Los Espejuelos, etcétera. Carecen en su mayoría de lago instalado en el cráter.

4. Conos piroclásticos (*Cinder cones*). Son volcanes en forma de cono sin cráter o cono truncado con cráter circular en su cima o en forma de herradura compuestos por bombas, escorias y lapilli. Se originan a partir de fases eruptivas estrombolianas, en las cuales pueden emitirse pequeñas coladas lávicas que se encauzan por los valles adyacentes. Entre los *cinder cones* más destacados debemos mencionar a Columba, Cerro Pelado, Conejera,

Yezosa, Zurriaga, Peñarroya, Cabeza Parda, Cabeza del Rey, etcétera.

5. Pequeños volcanes de lava. Se componen mayoritariamente de lavas muy fluidas que se extienden, desde el punto de emisión (*vent*), en abanico abarcando una amplia superficie adquiriendo una forma en escudo. Tales coladas lávicas son emitidas durante erupciones efusivas muy tranquilas, sin apenas fases explosivas. Por esta razón, los materiales piroclásticos son muy escasos y originan pequeñas acumulaciones de lapilli y cenizas intercaladas entre las coladas. A esta tipología corresponden Cabezo de la Plata, La Halconera, Negrizal de Cañada de Calatrava y el Enebrillo, entre otros. El Cabezo de la Plata es un pequeño volcán de lava compuesto exclusivamente por coladas lávicas que se extienden en forma de escudo. La dinámica eruptiva es muy efusiva y en ella se emiten lavas muy fluidas y de morfología *pahoehoe*.

6. Domos de lava o exógenos⁶. Se originan a partir de la extrusión de lavas que apenas se desplazan varios metros del punto de emisión. Se distinguen dos modalidades locales llamadas «cabezos» y «castillejos». Los primeros se caracterizan por la extrusión de un número importante de coladas que se acumulan y superponen sobre el punto de emisión. El resultado final es un volcán cupuliforme y perfil convexo compuesto por espesas coladas que se superponen en forma de peldaños de escalera. Tales coladas lávicas se alternan con depósitos de PDC diluidos que indican pequeñas fases explosivas freatomagmáticas. Este tipo de acumulaciones lávicas cupuliformes se desarrollan frecuentemente sobre las planicies sedimentarias pliocenas. Pertenecen a este grupo de domos de lava en forma de cúpulas los volcanes Cabezo Galiana, Cabezo de los Pescadores, Cabezo del Hierro, Cerro de las Moreras y Cerrajón de La Puebla. Los segundos, por contra, se sitúan en las cumbres y laderas de las sierras paleozoicas y adoptan una configuración en forma de pináculos o torreones. Se originan también a partir de lavas que se solidifican rápidamente; no obstante, las primeras se desplazan ladera abajo unos metros, mientras que las últimas de menor caudal se amontonan caóticamente sobre el punto de emisión adoptando la forma de pequeños torreones. A esta categoría corresponden los domos Los Tontos, La Atalaya I y II, Peñas Negras, Cerro de las Higueras, Ciruela y Cerro Negro.

⁶ El concepto de domo se atribuye a áreas volcánicas de magmas ácidos, muy viscosos, al contrario de lo que ocurre en el Campo de Calatrava, una región de volcanismo monogénico basáltico, es decir, formado, en principio, por lavas fluidas. No obstante, es indudable la presencia de acumulaciones lávicas en Ciudad Real apuntadas, con forma de domo o pirámide, debido a la escasa movilidad de las lavas en algunos casos concretos.

IV. METODOLOGÍA

La metodología empleada se fundamenta básicamente en la utilizada ya en los itinerarios didácticos y georutas con realidad aumentada de Beato y otros (2020) y Marino y otros (2021a, 2021b). En tales trabajos la metodología se articula en torno a tres fases: la primera consiste en el análisis y selección de los lugares o geositios de mayor interés y singularidad; la segunda se centra en el diseño del itinerario indicando las paradas que presentan las mejores condiciones de observación y accesibilidad; por último, en la tercera se elabora toda la información científica, se realiza la interpretación geográfica y se incorporan los materiales a la herramienta de la realidad aumentada.

Así pues, la primera fase del trabajo consistió en el estudio geográfico de las formas volcánicas, de las secuencias morfoeruptivas y la cartografía geomorfológica, enfocado a la selección de los geositios, en este caso, edificios volcánicos y manantiales termales de mayor interés y representatividad. Los análisis efectuados incluyeron también una amplia revisión bibliográfica y se basaron en las aportaciones recientes de los trabajos de Poblete (2016) y Poblete y otros (2016a, 2019a, 2019b, 2021). Se obtuvieron una veintena de volcanes integrados por *cinder cones*, maares y domos de lava exógenos situados en el centro y borde oriental de la zona volcánica del Campo de Calatrava, de los cuales finalmente se seleccionaron un total de 8 y 2 manantiales termales, a tenor no solo de criterios científicos (formas volcánicas, estilo eruptivo, secuencia morfoeruptiva, productos resultantes) sino también culturales (valor paisajístico y estético, interés pedagógico, etc.) y de uso y gestión (accesibilidad, condiciones de observación, servicios y equipamientos, potencial turístico, etc.) siguiendo las propuestas de valoración científicas aplicadas en la zona (BECERRA-RAMÍREZ, 2013; BEATO y otros, 2018b). En concreto, de los 8 volcanes seleccionados (Yezosa, Cerro Gordo, Barondillo, Columba, Hoya de Cervera, Cuelgaperros, Corchuelos y La Posadilla-El Portillo) dos están protegidos bajo la figura de Monumento Natural y otro está musealizado, lo que realza aún más si cabe el interés y valor no solo natural sino también didáctico de estos geositios. La segunda fase estribó en un exhaustivo trabajo de campo en el que se recorrieron las carreteras, pistas asfaltadas y senderos para asegurar la accesibilidad de las paradas. De este modo se dispuso de la información básica y precisa para el diseño del recorrido, eligiéndose para punto de partida la atractiva y turística villa de Almagro y como final de ruta la pequeña aldea de Valverde

(Ciudad Real). Se priorizó en todo momento el acceso rodado, aunque en ocasiones también se transita por pistas y senderos.

Por último, en la tercera fase se procedió a la explicación e interpretación de cada una de las paradas, en este caso, de los volcanes seleccionados, en concreto, de los rasgos morfológicos más característicos, estilos eruptivos, evolución dinámica y productos expelidos siempre de manera amena y didáctica. Con la finalidad de promover y motivar el aprendizaje e incluso hacerlo más interactivo, se elaboró documentación complementaria (fotográfica y cartográfica) que se despliega a través de la aplicación de la herramienta de realidad aumentada. De esta manera, los materiales elaborados están disponibles de forma abierta para todos los usuarios en el portal de internet del Observatorio del Territorio del Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo (<<http://www.observatoriodeltterritorio.es/rarv/calatrava/calatrava.html>>). En efecto, los contenidos se obtienen fácilmente online mediante cualquier dispositivo que tenga acceso a internet. Se trata fundamentalmente de material gráfico y multimedia, esto es, modelos tridimensionales, vídeos, fotografías y mapas geológicos antiguos, además de cartografía geomorfológica reciente, que va acompañado de sus correspondientes textos interpretativos. A esta información hay que añadir otros recursos interactivos como modelos digitales de elevación (MDE) o de superficies (MDS) construidos a partir de datos LIDAR del IGN, elaborados mediante QGIS, y también disponibles en la plataforma Sketchfab⁷. Por tanto, para acceder a los contenidos interactivos pude optarse por dos vías:

Por un lado, mediante el hipervínculo que da acceso a la web <www.observatoriodeltterritorio.es/rarv/calatrava/calatrava.html>, donde se encuentran los contenidos interactivos.

Por otro lado, los recursos virtuales del presente artículo pueden visualizarse mediante técnicas de realidad aumentada, dichos contenidos se superpondrán sobre las imágenes del propio artículo que funcionan como marcadores o activadores. Para ello es necesario acceder mediante un dispositivo móvil al siguiente enlace web <<https://studio.onirix.com/exp/ID51dL>> o escaneando el siguiente código QR (Quick Response)



⁷ <<https://sketchfab.com/danielOT/models>>.

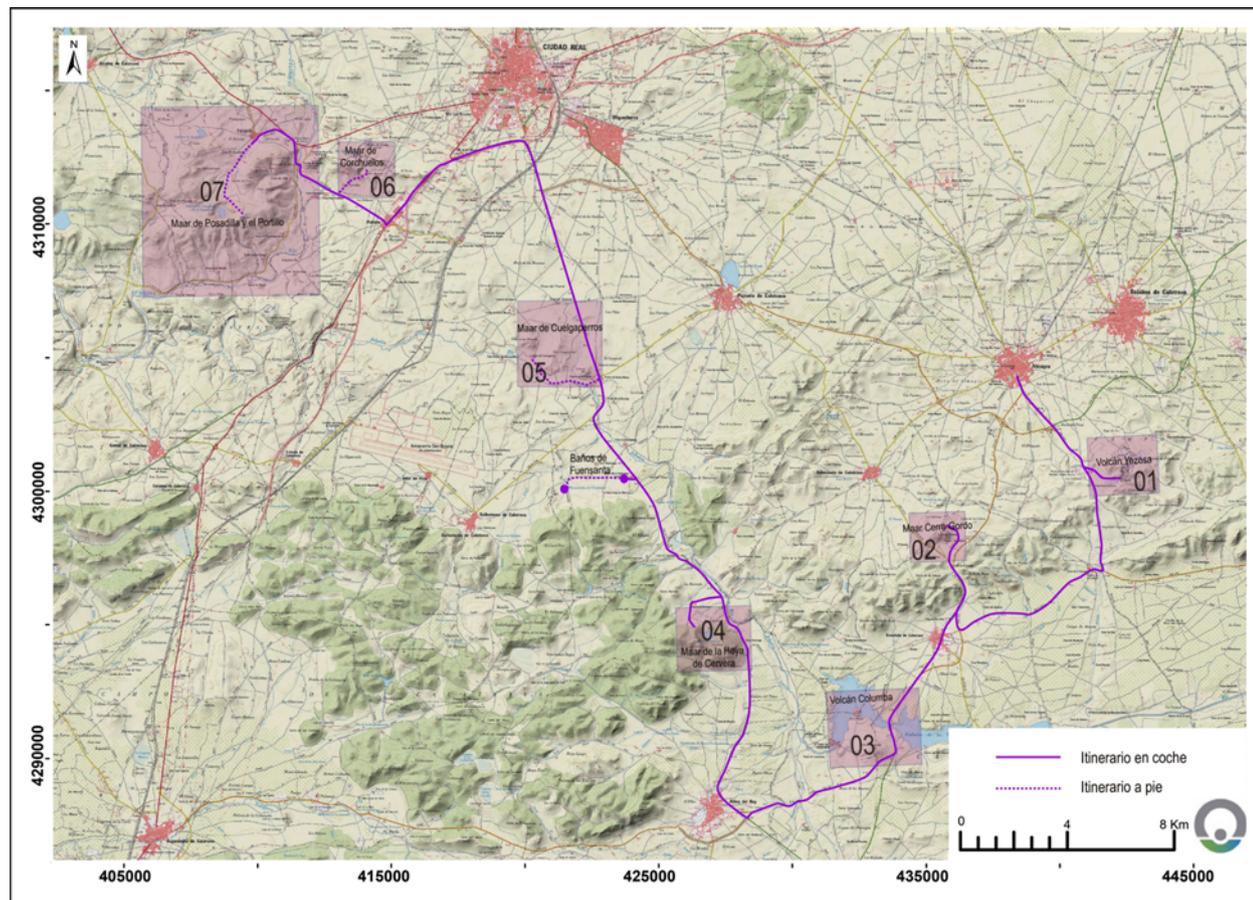


FIG. 5. Georruta propuesta (elaboración propia; fuente Modelo Digital de Elevaciones; MTN 1:25.000, Instituto Geográfico Nacional), <<http://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/calatrava/calatrava.html>>.

Una vez abierta la aplicación móvil se activará la cámara del dispositivo y solo tendrán que enfocar unos segundos a las figuras que tienen el siguiente logo para que la Realidad Aumentada se active. También es posible visualizar estos contenidos mediante enlaces web que se han incorporado en los pies de dichas figuras.



V. RESULTADOS

La georruta parte de la localidad de Almagro, sede desde el siglo XIII de la Orden de Calatrava, y en la actualidad capital de la comarca. En este pueblo renacentista de gran atractivo turístico (donde aún se conserva activo el Corral de Comedias, el teatro más antiguo de Europa construido en 1628) tomaremos la CM-412 en dirección a Moral de Calatrava, a fin de emprender el recorrido de los volcanes más representativos de la zona volcánica de

Calatrava. Efectivamente, la georruta tiene una longitud total de 60,5 km y consta de 7 paradas que coinciden con los edificios volcánicos que hemos seleccionado, según los criterios indicados anteriormente en la metodología. En concreto, se inicia la visita en el volcán Yezosa, transcurre después por Cerro Gordo, Barondillo, Columba, Hoya de Cervera, Cuelgaperros, Corchuelos y termina en La Posadilla-El Portillo, esto es, en la Sierra de Medias Lunas.

1. VOLCÁN YEZOSA

Situado a solo 5 km al SE de Almagro, Yezosa con una altitud de 856 m s. n. m. es uno de los volcanes más llamativos y destacados que se alzan sobre la Sierra de Granátula-Moral (Fig. 6). Se accede a él a través de la antigua CM-412 hasta la CTR de Almagro, donde se cruza la CM-45 y se toma la pista asfaltada que conduce hasta



FIG. 6. Volcán de Yezosa visto desde el norte. Se aprecian las canteras mineras que explotan sus materiales piroclásticos y ponen en riesgo su conservación, <<https://skfb.ly/ooPRW>>.

la cantera de la Alemana. Se trata de un excelente ejemplo de cono piroclástico o *cinder cone*, que se emplaza 150 m sobre la sierra de cuarcita armoricana de Granátula de Calatrava que delimita por el sur la subcuenca terciaria de Almagro. En concreto, está situado sobre una línea de fractura de dirección ENE-OSO, que se extiende a lo largo de 17 km, y que configura la alineación volcánica integrada por los volcanes Cerro Gordo, maar de Barondillo, la Sima, Cuevas Negras, Coscoja (también conocida como La Cornudilla) y maar de Hoya de Cervera.

Yezosa es un *cinder cone* formado a partir de una actividad eruptiva estromboliana, en la que se distinguen, al menos, dos fases: una inicial explosiva, que edifica el cono piroclástico, y una fase terminal efusiva caracteri-

zada por la emisión de coladas lávicas. Dichas coladas muy fluidas, formadas por melilitas olivínicas, fueron emitidas desde el cráter en herradura, de 500 m de diámetro, situado en el extremo suroccidental del cono. Desde dicho cráter se han emitido varias coladas lávicas que se bifurcaron en dos ramales: uno hacia poniente —denominado Cuesta de Banderas— retenido por las crestas cuarcíticas; y otro en dirección meridional, designado Cuesta de los Gatos, que desborda el umbral cuarcítico expandiéndose en forma de abanico hacia la cuenca de Granátula de Calatrava. En las canteras situadas en el km 28 de la CM-45, hoy en día ocupadas por una planta de reciclaje de residuos sólidos urbanos, las lavas adoptaban una disyunción columnar de 15 m de espesor (Fig. 7), de gran belleza, sobre la que reposaba un paleosuelo rojo, un nivel de cenizas volcánicas, costras calcáreas y finalmente un coluvión de cuarcitas (POBLETE, 1991a). El volcán de Yezosa es objeto de una intensa explotación minera, en concreto, se extraen piroclastos en varias canteras aún hoy activas para la fabricación de cementos puzolánicos (POBLETE y otros, 2019b), las cuales ponen en peligro la conservación de la forma del cono y, en especial, del cráter en herradura a punto de ser destruido.

2. VOLCÁN CERRO GORDO Y MAAR DE BARONDILLO

Cerro Gordo, situado a 3 km al SO de Valenzuela de Calatrava, se emplaza a una altitud de 832 m s. n. m. sobre las crestas cuarcíticas de la Sierra de Granátula de Calatrava, que separan las subcuencas terciarias de Al-



FIG. 7. Fotografía tomada en 1990 de la disyunción columnar de las coladas lávicas del volcán de Yezosa, hoy en día ocultas por la instalación de una planta de reciclaje de residuos sólidos urbanos.



FIG. 8. Volcán de Cerro Gordo desde La Sima. A la izquierda se aprecia el canal lávico, en la parte central el cráter circular que actuó de fuente lávica y, a la derecha, los depósitos de *spatter*, <<https://skfb.ly/ooRQ>>.



FIG. 9. Maar de Barondillo encajado en las cuarcitas armónicas de la Sierra de La Sima.

magro y de Moral de Calatrava. Al igual que la Yezosa, consta de un excelente y bello *cinder cone* de 102 m de altura relativa (Fig. 8).

Sin embargo, se ha originado como resultado de fases eruptivas estrombolianas y freatomagmáticas. Durante la primera fase de actividad estromboliana tuvo lugar la formación de un *cinder cone*, desde cuya base se emitieron dos coladas lávicas de nefelinitas olivínicas que se desplazaron hacia el noroeste un 1,5 km. Posteriormente, una vez construido el *cinder cone* se emitió de nuevo una pequeña colada lávica de solo 700 m de longitud que se desplazó, en esta ocasión, desde la cima del volcán ladera abajo, abriendo un pequeño canal al suroeste del cono. Casi al mismo tiempo, una intensa actividad de fuente de lava se desencadena en un pequeño cráter circular, de 140 m de diámetro, situado en el extremo sureste de la cima ($38^{\circ}49'55.85''$ - $3^{\circ}44'30.87$ W), originando una acumulación de capas de *spatter* densamente soldado en la ladera suroriental del cono (BECERRA-RAMÍREZ, 2013; SARRIONANDIA y otros, 2019). Se trata, por tanto, de la acumulación de salpicaduras de lava formadas a partir de una fuente de lava típicamente hawaiana. Finalmente, la dinámica volcánica experimenta un cambio brusco al concluir con una intensa actividad explosiva de tipo freatomagmática, en la cual se han distinguido dos fases explosivas (GONZÁLEZ y otros, 2008), que origina la formación del maar de Barondillo, excavado sobre la sierra de cuarcitas de La Sima y la base suroriental del *cinder cone* de Cerro Gordo. Se trata, en concreto, de una depresión cratérica de 560 m de diámetro y 50 m de profundidad, de fondo completamente plano (Fig. 9). Los depósitos PDC diluidos y las facies laháricas de hasta 4 m de espesor se extienden fundamentalmente hacia el norte,

superponiéndose a los depósitos piroclásticos emitidos inicialmente (GONZÁLEZ y otros, 2008). Tales depósitos fueron explotados mediante canteras a cielo abierto por la empresa francesa Lafarge para la fabricación de cementos puzolánicos (ESCOBAR, 2016).

Hoy en día, tales canteras conocidas como mina de San Carlos tienen un sector paralizado que se ha convertido en un recurso museográfico al aire libre que promueve el geoturismo sostenible. La musealización de las canteras del volcán fue promovida conjuntamente por el Ayuntamiento de Granátula de Calatrava y la Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava (Plan de Gestión Turística del volcán Cerro Gordo). El proyecto se inició en 2011 con la cesión por parte de la empresa Lafarge-Holcim de 2.000 m² de la mina de San Carlos al Ayuntamiento de Granátula de Calatrava. En la actualidad, el volcán-museo de Cerro Gordo dispone de un aparcamiento, un pequeño centro de recepción y de una pasarela que recorre el interior de las canteras, la cual se acompaña de 13 paneles científico-didácticos que facilitan la comprensión de las etapas eruptivas acaecidas (Fig. 10). Desde su inauguración el 15 de abril de 2016 ha sido visitado por más de 30.000 personas (*Lanza Digital*, 13 junio 2019) atraídas, además por otros recursos etnográficos de las inmediaciones como la arquitectura y los ingenios populares (norias, carapuchetes, refugios), las terrazas agrarias o los yacimientos arqueológicos (La Encantada) articulados por una red de caminos, en algunos casos incluidos en la red de senderismo (BECERRA-RAMÍREZ, 2013).

Al volcán-museo se accede desde Yezosa por la CM-412 en dirección a Moral de Calatrava y continuando por la CM-4128 hacia Granátula de Calatrava. Antes de llegar a dicha población, nos desviaremos por la CM-413 en di-



FIG. 10. Panel informativo núm. 4 del volcán-museo de Cerro Gordo en Granátula de Calatrava. También cuenta con una audioguía que explica el panel y es descargable con código QR en la web del centro <<https://volcancerrogordo.es/>> o a través de Play Store.



FIG. 11. Volcán Columba visto desde el noreste. Es un *cinder cone* coronado por un cráter circular de 200 m y con un comportamiento eruptivo policíclico, <<https://skfb.ly/oopRP>>.

rección a Almagro, para posteriormente coger la bifurcación que lleva a Valenzuela y a la altura del km 13 tomar la pista de tierra de Bocapucheros.

3. VOLCÁN COLUMBA

El volcán Columba se halla situado a 4,5 km al suroeste de Granátula de Calatrava, en la margen izquierda del río Jabalón dentro de la subcuenca terciaria de Moral de Calatrava. Para acceder a él desde el volcán-museo de Cerro Gordo tomaremos la CM-423 en dirección al pueblo de Granátula de Calatrava, una vez cruzada dicha población nos detendremos en el kilómetro 14, donde estacionaremos a mano derecha cerca del camino que conduce hasta la finca de Paloma.

Columba es un volcán estromboliano que consta de un pequeño cono piroclástico o *cinder cone* de 100 m de altura relativa, coronado por un cráter circular de 200 m de diámetro, del cual salieron diversas coladas lávicas muy fluidas y de naturaleza basáltica (Fig. 11). Tiene un enorme interés volcanológico debido a que es el volcán de edad más reciente del Campo de Calatrava, cuya última erupción tuvo lugar entre 14 cal ka y 6,2 ka BP (POBLETE y otros, 2019a) y según González y otros (2007, 2010) en torno a 5,5 cal ka BP. Otra singularidad relevante es que es de los pocos volcanes monogénicos que ha tenido un comportamiento eruptivo policíclico (BECERRA-RAMÍREZ, 2013). En efecto, pese a sus modestas dimensiones y sencillez morfológica, es un edificio de dinámica policíclica, pues se originó como resultado de dos ciclos eruptivos claramente diferenciados. El

primer ciclo eruptivo tuvo lugar en torno a $33,9 \pm 2,36$ ka BP y el segundo, tras un periodo de inactividad de más de 20.000 años, se sitúa entre una edad máxima de 14-13,5 cal ka BP y una mínima de $6,27 \pm 4,28$ ka BP, es decir, entre el Pleistoceno Superior-Holoceno (MIS 1) (POBLETE y otros, 2019a).

Las primeras coladas lávicas fueron emitidas desde la base del cono y se desplazaron hacia al oeste y noroeste, fosilizando la terraza fluvial +15 m del río Jabalón. Conviene llevar a cabo un recorrido a pie de este sector occidental del volcán, puesto que se trata de lavas muy masivas de morfología superficial *pahoehoe* que configuran un frente lávico de 30 m de potencia y adoptan además una estructura en forma de disyunción columnar, que ha quedado al descubierto al construirse sobre ellas en 1992 la presa de la Vega del Jabalón. Posteriormente, desde el cráter culminante del cono de Columba se emitieron dos coladas lávicas basálticas muy fluidas y de morfología *pahoehoe* que descendieron por la ladera en dirección norte y noreste, en sentido perpendicular al río, atravesando el cauce del río Jabalón y obstruyendo la corriente hídrica. Por tanto, tales coladas lávicas actuaron como barreras naturales que represaron por dos veces el río Jabalón, dando lugar a la formación de las terrazas fluvioacustres +20 y +9 m. La interferencia del volcán Columba sobre el río Jabalón ha contribuido a incrementar el comportamiento fluvioacustre de su hidrodinámica, originando sedimentaciones forzadas y dando lugar a la inversión cronológica de las terrazas fluviales. Esto se plasma en que las terrazas que aparecen a altitudes más altas (aguas arriba de las lavas que actúan de barreras naturales o presas) tienen una cronología más reciente que



FIG. 12. Detalle del paleosuelo volcánico situado entre una colada lávica y un depósito de PDC diluido correspondiente a la secuencia morfoeruptiva del volcán Columba (p.k. 16+500 de la CM-413).

las terrazas fluviales situadas a una altura menor aguas debajo de las mencionadas barreras (POBLETE y otros, 2019a).

Otro lugar muy interesante que hay que visitar en el volcán Columba se halla en la trinchera del punto kilométrico 16+500 de la CM-413, en la que se conserva un paleosuelo de origen volcánico en perfecto estado. En dicha trinchera se observa de muro a techo la siguiente secuencia de depósitos: una colada lávica de morfología *aa* cuyo espesor oscila entre 0.5 m y 5 m; sobre ella reposa un paleosuelo adaptado a la topografía de la colada lávica formado a partir de piroclastos de caída muy alterados, pero donde todavía se conservan pequeñas escorias y lapilli. Tiene un espesor de 40 cm y se caracteriza por presentar estructura poliédrica y una tonalidad marrón, con abundancia de materia orgánica y moldes de pequeñas plantas herbáceas (Fig. 12). La edad de este paleosuelo se sitúa entre 24,9-23,2 cal ka BP, 18,9-17,9 cal ka BP y finalmente 14,0-13,5 cal ka BP, lo que indica que la edafogénesis del paleosuelo tuvo lugar tras un largo periodo de inactividad o reposo que se prolongó durante unos 10.000 años (POBLETE y otros, 2019a). Por encima del paleosuelo yace un depósito de PDC diluida de 4 m de potencia con una estructura horizontal muy marcada, originado a partir de una pulsación freatomagmática. Y, por último, un depósito de estructura caótica y masiva formado por una gran abundancia de materiales piroclásticos, en especial, de bombas esferoidales y escorias empastados en una abundante matriz de naturaleza arcillosa, que se corresponde con una ignimbrita basáltica o PDC densa (POBLETE y otros, 2019a), también descrita como el depósito producido por un lahar (GONZÁLEZ y otros, 2010).

El embalse y el río Jabalón sobre los que se alza el Columba configuran un paisaje de alto valor patrimonial, además de ser enclaves regionales para el ocio y el esparcimiento. No muy lejos del volcán podemos encontrar los tradicionales elementos de la arquitectura tradicional ya mencionados (norias, bocapucheros), así como el yacimiento arqueológico de Oreto y Zuqueca, la ruta turística del Quijote o la cañada de Añavete. Por el mismo edificio volcánico transcurre la Vereda de Castellanos incluida en parte en la red oficial de senderismo de la Diputación de Ciudad Real (BECERRA-RAMÍREZ, 2013) y el itinerario didáctico propuesto por González y otros (2017b).

4. MAAR DE LA HOYA DE CERVERA

El maar Hoya de Cervera está situado a 7,5 km al noroeste del volcán de Columba, en el término municipal de Almagro, entre las localidades de Aldea del Rey y de Ballesteros de Calatrava. Se llega a la Hoya de Cervera desde Aldea del Rey siguiendo la carretera CM-411 en dirección a Ciudad Real hasta llegar al kilómetro 18+300 m, donde giraremos a la izquierda en dirección a la Encomienda de Cervera.

La peculiaridad del maar Hoya de Cervera reside en que se halla excavado sobre el roquedo paleozoico del Macizo de Calatrava, en concreto, en la sierra de cuarcitas armorianas del Arzollar, separando las subcuencas terciarias de Ciudad Real, Almagro y Moral de Calatrava. Consiste en un maar de grandes dimensiones y de una notable belleza, muy bien conservado al estar protegido por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha desde octubre de 1999 bajo la figura de Monumento Natural. Consta de una depresión de forma elíptica de 1,3 km de eje mayor y de 790 m de diámetro menor y una profundidad de 147 m. El fondo del cráter es completamente plano y se halla colmatado de materiales expelidos durante la erupción freatomagmática (POBLETE, 1991a, GOSÁLVEZ, 2012) (Fig. 13).

El origen del maar de la Hoya de Cervera está asociado a una explosión muy violenta de origen hidromagmático, producida por el contacto entre el agua y el magma, en la que el flujo piroclástico resultante se desplazó encauzado en dirección norte, adoptando una forma dirigida. Los materiales expelidos durante la erupción freatomagmática están constituidos por depósitos PDC diluidos que se extienden por toda la finca de la Encomienda de Cervera, donde se halla situado el maar. En la actualidad, la mayor parte de estos depósitos de PDC, constituidos mayoritariamente por cuarcitas pulverizadas, se hallan



FIG. 13. Maar de la Hoya de Cervera vista desde el norte. Fue declarado Monumento Natural por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha en 1999, <<https://skfb.ly/ooRM>>.

recubiertos por glaciares de acumulación y coluviones formados con posterioridad a la erupción, por lo que no asoman directamente en superficie. No obstante, algunos afloramientos de los depósitos PDC expelidos desde el maar de la Hoya de Cervera pueden reconocerse en la margen izquierda del valle del río Jabalón, en concreto, en el km 18+450 de la CM-4111.

La Encomienda de Cervera, finca donde se localiza el maar, fue fundada en el año 1758 y tiene una extensión de 1.200 ha, dedicadas al cultivo de cereales, viñedos y olivares. Se recomienda la visita guiada de sus instalaciones, en especial, la bodega de finales del siglo XIX y la almazara del siglo XVIII. Hasta allí se puede acceder a través de una pequeña ruta que va desde el aparcamiento hasta el borde del maar, con carteles informativos sobre la génesis de este.

Desde la Encomienda de Cervera pueden visitarse también los manantiales termales de Fuensanta y Villafranca situados en las proximidades. Tales manantiales se caracterizan por sus aguas ferruginosas y bicarbonatadas, con un alto contenido de dióxido de carbono de origen magmático que se desprende en forma de burbujas, de ahí que popularmente sean conocidos como hervideros (POBLETE, 1992).

Los manantiales termales de Fuensanta se localizan en el km 12+300 de la CM-4111 en dirección a Ciudad Real, antes de cruzar el río Jabalón. Alcanzaron la categoría de

baños públicos a mediados del siglo XVIII, merced a las obras impulsadas por el infante de España Gabriel de Borbón, hijo de Carlos III y hermano de Carlos IV. No obstante, el balneario alcanza renombre merced a su sobrino el infante Carlos María Isidro de Borbón quien en 1818 encarga obras de mejoras al arquitecto Isidro Velázquez, discípulo de Juan de Villanueva. Posteriormente, en 1855 pasa a manos del insigne cartógrafo Francisco Coello, logrando su mayor esplendor como así lo acreditan los premios obtenidos en la Exposición Universal de París y en la de Mineralogía de Madrid. En la actualidad, el balneario es una quintería, esto es, una finca agrícola, de manera que no conservan los edificios del balneario y únicamente puede contemplarse, en estado calamitoso, la antigua marquesina modernista que protegía del sol al gran hervidero. A escasos metros se halla el hervidero pequeño que albergó en el siglo XIX una pequeña planta embotelladora artesanal, cuyas aguas eran expandidas en las farmacias de Madrid.

Los manantiales termales de Villafranca se hallan a 2,5 km al oeste del antiguo balneario de Fuensanta y se integran en la misma fractura tectónica de dirección ENE-OSO que desde los manantiales termales de Villar del Pozo se extiende hasta los de Fuensanta y San Cristóbal. Se compone de dos pozas que afloran en superficie y tienen planta circular: una de 10 m de diámetro y otra más pequeña de 86 cm de diámetro. Entre las cualidades químicas más sobresalientes de estas aguas destaca



FIG. 14. Manantial termal o hervidero pequeño de Villafranca, en el que se aprecia la salida del CO_2 y la deposición de los residuos ferruginosos. El acceso debería acondicionarse pues actualmente está muy abandonado, <<http://www.observatoriodelterritorio.es/rarv/calatrava/bal/balneario.html>>.

la alta proporción de bicarbonatos (536,9 ppm), anhídrido carbónico y el alto contenido de hierro en suspensión (48 ppm) (POBLETE, 1992) (Fig. 14).

5. MAAR DE CUELGAPERROS

Cuelgaperros está situado a 2,5 km al ONO de La Puebla, entre los domos de lava de El Cominal y del Cerro de las Moreras, al cual se llega cogiendo el camino que sale de dicha localidad y bordea la margen derecha del río Jabalón hasta la quintería de Cantagallos. Constituye uno de los maars más singulares y de mayores dimensiones de la subcuenca terciaria de Ciudad Real, al estar formado por un cráter con forma semielíptica, abierto al oeste, con 1,5 km de diámetro mayor y una profundidad de 50 m (Fig. 15).

El maar de Cuelgaperros se origina como resultado de dos fases explosivas hidromagmáticas. Una primera fase, de menor magnitud e intensidad, produce la apertura de la diatrema volcánica, emitiendo gran cantidad de brechas de explosión de cuarcitas y esquistos procedentes del sustrato paleozoico. Esta primera fase es simultánea a la formación de una costra calcárea situada en el extremo meridional del maar, de lo que se infiere un ambiente lacustre. A esta fase explosiva freatomagmática inicial sucede un periodo de calma, en la que se produce la sedimentación, sobre la costra calcárea meridional, de un depósito de terraza fluvio-lacustre que se corresponde con el nivel +15-20 m del río Jabalón, cuya edad es de $34,7 \pm 2,5$ ka (POBLETE y otros, 2016b). Posteriormente, se reanuda la actividad explosiva con una segunda fase



FIG. 15. Maar de Cuelgaperros, <<https://skfb.ly/ooPRL>>.

freatomagmática muy enérgica, en la que se excava el cráter de Cuelgaperros. Se trata, en efecto, de una explosión muy intensa debido a la gran interacción agua-magma que ocasiona la destrucción y fragmentación del sustrato paleozoico y de gran parte de la costra calcárea y de la terraza fluvial +15-20 m. Además, la explosión freatomagmática desencadena la formación de una nube eruptiva *base surge*, la cual no adopta la típica forma anular, sino que se expande más bien en abanico o dirigida hacia el nordeste y sureste. Por esta razón, el borde tobáceo adopta una forma semielíptica y no anular como es más habitual y frecuente en este tipo de manifestaciones explosivas hidromagmáticas. Por otro lado, este borde tobáceo fosiliza el nivel de terraza fluvial +15-20 m del río Jabalón, de lo cual se deduce que la segunda fase freatomagmática tiene una edad máxima de $34,7 \pm 2,5$ ka, en tanto que la primera fase tiene una edad mínima de $34,7 \pm 2,5$ ka (POBLETE y otros, 2016b).

6. MAAR DE CORCHUELOS

El maar de Corchuelos está situado en la Sierra del Despeñadero, alineación cuarcítica que configura una bóveda anticlinal, que se extiende de E a O a unos 2 km al NO de la villa de Poblete, muy cerca de la quintería de Villadiego. En las inmediaciones también se localizan los edificios volcánicos del Arzollar y Cerro Negro. Desde el punto de vista morfológico constituye una depresión semicircular de 500 m de diámetro mayor y 80 m de profundidad con respecto a la cima del Despeñadero y fondo completamente plano (Fig. 16). Aunque se trata de un maar excavado en sustrato paleozoico cuenta con



FIG. 16. Maar de los Corchuelos con la bóveda anticlinal desventrada de la Sierra del Despeñadero, al fondo, <<https://skfb.ly/ooPRJ>>.

un pequeño retazo de depósitos de PDC diluidos y húmedos situados en el extremo septentrional, a 500 m de distancia. Estos depósitos de PDC diluidos y húmedos se caracterizan por su escaso espesor y reposan por encima de las cuarcitas armoricanas que definen el flanco septentrional de la estructura anticlinal, por lo que ni siquiera contornean la hondonada cratérica.

La formación de esta gran depresión cratérica en el anticlinal del Despeñadero está ligada a una potente erupción freatomagmática, la cual tuvo lugar merced a la presencia de una fractura de desgarre NE-SO que atraviesa dicha alineación. Dicha fractura, que sesga el zócalo paleozoico, permitió tanto el ascenso del magma como también la filtración y el confinamiento de agua, resultando del contacto y de la interacción entre ambos una erupción freatomagmática. La explosión fue tan violenta e intensa que destruyó y partió a la mitad la bóveda anticlinal del Despeñadero, excavando una depresión cratérica de 80 m de profundidad (POBLETE, 1994).

Durante la explosión freatomagmática se originó un flujo piroclástico que se desplazó hacia el norte. En efecto, los depósitos PDC diluidos y húmedos formados durante la erupción se hallan acumulados en la zona septentrional, recubriendo sin solución de continuidad una distancia de 2 km hasta llegar a el km 301 de la CN-420, en el tramo comprendido entre Ciudad Real y Valverde.

El interior del cráter tiene forma plana pues se halla relleno de brechas de explosión cuarcíticas de tamaño heterométrico y formas muy angulosas, así como bombas coliflor con abundantes xenolitos de cuarcitas de pequeño tamaño. Las brechas de explosión y las bombas coliflor fueron emitidas balísticamente durante la fase

inicial de la erupción, en la que tuvo lugar la apertura de la diatrema volcánica.

En los últimos años se está desarrollando un proyecto de divulgación del patrimonio volcánico en el entorno de Poblete con Realidad Aumentada (<<https://poblete.es/mirador-maeres>>). Así, el mirador del volcán Cabeza del Rey (denominado Mirador de los Maeres) se ha dotado de paneles, códigos QR, fotografías y gráficos 3D con recreaciones virtuales de todos los volcanes y las erupciones que configuraron este enclave. Además, desde Poblete hay una ruta hacia el cercano yacimiento arqueológico de Alarcos, englobado en un Parque Arqueológico conformado por el yacimiento citado y el de Calatrava La Vieja, en los municipios de Carrión de Calatrava y Ciudad Real. Igualmente, se puede conocer «Una batalla entre volcanes» a través de la ruta virtual por el sitio histórico de la batalla de Alarcos de Poblete.

7. MAAR DE LA POSADILLA Y EL PORTILLO

Se accede al maar de La Posadilla tras cruzar el puente de Alarcos y dejar la CN-430 a la altura del km 297+500, y tomar el desvío a Valverde a través de la CR-P-4127. Una vez llegados a Valverde tomaremos la senda que conduce a La Posadilla, a la cual llegaremos después de un corto paseo de apenas 3 km en dirección norte.

El maar de La Posadilla se sitúa en la ladera septentrional del flanco meridional del domo de Ciudad Real, que desde el punto de vista morfoestructural constituye el frente de la cresta de cuarcitas armoricanas de la Sierra de Medias Lunas. El vocablo de La Posadilla procede del nombre de la finca en la que se halla emplazado, el cual despierta reminiscencias de la antigua trashumancia ganadera, dada la proximidad de la Cañada Real Soriana que bordea la laguna volcánica de Las Maestras (Alcolea de Calatrava), en su tránsito hacia el Valle de Alcudia.

El maar de La Posadilla dispone de una depresión cratérica, de forma circular y fondo llano, de aproximadamente 1 km de diámetro, excavada en la ladera septentrional de Medias Lunas, razón por la cual exhibe una marcada disimetría entre los bordes septentrional y meridional, presentando el primero un escarpe suave, de apenas 40 m de desnivel, y el segundo más acentuado y vertical de 140 m (Fig. 17).

El origen de este maar está ligado ineludiblemente a una fractura de desgarre de dirección E-O, de alrededor de 12 km de longitud, que corta la Sierra de Medias Lunas, y en la que se articula un conjunto de cinco maeres: La Posadilla, El Portillo, El Paso, Medias Lunas, Laguna



FIG. 17 Vista oriental del maar de La Posadilla y, al fondo, Sierra de Medias Lunas, <<https://skfb.ly/oo7MD>>.

de las Maestras o de Peñarroya (POBLETE, 1993, 1994). De todas ellas el tándem de La Posadilla-El Portillo es el más relevante, tanto morfológica como volcanológicamente, merced a los cambios experimentados durante las dinámicas eruptivas y las formas resultantes.

Para efectuar una correcta interpretación de la secuencia morfoeruptiva acontecida en el maar de La Posadilla tenemos que tomar en consideración dos aspectos básicos: por un lado, la presencia de coladas lávicas potentes y de gran extensión situadas en la ladera meridional de Medias Lunas, cubiertas en parte por gran cantidad de bombas volcánicas y de xenolitos de cuarcitas; y, de otro, los depósitos de PDC diluidos y densos que se extienden sin solución de continuidad desde el cráter hasta Valverde. Se trata, en efecto, de depósitos PDC de tipo diluidos y densos que se asemejan a depósitos de lahares, formados en su mayoría por fragmentos de cuarcitas, pizarras y esquistos, y en menor medida de materiales volcánicos, entre otros, megacrístales de augita de tonalidad oscura. Los depósitos PDC diluidos y las coladas lávicas están asociados a diferentes fases del mecanismo eruptivo que origina este edificio volcánico.

Según Poblete (1993) la dinámica morfoeruptiva del maar de La Posadilla incluye, al menos, cuatro fases principales: una primera de estilo estromboliano que edifica el *cinder cone* Malos Aires; seguida de una explosión freatomagmática que origina el maar de La Po-

sadilla. Por último, tiene lugar la formación del maar de El Portillo resultante de una pequeña pulsación de índole freática que culmina con una fase de actividad muy efusiva (POBLETE 1993, 1994)⁸. La actividad volcánica se inicia en Malos Aires, esto es, en la cima de la Sierra de Medias Lunas, a través de una fase eruptiva estromboliana, en concreto, con una explosión que originó la formación de la boca eruptiva y el lanzamiento de gran cantidad de bombas volcánicas y la efusión de coladas lávicas. Como resultado se formaría un *cinder cone* de pequeñas dimensiones, del cual se emitieron dos grandes coladas lávicas que descendieron rápidamente por la ladera meridional hasta detenerse en la parte basal, cerca de la margen derecha del río Guadiana. La primera colada es bastante fluida, de naturaleza basáltica, y configura un escarpe frontal de pequeñas dimensiones y bastante deslavazado, la cual reposa sobre margas y calizas pliocenas de Vahondo. Presenta una morfología externa *pahoehoe* y como mayor singularidad cabe destacar la gran cantidad de xenolitos de cuarcita que engloba, de tamaño comprendido entre 1 y 4 cm y de bordes angulosos. Tales xenolitos de cuarcita son resultado de la explosión estromboliana que logra la abertura de la boca eruptiva, a partir de la cual se producirán después

⁸ Otras interpretaciones de la actividad eruptiva de este enclave pueden consultarse en Gosálvez (2012) y Escobar (2016).

las proyecciones balísticas de bombas volcánicas y las emisiones lávicas.

La segunda colada lávica, dispuesta sobre la primera, se compone de nefelinitas olivínicas. Esto significa que proviene, tras la evacuación de la primera emisión, de un magma más profundo o hipomagma y que debió de transcurrir cierto periodo de tiempo en la descarga entre ambas. Esta colada, al igual que la anterior, es muy fluida, con formas externas superficiales lisas y suaves, propias de lavas *pahoehoe*, aunque contiene también gran cantidad de xenolitos de cuarcitas de tamaño centimétrico y bordes angulosos. No obstante, dispone, a diferencia de la primera colada, de un gran espesor que supera los 20 m y conforma dos frentes muy abruptos, con estructura esferoidal en el tramo oriental. Otro rasgo característico de esta colada lávica es la presencia de dos fisuras de distensión, a través de las cuales la parte central de la colada lávica se ha desplomado, merced al asentamiento de estas enormes masas lávicas. Recubriendo esta segunda colada lávica puede apreciarse la abundancia de bombas esferoidales y piriformes entre 50 cm y 1 m de longitud, que contienen numerosos xenolitos cuarcíticos. Por tanto, puede inferirse que el volcán de Malos Aires resultado de una dinámica de estilo estromboliano, que emite al mismo tiempo coladas lávicas y arroja piroclastos, cesa su actividad volcánica con una pequeña fase explosiva en la que proyecta materiales balísticos en forma de bombas volcánicas.

Una vez formado el volcán estromboliano de Malos Aires, cuya morfología sería muy similar a la del volcán Peñarroya situado a 4 km al oeste sobre el Cerro de las Loberas, acontece un cambio en su actividad eruptiva, produciéndose una explosión freatomagmática de gran magnitud que destruye no solo el *cinder cone* sino también las crestas de cuarcitas armoricanas de la Sierra de Medias Lunas, labrando una gran depresión cratérica en la ladera septentrional. Dicha explosión freatomagmática se origina como resultado del contacto del magma y agua, a través del desgarramiento que corta la Sierra de Medias Lunas de oeste a este. Es una interacción tardía que acontece tras la formación de Malos Aires, una vez que se ha producido el vaciamiento del magma más superficial, lo que lleva consigo una reacción más profunda y solo después de la disminución de la presión del conducto. Como consecuencia de la potente explosión freatomagmática se desencadena un flujo piroclástico dirigido, que no adopta la disposición anular como es habitual, sino que se movilizó lateralmente encauzada hacia el norte, por cuanto que en el borde meridional se hallaba la Sierra de Medias Lunas, en cuya cumbre se había formado el volcán de Malos Aires (POBLETE, 1993, 1994). En con-



FIG. 18. Fotografía del Maar de El Portillo en los años noventa, excavado en la cumbre de cuarcitas armoricanas de la Sierra de Medias Lunas. Se trata de un enclave de gran valor pedagógico y paisajístico que, sin embargo, actualmente se encuentra en proceso de matorralización y poblado de vallados que impiden un acceso fácil.

creto, el flujo piroclástico dirigido se desplazó alrededor de 4 km adaptándose al fondo de valle de Valverde hasta llegar a la orilla del río Guadiana, fosilizando la terraza aluvial +6 m de dicho río. Así pues, el fondo de valle de Valverde se halla cubierto de depósitos PDC diluidos formados por una gran cantidad de líticos accidentales y heretométricos de cuarcitas y pizarras muy angulosos y rotos, además de bombas armadas y de tipo coliflor, así como de megacristales de anfiboles. La matriz fina de los depósitos de PDC se compone de arenas de cuarzo y cuarcitas pulverizados por la explosión de los bancos de cuarcitas armoricanas de la Sierra de Medias Lunas.

El maar de El Portillo se halla emplazado en la cumbre de la Sierra de Medias Lunas, a menos de 50 m al E de La Posadilla, justo en la cumbre de la Sierra de Medias Lunas. En efecto, la cumbre de Medias Lunas está rota por una pequeña hendidura de apenas 100 m de diámetro y 5 m de profundidad fruto de una pequeña explosión freática, esto es, de baja energía, que se materializó en el lanzamiento de brechas de explosión de grandes dimensiones (Fig. 18). Por tanto, este maar no es una depresión cratérica al uso, sino una simple escotadura horadada en la cumbre del crestón cuarcítico. Tras esta primera explosión freática se produjo un cambio en el comportamiento de su dinámica eruptiva, al expulsar dos coladas lávicas que se deslizan hacia el norte y hacia el sur. Ambas son coladas de morfología externa lisa y suave, es decir, *pahoehoe*, y están compuestas de nefelinitas olivínicas, destacando la localizada en la ladera meridional pues termina en un escarpe frontal de 20 m. Se trata, por tanto, de un pequeño maar cuya secuencia es inversa a la de La Posadilla, al iniciarse con una fase freática de poca

intensidad que cambia finalmente a una actividad efusiva de cierta consideración, si nos atenemos a la cantidad de lavas emitidas (POBLETE, 1993, 1994).

VI. CONCLUSIONES

El geoturismo y, en particular, el turismo volcánico es un sector en auge y con una enorme proyección de futuro, que puede jugar un papel crucial en los territorios rurales sometidos a una pertinaz crisis económica y a un intenso despoblamiento, al generar oportunidades económicas, expectativas laborales y fuentes de ingresos adicionales. En efecto, las zonas volcánicas, tanto activas como extinguidas, reciben grandes cantidades de turistas atraídos por los recursos geomorfológicos, biogeográficos y paisajísticos en torno a los volcanes. Así pues, el conocimiento de las formas de relieve volcánico y los materiales resultado de esta actividad geodinámica facilitan la enseñanza y divulgación del origen, procesos y dinámicas de estos paisajes tan fascinantes y, por supuesto, su disfrute; lo cual ha de ser aprovechado para fomentar el desarrollo sostenible de estas áreas deprimidas.

En realidad, el geoturismo fomenta el desarrollo económico local apoyado en tres fundamentos básicos: la divulgación de los conocimientos científicos y cualidades paisajísticas del territorio (a partir de la elaboración de mapas, guías de divulgación, georutas, itinerarios, etc.), el compromiso de las poblaciones locales y la aplicación por las autoridades políticas de medidas de gestión y planificación encaminadas a la preservación del patrimonio natural y, concretamente, el geomorfológico.

Este trabajo se centra en el primero de los pilares del geoturismo, esto es, la difusión de los contenidos volcánicos fruto de una extensa labor de campo y de interpretación, la cual se plasma en el diseño de una georuta, esto es, un recurso científico y pedagógico fundamental para dar a conocer y desvelar las características geomorfológicas de esta zona volcánica del Campo de Calatrava y también para el disfrute de los visitantes. A lo largo de un recorrido de 60,5 km y a través de 7 paradas, reforzadas por el uso de la realidad aumentada, se dan a conocer al lector las claves para comprender la amplia gama de estilos y dinámicas eruptivas, variedad de morfologías y tipos de aparatos volcánicos. Entre los detalles más relevantes cabe destacar la divulgación del carácter policíclico del volcán Columba y la edad reciente de su actividad volcánica, pues se originó como resultado de dos ciclos eruptivos claramente diferenciados. El primero tuvo lugar en torno a $33,9 \pm 2,36$ ka BP y el segundo,

tras un periodo de inactividad de más de 20.000 años, se sitúa entre una edad máxima de 14-13,5 cal ka BP y una mínima de $6,27 \pm 4,28$ ka BP, es decir, entre el Pleistoceno Superior-Holoceno (MIS 1).

El segundo pilar del geoturismo, a saber, el compromiso de las poblaciones locales, se proyecta en Calatrava en la Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, creada en el año 2000 e integrada por 15 municipios del territorio, la cual agrupa no solo a las instituciones públicas, sino también a los agentes sociales y económicos del territorio. Entre los fines de la asociación cabe destacar: dinamizar y revalorizar los recursos humanos de la comarca; potenciación de la identidad cultural; recuperar los valores culturales, patrimoniales etnográficos y naturales del Campo de Calatrava; impulsar y fomentar la investigación; elaboración, diseño y aplicación de programas integrales de desarrollo turístico.

El tercer pilar del geoturismo es la política medioambiental, esto es, las medidas de planificación y gestión encaminadas a la protección de los volcanes. En este sentido debemos señalar que de los trece Monumentos Naturales de naturaleza volcánica protegidos por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, doce se hallan en Ciudad Real y seis de ellos precisamente en el Campo de Calatrava (La Posadilla, Hoya del Mortero, Hoya de Cervera, Macizo Volcánico de Calatrava, Volcán y Laguna de Peñarroya y Morrón de Villamayor). En la actualidad, la Diputación de Ciudad Real está tramitando, bajo la supervisión de un grupo de científicos, la solicitud de la declaración de la antedicha comarca como Geoparque Mundial de la Unesco de los Volcanes de Calatrava-Ciudad Real, cuya concesión puede significar el espaldarazo para convertirla en uno de los referentes del volcanismo peninsular. Por esta razón, es aún más incomprensible entender que la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha se haya resistido a proteger, desde hace ya mucho tiempo, este relevante patrimonio geomorfológico bajo la figura de Parque Natural, lo cual hubiera supuesto la paralización de las explotaciones mineras que ponen en peligro su conservación y que comenzaron en 1911, hace más de un siglo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANCOCHEA, E. (1983): *Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España central*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 675 pp.
- (2004): «La región volcánica del Campo de Calatrava», en J. A. Vera (ed.): *Geología de España*, Socie-

- dad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 676-677.
- y A. GIULIANI (1979): «Edades radiométricas K-Ar del vulcanismo de la región central española», *Estudios Geológicos*, 35, núm. 1, pp. 131-135.
- y J. L. BRÄNDLE (1982): «Alineaciones de volcanes en la región volcánica central española», *Revista de Geofísica*, 38, pp. 133-138.
- y M. J. HUERTAS (2021): «Radiometric ages and time-space distribution of volcanism in the Campo de Calatrava Volcanic Field (Iberian Peninsula)», *J. Iberian Geology*, <<https://doi.org/10.1007/s41513-021-00167-y>>.
- ARMIERO, V., P. PETROSINO, L. LIRER e I. ALBERICO (2011): «The GeoCaF project: proposal of a geosites network at Campi Flegrei (Southern Italy)», *Geoheritage*, 3, pp. 195-219, <<https://doi.org/10.1007/s12371-011-0033-1>>.
- BADIOLA, E. R., A. V. MAZO y P. RODRÍGUEZ RUIZ (2007): «El yacimiento de Las Higuieruelas, Alcolea de Calatrava (Ciudad Real): procesos diagenéticos y vulcanismo asociado», *Estudios Geológicos*, 63 (2), pp. 67-86, <<https://doi.org/10.3989/egeol.07632194>>.
- BAILEY, K., M. GARSON, S. KEARNS y A. P. VELASCO (2005): «Carbonate volcanism in Calatrava, central Spain: a report of the initial findings», *Mineralogical Magazine*, 69, pp. 907-915.
- BEATO, S., M. A. POBLETE y J. L. MARINO (2018a): «A geoturistic route to discover the maars of the Medias Lunas Range (Campo de Calatrava Volcanic Field, Central Spain)», *Abstracts Volume of 7th International Maar Conference*, Olot, pp. 214-215.
- (2018b): «Assessment of hydromagmatic geomorphosites in the Campo de Calatrava Volcanic Field (Ciudad Real, Spain)», *Abstracts Volume of 7th International Maar Conference*, Olot, pp. 212-213.
- BEATO, S., M. A. POBLETE, J. L. MARINO, D. HERRERA y F. FERNÁNDEZ (2020): «Carreteras paisajísticas y realidad aumentada en la Sierra del Aramo (Macizo Central Asturiano)», *Ería*, 2020-2, año XL, pp. 145-166.
- BECERRA-RAMÍREZ, R. (2013): *Geomorfología y geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la región volcánica del Campo de Calatrava*, tesis doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.
- R. U. GOSÁLVEZ, E. ESCOBAR, E. GONZÁLEZ, M. SERRANO-PATÓN y D. GUEVARA (2020): «Characterization and Geotourist Resources of the Campo de Calatrava Volcanic Region (Ciudad Real, Castilla-La Mancha, Spain) to Develop a Unesco Global Geopark Project», *Geoscience*, 10, 441, <<https://doi.org/10.3390/geosciences10110441>>.
- BOGALO, M. F., M. L. OSETE, E. ANCOCHEA y J. J. VILLALAIN (1994): «Estudio paleomagnético del vulcanismo de Campos de Calatrava», *Geogaceta*, 15, pp. 109-112.
- BONNADONA, F., e I. VILLA (1986): «Estudio geocronológico del vulcanismo de las Higuieruelas», *Actas de la I Reunión de Estudios Regionales de Castilla-La Mancha*, vol. III, Albacete, pp. 249-253.
- BURLANDO, M., M. FIRPO, C. QUEIROLO y A. ROVERE (2011): «From Geoheritage to Sustainable Development: Strategies and Perspectives in the Beigua Geopark (Italy)», *Geoheritage*, 3 (2), pp. 63-72.
- CEBRIÁ, J. M. (1992): *Geoquímica de las rocas basálticas y leucititas de la región volcánica del Campo de Calatrava, España*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 314 pp.
- y J. LÓPEZ-RUIZ (1995): «Alkali basalts and leucitites in an extensional intracontinental plate setting: The late Cenozoic Calatrava Volcanic Province (central Spain)», *Lithos*, 35, pp. 27-46.
- CEBRIÁ, J. M., C. MARTÍN-ESCORZA, J. LÓPEZ-RUIZ, D. J. MORÁN-ZENTENO y B. M. MARTINY (2011): «Numerical recognition of alignments in monogenetic volcanic areas: examples from the Michoacán-Guanajuato Volcanic Field in Mexico and Calatrava in Spain», *Journal Volcanology and Geothermal Research*, 201, pp. 73-82, <<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2010.07.016>>.
- COSTA, F. L. (2011): «Volcanic geomorphosites assessment of the last eruption, on April to May 1995, within the natural park of Fogo Island, Cape Verde», *GeoJournal of Tourism and Geosites*, vol. 8, núm. 2, pp. 167-177.
- CÓZAR, R., M. DEL VALLE DE MOYA, J. A. HERNÁNDEZ y J. R. HERNÁNDEZ (2015): «Tecnologías emergentes para la enseñanza de las Ciencias Sociales. Una experiencia con el uso de Realidad Aumentada en la formación inicial de maestros», *Digital Education Review*, 27, pp. 138-155.
- DEL MORAL, M. E., y L. VILLAUSTRE (2013): «Realidad aumentada experimentando en el aula en 3D», en R. Ron, A. Álvarez y P. Núñez (coords.): *Smartphones y tablets: ¿enseñan o distraen?: los efectos del marketing digital en niños y jóvenes*, ESIC, Madrid, pp. 109-126.
- DEL MORAL, M. E., L. VILLAUSTRE y M. D. NEIRA-PINEIRO (2016): «Minors trapped in the magical world of augmented reality, advergaming and social networks», *Prisma Social, Revista de Ciencias Sociales*, núm. especial 1 (Teens and Ads), pp. 00-28.
- DOBLAS, M., J. LÓPEZ-RUIZ, M. HOYOS, C. MARTÍN y J. M. CEBRIÁ (1991): «Late Cenozoic indentation/escape

- tectonics in the Eastern Betic Cordilleas and its consequences on the Iberian foreland», *Estudios Geológicos*, 47, pp. 193-205.
- DÓNIZ-PÁEZ, F. J. (2004): *Caracterización geomorfológica del volcanismo basáltico monogénico de la isla de Tenerife*, tesis doctoral, Universidad de La Laguna.
- (2012): *Turismo volcánico. Canarias: productos turísticos y propuesta de itinerarios*, EAE, Alemania.
- R. BECERRA, E. GONZÁLEZ, C. GUILLÉN-MARTÍN y E. ESCOBAR (2011): «Geomorphosites and Geotourism in Volcanic Landscapes: the example of La Corona del Lajial cinder cone (El Hierro, Canary Islands, Spain)», *Geojournal of Tourism and Geosites*, 2 (8), pp. 185-197.
- R. BECERRA-RAMÍREZ y L. ANCEAUME-CHINEA (2019): «Ruta volcánica en el geoparque mundial Unesco de El Hierro (Canarias, España): Geozona de Orchilla», en E. Martín-González, J. Coello Bravo y J. Vegas (eds.): *Actas de la XIII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico*, IGME, Madrid, pp. 111-116.
- E. BELTRÁN-YANES, R. BECERRA-RAMÍREZ, N. M. PÉREZ, P. A. HERNÁNDEZ, W. HERNÁNDEZ (2020): «Diversity of Volcanic Geoheritage in the Canary Islands, Spain». *Geosciences*, 10 (10), 390, <<https://doi.org/10.3390/geosciences10100390>>.
- DOWLING, R. K. (2009): «Geotourism's contribution to local and regional development», en C. de Carvalho y J. Rodrigues (eds.): *Geotourism and local development*, Camara Municipal de Idanha-a-Nova, Idanha-a-Nova, pp. 15-37.
- y D. NEWSOME (2006): *Geotourism*, Elsevier, Oxford, 259 pp.
- — (2018): «Geotourism: definition, characteristics and international perspectives», en R. Dowling y D. Newsome (eds.): *Handbook of Geotourism*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 1-22.
- DUARTE, A., V. BRAGA, C. MARQUES y A. A. SÁ (2020): «Geotourism and Territorial Development: a Systematic Literature Review and Research Agenda», *Geoheritage*, 12, 65. <<https://doi.org/10.1007/s12371-020-00478-z>>.
- EAGLES, P. F. J., S. F. MCCOOL y C. D. HAYNES (2002): *Sustainable tourism in protected areas: Guidelines for planning and management*, IUCN Publications Services Unit, Gland, 183 pp.
- ERFURT-COOPER, P. (2011): «Geotourism in volcanic and geothermal environments: playing with fire?», *Geoheritage*, 3 (3), pp. 187-193.
- (ed.) (2014): *Volcanic Tourist Destinations*, Springer, Heidelberg, 384 pp.
- ESCOBAR, E. (2016): *Aprovechamiento de los recursos volcánicos: Mediterráneo Central (Italia Peninsular), Mediterráneo Occidental (Campo de Calatrava) y entorno atlántico (Islas Canarias)*, tesis doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.
- y E. GONZÁLEZ (2010): «Itinerarios por los hervideros o cultura de los baños. Recurso didáctico para el estudio y conservación del paisaje volcánico del campo de Calatrava (Ciudad Real, España)», en M. J. Marrón Gaite (coord.): *Geografía, educación y formación del profesorado en el marco del espacio europeo de educación superior*, pp. 287-298.
- FARSANI, N. T., C. COELHO y C. COSTA (2011): «Geotourism and geoparks as novel strategies for socio-economic development in rural areas», *International Journal of Tourism Research*, 13, pp. 68-81.
- GALAS, A., A. PAULO, K. GAIDZIK, B. ZAVALA y T. KALICKI (2018): «Geosites and geoturistic attractions proposed for the Project Geopark Colca and Volcanoes of Andagua, Peru», *Geoheritage*, 10, pp. 707-729.
- GALLARDO MILLÁN, J. L. (2004): *Evolución geodinámica de las cuencas neógenas del Campo de Calatrava (Ciudad Real) y su relación con el volcanismo reciente*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- E. ANCOCHEA y A. PÉREZ-GONZÁLEZ, (2002): «Secuencia magnetoestratigráfica y edad de los materiales volcánicos y sedimentarios de Poblete (Ciudad Real)», *Geogaceta*, 32, pp. 35-38.
- GARCÍA DE LA VEGA, A. (2004): «El itinerario geográfico como recurso didáctico para la valoración del paisaje», *Didáctica Geográfica*, segunda época, núm. 6, pp. 79-95.
- GÓMEZ ORTIZ, A. (1985): «Los itinerarios pedagógicos como recurso didáctico en la enseñanza de la Geografía en la E. G. B.», *Didáctica Geográfica*, 14, pp. 109-116.
- GONZÁLEZ, E., R. U. GOSÁLVEZ, R. BECERRA-RAMÍREZ y E. ESCOBAR (2007): «Actividad eruptiva holocena en el Campo de Calatrava (volcán Columba, Ciudad Real, España)», en J. Lario y P. G. Silva (eds.): *Contribuciones al estudio del periodo Cuaternario*, AEQUA, Ávila, pp. 143-144.
- (2008): «Facies laháricas en los depósitos de oleadas piroclásticas del barranco Varondillo, Campo de Calatrava (España)», en J. Benavente, y F. J. Gracia (ed.): *Trabajos de Geomorfología en España 2006-2008*, Sociedad Española de Geomorfología, Cádiz, pp. 25-28.
- (2010): «Evidencias de actividad hidromagmática de edad holocena en el volcán Columba, Campo de Calatrava (España)», en E. González, E. Escobar, R.

- Becerra, R. U. Gosálvez y J. Dóniz (eds.): *Aportaciones recientes en Volcanología, 2005-2008*, Centro de Estudios Calatravos, Almagro, pp. 67-74.
- GONZÁLEZ, M. E., R. BECERRA-RAMÍREZ, R. U. GOSÁLVEZ, E. ESCOBAR y F. J. DÓNIZ-PÁEZ (2017a): «Georruta por los volcanes de la alineación de Casas de Ciruela (Campo de Calatrava, España)», en L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Garuzas, J. Vegas, y A. Rodríguez (eds.): *Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 323-329.
- GONZÁLEZ, M. E., R. BECERRA-RAMÍREZ, R. U. GOSÁLVEZ, E. ESCOBAR, F. J. DÓNIZ-PÁEZ, M. MORENO y M. C. BECERRA-RAMÍREZ (2017b): «Itinerario didáctico por el volcán Columba (Campo de Calatrava, España)», en L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Garuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (eds.): *Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 315-322.
- GOSÁLVEZ, R. U. (2012): *Análisis biogeográfico de las lagunas volcánicas de la Península Ibérica. Bases científicas para su gestión*, tesis doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.
- GRANJA BRUÑA, J. L., R. VEGAS, M. A. SENTRE DOMINGO, A. MUÑOZ-MARTÍN y S. SAINZ-MAZA APARICIO (2015): «Gravity modeling of the lithosphere in the Calatrava Volcanic Province (Spain): geodynamic implications», *Journal of Iberian Geology*, 41, pp. 233-252, <http://dx.doi.org/10.5209/rev_JIGE.2015.v41.n2.47617>.
- HEGGIE T. W. (2009): «Geotourism and volcanoes: health hazards facing tourists at volcanic and geothermal destinations», *Travel Medicine and Infectious Disease*, 7, pp. 257-261.
- HENRIQUES, M. H., y K. NETO (2015): «Geoheritage at the equator: selected geosites of Sao Tome Island (Cameron Line, Central Africa)», *Sustainability*, 7, pp. 648-667.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1932): *Estudio de la Región Volcánica Central de España*, Memoria de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 235 pp.
- HERRERO-HERNÁNDEZ, A., F. J. LÓPEZ-MORO, F. GÓMEZ-FERNÁNDEZ y A. MARTÍN-SERRANO (2012): «Interaction between intra-continental sedimentary basins and small-volume monogenetic volcanism: Argamasilla and Calzada-Moral basins, Campo de Calatrava Volcanic Field, Spain», *Journal of Iberian Geology*, 38 (2), pp. 407-428, <https://doi.org/10.5209/rev_JIGE.2012.v38.n2.40466>.
- HERRERO-HERNÁNDEZ, A., F. J. LÓPEZ-MORO, J. L. GALLARDO-MILLÁN, A. MARTÍN-SERRANO y F. GÓMEZ-FERNÁNDEZ (2015): «Volcanism-sedimentation interaction in the Campo de Calatrava Volcanic Field (Spain). A magnetostratigraphic and geochronological study», *International Journal Earth Sciences*, 104, pp. 103-122, <<https://doi.org/10.1007/s00531-014-1053-2>>.
- HIWASAKI, L. (2003): «Tourism in Japan's parks and protected areas: challenges and potential for sustainable development», *International Review for Environmental Strategies*, 4, núm. 1, pp. 107-126.
- HOSE, T. A. (2007): «Geotourism in Almeria province, southeast Spain», *Tourism: an international interdisciplinary journal*, vol. 55, núm. 3, pp. 259-276.
- HUMBOLDT, A. (1826): *Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente*, tomo 1, Rosa, París.
- HUMPHREYS, E. R., K. BAILEY, C. J. HAWKESWORTH, F. WALL, J. NAJORKA y A. H. RANKIN (2010): «Aragonite in olivine from Calatrava, Spain-evidence for mantle carbonatite melts from >100 km Depth», *Geology*, 38, pp. 911-914, <<https://doi.org/10.1130/G31199.1>>.
- JOYCE, B. (2009): «Geomorphosites and volcanism», en E. Reynard, L. Coratz y G. Regolini-Bissing (eds.): *Geomorphosites*, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, pp. 175-188.
- KATHARINE, V., S. CASHMAN y J. CRONIN (2008): «Welcoming a monster to the world: Myths, oral tradition, and modern societal response to volcanic disasters», *Journal of volcanology and geothermal research*, 176 (3), pp. 407-418.
- KERESZTURI, G., y K. NÉMETH (2012): «Monogenetic Basaltic Volcanoes: Genetic Classification, Growth, Geomorphology and Degradation», en *Updates in volcanology-new advances in understanding volcanic systems*, InTechOpen, pp. 1-89.
- HOERNLE, K., Y. S. ZHANG y D. GRAHAM (1995): «Seismic and geochemical evidence for large-scale mantle upwelling beneath the eastern Atlantic and western and central Europe», *Nature*, 374, pp. 34-39.
- LEIVA, J. J., y N. MORENO (2015): «Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas», *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, 31, pp. 1-18.
- LÓPEZ-RUIZ, J., J. M. CEBRIÁ, M. DOBLAS, R. OYARZUN, M. HOYOS y C. MARTÍN (1993): «Cenozoic intra-plate volcanism related to extensional tectonics at Cala-

- trava, central Iberia», *Journal of the Geology Society*, 150, pp. 915-922.
- LÓPEZ-RUIZ, J., J. M. CEBRIÁ y M. DOBLAS (2002): «Cenozoic volcanism I: the Iberian península», en W. Gibbons y M. T. Moreno (eds.): *The Geology of Spain*, Geological Society, Londres, pp. 417-438.
- MARINO, J. L., M. A. POBLETE, S. BEATO y D. HERRERA (2021a): «Geotourism Itineraries and Augmented Reality in the Geomorphosites of the Arribes del Duero Natural Park (Zamora Sector, Spain)», *Geoheritage*, 13, <<https://doi.org/10.1007/s12371-021-00539-x>>.
- (2021b): «Itinerario geográfico con realidad aumentada a través del paisaje natural en los Arribes del Duero zamoranos (Castilla y León, España)», *Ería*, 2021-1, año XLI, pp. 5-28.
- MARTÍ, J., y L. PLANAGUMÀ (eds.) (2017): *La Garrotxa Volcanic Field of Northeast Spain: Case Study of Sustainable Volcanic Landscape Management*, Springer, 136 pp., <<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-42080-6>>.
- MAZO, A. V. (1993): «Piedrabuena y las Higuieruelas: Aportación a la cronoestratigrafía del Villafranquienense del Campo de Calatrava (Ciudad Real)», *Revista Española de Paleontología*, 8, pp. 133-139.
- MOFFET, B., y J. MOODY (2008): «5 U.S. agencies sign agreement to embrace geotourism, expanding conservation efforts», <https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/archive/news/archive/08_News_Releases/080708.html>.
- NÉMETH, K., T. CASADEVALL, M. R. MOUFTI y J. MARTÍ (2017): «Volcanic geoheritage», *Geoheritage*, 9, pp. 251-254.
- PANIZZA, M., y S. PIACENTE (2008): «Geomorphosites and geotourism», *Revista Geográfica Acadêmica*, vol. 2, núm. 1, pp. 5-9.
- PÉREZ-UMAÑA, D., A. QUESADA-ROMÁN, J. C. DE JESÚS ROJAS, J. J. ZAMORANO-OROZCO, J. DÓNIZ-PÁEZ y R. BECERRA-RAMÍREZ (2019): «Comparative Analysis of Geomorphosites in Volcanoes of Costa Rica, Mexico, and Spain», *Geoheritage*, 11, pp. 545-559.
- PLANAGUMÀ, L., y J. MARTÍ (2018): «Geotourism at the Natural Park of La Garrotxa volcanic zone (Catalonia, Spain): impact, viability, and sustainability», *Geosciences*, 8, 295, <<https://doi.org/10.3390/geosciences8080295>>.
- (2020): «Identification, cataloguing and preservation of outcrops of geological interest in monogenetic volcanism fields: the case of La Garrotxa Volcanic Zone Natural Park», *Geoheritage*, 12, <<https://doi.org/10.1007/s12371-020-00508-w>>.
- POBLETE, M. A. (1991a): «Los volcanes del Campo de Calatrava», en J. A. González y A. Vázquez (eds.): *Guía de los Espacios Naturales de Castilla-La Mancha*, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, pp. 499-517.
- (1991b): «Morfología de los cráteres explosivos pliocenos del Campo de Calatrava (Ciudad Real)», *Ería*, 26, pp. 179-198.
- (1992): «Las últimas manifestaciones asociadas al vulcanismo del Campo de Calatrava (Ciudad Real): los manantiales termales», *Vasconia. Cuadernos de Sección. Historia-Geografía*, 20, pp. 187-201.
- (1993): «Morfología y secuencia eruptiva del cráter explosivo de La Posadilla (Campo de Calatrava, Ciudad Real)», *Ería*, 30, pp. 51-59.
- (1994): *El relieve volcánico del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y Departamento de Geografía de la Universidad de Oviedo, Gijón, 467 pp.
- (1997): «Evolución y características morfológicas del sector central del Campo de Calatrava (Ciudad Real)», en J. L. García y E. González (coords.): *Elementos del medio natural en la provincia de Ciudad Real*, Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, pp. 131-159.
- (2002): «Geomorfología volcánica y evolución eruptiva del bajo valle del Ojailén (Alto Jándula, Sierra Morena Oriental)», en A. Pérez-González, J. Vegas y M. J. Machado (eds.): *Aportaciones a la Geomorfología de España en el inicio del tercer milenio*, Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie: Geología, núm. 1, Madrid, pp. 449-454.
- (2003): «The role of hydrothermal activity in the origin of the ferruginous crusts in Calatrava (Guadiana basin of Spain): a approach to the paleoclimatic conditions», en M.^a B. Ruiz Zapata, M. Dorado, A. Valdeolillos, M.^a J. Gil, T. Bardají, I. Bustamante e I. Martínez (eds.): *Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean Region*, Universidad de Alcalá de Henares, Ministerio de Ciencia y Tecnología e INQUA, Alcalá de Henares, pp. 161-167.
- (2016): «Geomorfología y cronología de la actividad eruptiva pleistocena en la Región Volcánica Central de España (Ciudad Real)», en M.^a E. Arozena y C. Romero (coords.): *Temas y lugares: homenaje a Eduardo Martínez de Pisón*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, La Laguna, pp. 299-326.
- J. RUIZ, S. BEATO, J. L. MARINO y C. GARCÍA (2014): «Recorrido didáctico por los LIGs del Campo de Calatrava como recurso para la valorización y divulgación

- de su patrimonio geovolcánico», en J. M. Mata-Perelló (ed.): *El Patrimonio geológico y minero como motor del desarrollo local*, SEDPGYM, Manresa, pp. 131-150.
- POBLETE, M. A., y S. BEATO (2016): «El descubrimiento científico de la Región Volcánica Central de España (1775-1932)», *Ería*, 99-100, pp. 41-69.
- POBLETE, M. A., S. BEATO y J. L. MARINO (2016a): «Landforms in the Campo de Calatrava Volcanic Field», *Journal of Maps*, vol. 12, pp. 271-279, <<http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2016.1195302>>.
- POBLETE, M. A., S. BEATO, J. L. MARINO y J. RUIZ (2016b): «Geocronología de la actividad hidromagmática del maar de Cuelgaperros (Campo de Calatrava, Ciudad Real): nuevas aportaciones», en J. J. Durán, M. Montes, A. Robador y A. Salazar (eds.): *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro*, Madrid, Instituto Geológico y Minero, Madrid, pp. 423-430.
- POBLETE, M. A., S. BEATO y J. L. MARINO (2018a): *La exploración científica de la Región Volcánica Central de España (Ciudad Real), 1775-1932*, Gijón, Universidad de Oviedo, 72 pp.
- (2018b): «A proposal for a classification of types of hydrovolcanoes based on geomorphic criteria», *Abstracts Volume of 7th International Maar Conference*, Olot, pp. 64-65.
- POBLETE, M. A., J. MARTÍ, S. BEATO y J. L. MARINO (2019a): «Geomorphological evolution and chronology of the eruptive activity of the Columba and Cuevas volcanoes (Campo de Calatrava Volcanic Field, Ciudad Real, Central Spain)», *Geomorphology*, 336, pp. 52-64, <<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.03.026>>.
- (2019b): «The Deterioration of Geoheritage in the Central Spanish Volcanic Region by Open-Pit Mining», *Geoheritage*, 11 (4), pp. 1903-1917, <<https://doi.org/10.1007/s12371-019-00405-x>>.
- POBLETE, M. A., S. BEATO y J. L. MARINO (2021): «Geomorphology of the Campo de Calatrava Volcanic Field», en R. M. Reale (ed.): *Recent Developments in Geomorphology*, Nueva York, Nova Science Publishers, pp. 1-34.
- PORTERO GARCÍA, J. M. (2016): «TM138 Volcanismo neógeno de Poblete», en *Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*, IGME, disponible en <<https://info.igme.es/ielig/>>.
- REOLID, M., M. SÁNCHEZ-GÓMEZ, I. ABAD, M. E. GÓMEZ-SÁNCHEZ y J. DE MORA (2013): «Natural monument of the volcano Cancarix, Spain: a case of lamproite phreatomagmatic volcanism», *Geoheritage*, 5, pp. 35-45.
- RINCÓN-CALERO, P. J. (1999): *Análisis de la deformación incidente durante el periodo neotectónico en el antepaís bético (España central): implicaciones morfoestructurales y origen del vulcanismo reciente del Campo de Calatrava (contrastación con otros entornos ígneos)*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- ROIZ, I. (1979): *La estructura y la sedimentación hercínica en especial del precámbrico superior en la región de Ciudad Real-Puertollano*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 279 pp.
- SÁNCHEZ, A. (1995): «El trabajo de campo y las excursiones», en A. Moreno y M. J. Marrón (eds.): *Enseñar Geografía. De la teoría a la práctica*, Síntesis, Madrid, pp. 160-184.
- SARRIONANDIA, F., M. CARRACEDO-SÁNCHEZ, J. ERRANDONEA-MARTIN, L. EGUILUZ y J. I. GIL IBARGUCHI (2019): «Morfología, petrografía y geoquímica del spatter densamente soldado (lava-like) del volcán Cerro Gordo (Campo Volcánico de Calatrava, Ciudad Real)», *Geogaceta*, 66, pp. 83-86.
- SENTRE, M. A., J. L. GRANJA, R. VEGAS y S. SAINZ-MAZA (2014): «Análisis de anomalías gravimétricas y modelación cortical 2D de la región volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España)», *Geogaceta*, 56, pp. 43-46.
- STOPPA, F., G. ROSATELLI, M. SCHIAZZA y A. TRANQUILLI (2012): Hydrovolcanic vs magmatic processes in forming maars and associated pyroclasts: the Calatrava-Spain-case history, en F. Stoppa (ed.): *Updates in volcanology -a comprehensive approach to volcanological problems*, Tech-Open Access Publisher, pp. 3-26.
- VEGAS, R., y P. J. RINCÓN-CALERO (1995): «Campos de esfuerzos, deformación alpina y vulcanismo neógeno-cuaternario asociado en el antepaís bético de la provincia de Ciudad Real (España central)», *Geogaceta*, 19, pp. 31-34.
- VIRAMONTE, J., y J. INCER-BARQUERO (2008): «Masaya the «mouth of hell», Nicaragua: volcanological interpretation of the myths, legends and anecdotes», *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176 (3), pp. 419-426.
- WILSON, M., y H. DOWNES (1991): «Tertiary-quaternary extension-related alkaline magmatism in western and central Europe», *Journal of Petrology*, 32, pp. 811-849, <<https://doi.org/10.1093/petrology/32.4.811>>.