

# Aguas ocultas en el Campo de Calatrava y Los Montes: volcanes, manantiales y bosques ribereños singulares

Rafael Ubaldo Gosálvez Rey (coord.), Rafael Becerra Ramírez, Pedro Pablo Buitrago Bravo, Estela Escobar Lahoz, Máximo Florín Beltrán, Elena González Cárdenas y Enrique Luengo Nicolau



COLABORA

CON LA AIH-GE Y EL PROGRAMA 'APADRINA UNA ROCA'  
PARA MEJORAR LA PROTECCION DEL PATRIMONIO HIDROGEOLOGICO

¿QUIERES  
COLABORAR?





## EL HIDROGEODÍA

El **Hidrogeodía** es una jornada de divulgación de la Hidrogeología (disciplina que estudia las aguas subterráneas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas, químicas y sus interacciones con el medio físico, biológico y con la acción del hombre), que se celebra cada año coincidiendo con el **Día Mundial del Agua** (22 de marzo).

Esta jornada está promovida por el Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH-GE) con la colaboración de Organismos Públicos de Investigación y Universidades y otras entidades públicas y privadas, y consta de **actividades de divulgación, abiertas al público en general, gratuitas** y guiadas por hidrogeólogos/as y otros científicos/as.

En Ciudad Real, el Hidrogeodía 2025 se titula **“Aguas ocultas en el Campo de Calatrava y Los Montes: volcanes, manantiales y bosques ribereños singulares”** y consistirá en una visita guiada por varios puntos representativos donde podremos analizar las relaciones establecidas entre las aguas subterráneas y los volcanes, manantiales y bosques de ribera singulares existentes en las comarcas del Campo de Calatrava y Los Montes:

- 1) **Reconocimiento de morfologías y depósitos volcánicos en Alcolea de Calatrava (volcán del Cerro de la Cruz y maar de las Peñas del Bú)**
- 2) **Visita al manantial y galerías artificiales de la Cueva del Castillo en Piedrabuena**
- 3) **Ruta de 8 km para visitar la Fuente de La Angorrilla y las alisedas de La Angorrilla y el Guindalejo (Los Pozuelos de Calatrava y Cabezarados).**

La visita se articula, por consiguiente, en torno a tres espacios emblemáticos en un área de transición entre las comarcas naturales del Campo de Calatrava y Los Montes donde podremos ver *in situ* las consecuencias geomorfológicas, hidrológicas y biogeográficas de la presencia de las aguas subterráneas en este territorio.

## AGUAS SUBTERRÁNEAS EN MATERIALES IMPERMEABLES ¿CÓMO ES POSIBLE?

El mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000 califica el sustrato geológico del espacio geográfico que vamos a visitar como materiales impermeables, siendo su permeabilidad baja y su interés hidrogeológico reducido (IGME, 1985). Lo mismo que indican trabajos más recientes para caracterizar las masas de agua subterráneas del Bullaque y Campo de Calatrava, que son los terrenos por donde nos vamos a mover a lo largo del Hidrogeodía. Siendo esto así a nivel económico, no lo es a nivel geocológico.

La aventura del recorrido que vamos a realizar en el Hidrogeodía 2025 Ciudad Real y de los elementos tan singulares que vamos a ver se remonta a la Era Paleozoica, hace unos 470 millones de años, cuando este espacio estaba sumergido a poca profundidad bajo el nivel del mar. En ese ambiente se acumulaban estratos o capas de sedimentos arenosos y arcillosos en los que vivían los trilobites, antiguos parientes marinos de arañas, crustáceos e insectos actuales, y de los que se conservan fósiles por todas las sierras del Campo de Calatrava y de Los Montes de Ciudad Real.

Estos sedimentos se convirtieron en roca cuarcita y arenisca (los arenosos) y pizarras y lutitas (los arcillosos) con el paso del tiempo, la presión y la consolidación con cemento silíceo.

La cuarcita es una roca de gran dureza y rigidez, frecuente en terrenos paleozoicos como los que conforman las sierras del Campo de Calatrava y de Los Montes. Además, como su propio nombre indica, es rica en cuarzo, mineral compuesto de sílice y muy poco soluble. Por eso, las aguas de lluvia que corren y se infiltran por estos terrenos apenas se cargan en sales disueltas o, lo que es lo mismo, son aguas muy puras, casi destiladas.

La primera fase de la Orogenia Varisca o Hercínica (“oros” significa “montaña”, en griego) elevó estos terrenos submarinos por encima del nivel del mar, hasta que alcanzaron una altitud similar a la del actual Himalaya, en lo que serían los Montes de Toledo, hace unos 380 millones de años (Figura 1.1.).

Entonces, los estratos de areniscas, cuarcitas, pizarras y lutitas se plegaron, replegaron, fracturaron y se volvieron a fracturar durante otros 100 millones de años.

Cuando los primeros Montes de Ciudad Real y Campo de Calatrava estaban ya muy erosionados, los sedimentos cubrieron casi por completo los restos de todos los pliegues (Figura 1.2), que seguían siendo de materiales más duros que los que los cubrían.

Hace unos 50 millones de años, una nueva etapa de formación de montañas, la Orogenia Alpina, volvió a levantar y fracturar los materiales de los Montes y del Campo de Calatrava, que quedaron de nuevo expuestos a la erosión (Figura 1.3. y 1.4.). Primero se erosionaron los materiales más blandos, lo que dejó al descubierto otra vez los pliegues variscos, pero los picos más altos y expuestos a la erosión se desgastaron más, quedando todos con una altitud casi igual (Figura 1.5.).

El resultado es un relieve apalachense o apalachiano, llamado así por la cordillera norteamericana que se usó para describirlo por primera vez.

En él alternan valles y crestas, estas últimas corresponden a la parte más resistente de los flancos de los pliegues variscos, a pesar de ello erosionados e incompletos (Figura 1.4.).

Los volcanes, los manantiales y los bosques ribereños singulares que actualmente existen en Los Montes de Ciudad Real y el Campo de Calatrava están directa o indirectamente asociados a una de las dos redes de fracturación: la formada durante la Orogenia Varisca, posiblemente rejuvenecida por la Orogenia Alpina, o la formada durante esta última.



Figura 3. Evolución de un relieve apalachense. Se trata de un relieve de plegamiento antiguo (1) que fue cubierto de sedimentos (2) y, tras una elevación por orogénesis (3) seguida por la actuación de la erosión (4), vuelve a rejuvenecerse.

A causa del terreno poco permeable y de la dureza de la roca cuarcita, son las fracturas los caminos principales por los que circula el agua, por encima y por debajo de la superficie del terreno.

Así, el trazado superficial de la red de fracturación coincide en gran medida con el de la red hidrográfica de Los Montes y del Campo de Calatrava, y el curso de los ríos suele encajarse en algunas fracturas, como es el caso de la Tabla de la Yedra (Piedrabuena).

De manera similar, el agua que se infiltra en las partes relativamente altas de la cuenca (áreas de recarga de agua subterránea), se almacena en el acuífero de la red de fracturación y

circula por ésta hasta que vuelve a la superficie, en forma de manantiales, alimentando las lagunas volcánicas, los bosques ribereños singulares (Alisedas, abedulares y avellanares) y los bonales o trampales asociados a esas fracturas (Figura 2).

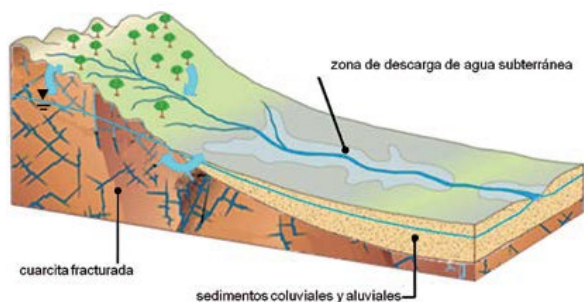


Figura 2. Bloque-diagrama ilustrando la alimentación hídrica a partir del agua subterránea que circula por las fracturas de las sierras y mantiene un nivel freático estable en las zonas de contacto litológico entre las rocas impermeables de la sierra y los sedimentos coluviales y aluviales procedentes de su erosión.

La fuerza motriz es la fuerza de la gravedad. Cuando el agua desciende verticalmente, puede encontrarse con materiales menos permeables que aquellos de donde viene, y cambia de dirección, abriéndose camino hacia materiales más permeables o con más fracturas; finalmente, el agua termina aflorando en partes relativamente bajas de la cuenca o en cambios bruscos en el relieve (áreas de descarga de agua subterránea).

En el caso del Campo de Calatrava, desde hace 8 millones de años hasta hace unos 6.000 años también circuló por la red de fracturación el magma que provocó erupciones al encontrarse con el agua que circulaba por ellas, provocando grandes explosiones que dieron lugar a las lagunas volcánicas como la de La Camacha y Lucianego (Piedrabuena), Bú y Peñarroya (Alcolea de Calatrava), Cañada (Corral de Calatrava), Peñarroya (Alcolea-Corral de Calatrava), Caracuel y Navas de Malagón, entre otras muchas lagunas volcánicas del Campo de Calatrava.

Sólo el aporte de agua a través de las fracturas a los manantiales, bosques ribereños y bonales puede explicar la permanencia de agua prácticamente durante todo el año, año tras año, en estos lugares tan singulares.

## LOS VOLCANES DEL CAMPO DE CALATRAVA

La actividad volcánica reciente (<8 Ma.) desarrollada en la zona central de la provincia de Ciudad Real es uno de los rasgos característicos del paisaje de esta provincia, repartiéndose los volcanes por un amplio territorio de unos 5.000 km<sup>2</sup> (Becerra Ramírez, 2013).

Se han catalogado más de 350 volcanes (Figura 3), correspondiéndose el 49% con volcanes magmáticos generados en erupciones efusivas y estrombolianas (conoteles de *spatter*, conos de piroclastos y coladas de lava) y el 51% con edificios generados en erupciones hidromagmáticas (maares-diatrema) (Gosálvez Rey, 2012; Becerra Ramírez, 2013; Gosálvez Rey et al., 2023).

No hay acuerdo científico sobre por qué hay un volcanismo reciente en la provincia de Ciudad Real: punto caliente, rift abortado, rift oblicuo, un sistema de megafallas que afecta al Mediterráneo occidental con plegamiento litosférico,... (Molina, 1975; Ancochea Soto, 1983; Bergamín y Carbo, 1986; Cebriá Gómez, 1992; López Ruiz et al., 1993; Poblete Piedrabuena, 1994; Gallardo Millán, 2005; Cebriá et al., 2011; Granja et al., 2015).

En última instancia, todo apunta que el volcanismo del Campo de Calatrava está asociado a las interacciones (borde convergente, borde transformante) entre las placas africana y euroasiática, la microplaca de

Alborán y en menor medida con la dorsal mesoatlántica en los últimos 8 Ma.

La salida del magma a la superficie se realizó a través de la trama reticular de fallas y fracturas de dirección principal NO-SE y otras

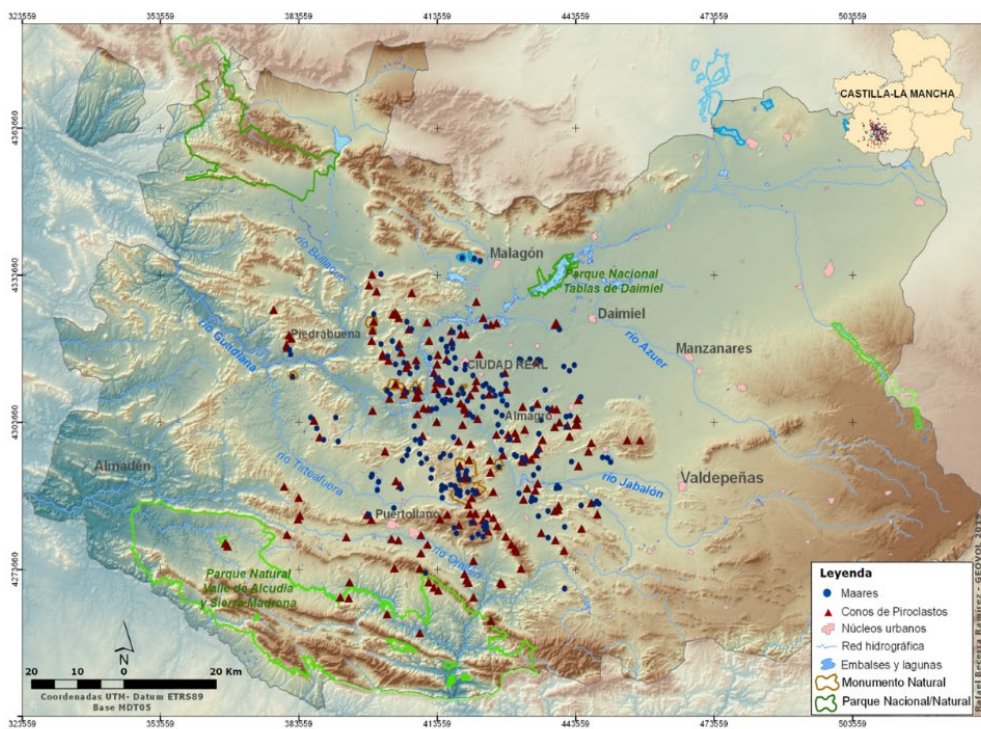


Figura 3. Los volcanes del Campo de Calatrava

trasversales a las primeras, derivadas, como ya se comentó, de la orogenia varisca y reactivadas en la alpina y por la neotectónica, trama reticular que aprovechó el magma para atravesar la corteza terrestre. Pero trama reticular que es también capaz de almacenar agua en acuíferos de medios fracturados, en este caso en rocas metamórficas.

Todas estas interacciones han condicionado la actividad volcánica en el Campo de Calatrava, articulada en el tiempo por ciclos separados por períodos de calma. La primera erupción volcánica tuvo lugar en Villamayor de Calatrava hace 7.5 Ma (Ancochea y Huertas, 2021), generando los volcanes de Peñas Pardas y el Morrón de Villamayor de Calatrava, hoy declarado Monumento Natural, LIG, Geositio y Global Geosite. La última erupción tuvo lugar en el Holoceno (entre 14 y 5.5 ka) en el volcán Columba entre Granátula y Calzada de Calatrava (González et al., 2007; Poblete et al., 2019; González Cárdenas et al., 2024).

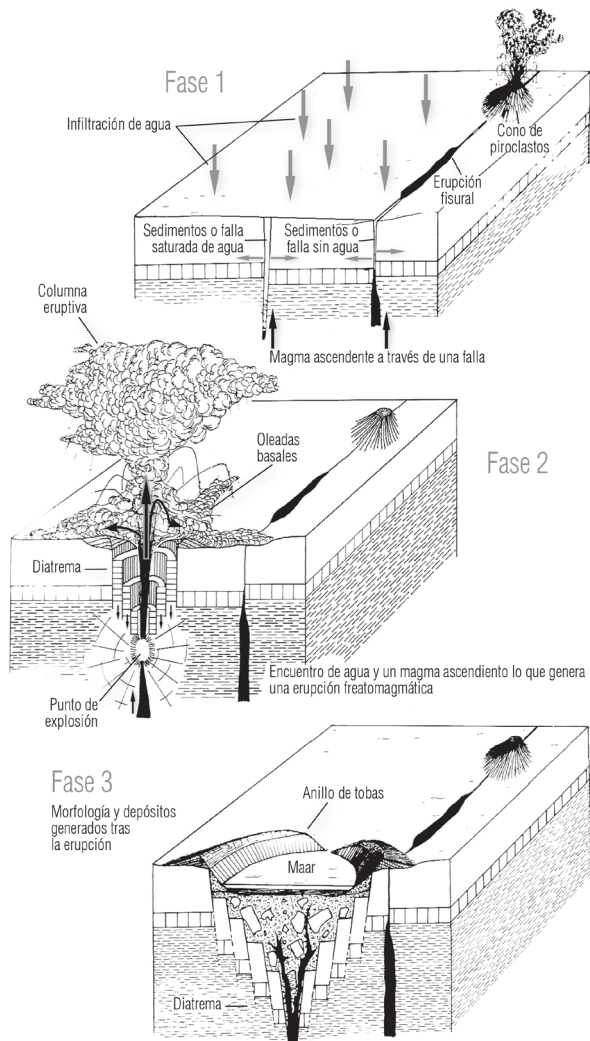
Nos encontramos ante un volcanismo caracterizado por la emisión de rocas volcánicas básicas y ultrabásicas y en el que parece haber jugado un papel importante la existencia de una anomalía térmica positiva en el manto (¿punto caliente?).

## CUANDO MAGMA Y AGUA SUBTERRÁNEA SE ENCUENTRAN: ERUPCIONES HIDROMAGMÁTICAS

El ascenso de magma hacia la superficie y su encuentro con el agua de estos acuíferos existentes en la zona, bien en medios fracturados (cuarcitas, areniscas y pizarras), bien en medios detríticos no consolidados o carbonatados (depósitos terrígenos, calizas y margas), se resolvió con erupciones muy violentas, capaces de liberar cada una de ellas una energía equivalente a 6,5 kt de TNT (Büttner et al., 2002).

Este contacto magma-agua responde a un mecanismo muy bien conocido en procesos industriales y reactores nucleares, lo que se conoce como interacción combustible-refrigerante (*Fuel-Coolant Interactions* o *FCI*) (Wohletz, 1993).

La huella de estas explosiones es la apertura de grandes depresiones, denominadas **cráteres de explosión hidromagmáticos** o **maares** (Figura 4), término propuesto por Steininger en 1819 a partir de un topónimo local que proviene de los lagos de la región de Eifel (Alemania).



En el Campo de Calatrava a estos cráteres de explosión hidromagmática se les conoce localmente como “hoyas, navas y navazos», presentando dimensiones comprendidas entre 500 y 2.500 m., de forma subcircular a subelíptica y de profundidad variable (desde apenas unos metros, hasta superar el centenar) (Gosálvez Rey, 2012)

En determinadas circunstancias, los maares pueden almacenar agua alojando lagunas de carácter temporal (Figura 5). En el Campo de Calatrava son 50 las lagunas que hemos inventariado hasta la fecha, sobre un total de 170 maares (Gosálvez Rey, 2012).



Figura 5. Maar y laguna del Bú (Alcolea de Calatrava)

## PARADA 1. VOLCÁN DEL CERRO DE LA CRUZ Y MAAR DE LAS PEÑAS DEL BÚ (ALCOLEA DE CALATRAVA)

La excursión se inicia en un municipio emblemático del Campo de Calatrava, con múltiples recursos ligados al volcanismo, entre los que destacan el yacimiento de fauna pliocena de Las Higuieruelas, el monumento natural del volcán y la laguna de Peñarroya, el uso de adoquines y bordes de calles labrados en basaltos en algunas calles del pueblo, la plaza de los volcanes junto al cuartel de la Guardia Civil, el volcán del Cerro de la Cruz y el maar de las Peñas del Bú, entre otros muchos elementos.

En esta salida hemos optado por poner en valor dos recursos excepcionales como son el volcán del Cerro de la Cruz y el maar de Las Peñas del Bú.

### Volcán del Cerro de la Cruz

Este volcán se desarrolló en una erupción principalmente estromboliana que construyó

un cono más o menos alargado y disimétrico, sobre una fractura estructural ONO-ESE responsable tanto del vallejo donde se emplaza como de su génesis.

Destaca la existencia de dos cráteres rematados en su borde por depósitos de *spatter*, resultando una morfología elíptica en su cima (Figura 6). Estos cráteres están abiertos hacia el SO con una morfología típica de herradura, pero ligeramente colmatados por los procesos erosivos y desdibujados por la acción humana (cantera de extracción).

Desde ambos centros de emisión se derramó una colada hacia el interior de la cuenca de Alcolea, con apenas 1 km de recorrido, dirigiéndose hacia el fondo de un cráter hidromagmático (El Cabezuelo), aunque sin llegar a colmatarlo.

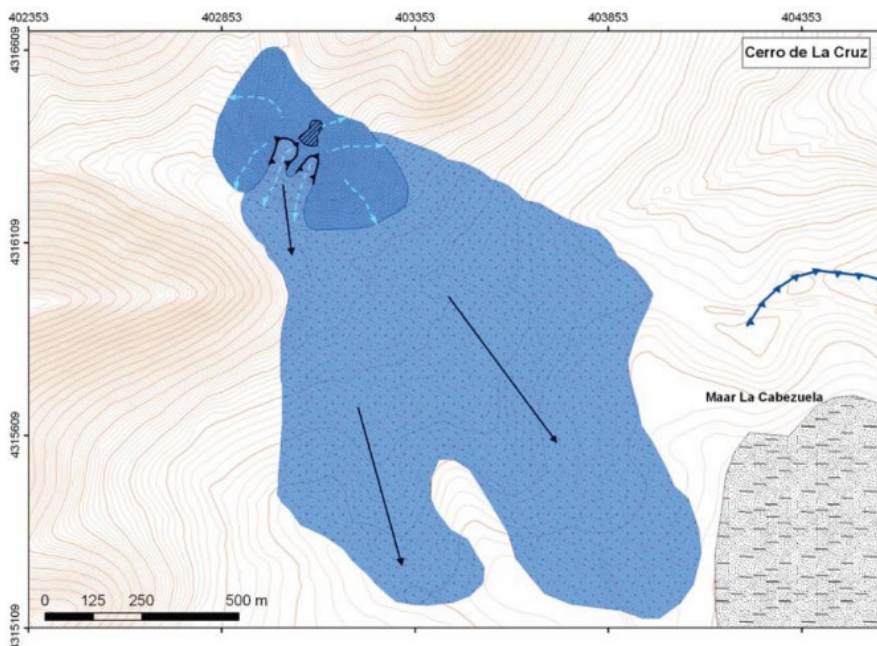


Figura 6. Mapa geomorfológico del volcán del Cerro de la Cruz

La cantera u “hormigonera” abierta en su flanco N, muestra el resultado de los pulsos explosivos de carácter estromboliano, procesos de fragmentación del magma y deposición de piroclastos de caída (lapilli y bombas principalmente) e incorporación de líticos accesorios (xenolitos) del roquedo basal. Estos últimos son clastos de cuarcita que

presentan una vitrificación muy interesante fruto de las altas temperaturas del magma en el momento de incorporarlos en su ascenso (Figura 7).



Figura 7. Clastos de cuarcita vitrificados

En la base del cono se pueden observar los procesos típicos de arrastre de material piroclástico suelto hacia las partes más bajas, por efecto de la erosión, y el semienterramiento de los mismos por los coluviones de las sierras paleozoicas circundantes.

Este volcán no cuenta con datación absoluta, pero las coladas de lava se localizan por encima de las calizas y margas ruscinienses (Plioceno inferior), por lo que la cronología de este volcán es como mínimo de esta edad o más joven.

Asociado al volcán del Cerro de La Cruz hay tres elementos patrimoniales de interés etnográfico e histórico que podremos observar en la visita.

En primer lugar, por orden cronológico, la existencia de una *maqbara* o cementerio musulmán en los piroclastos localizados al N del volcán, en parte destruida por la cantera de extracción de piroclastos; el segundo elemento la ermita de la Cruz y, por último, la “hormigonera” o cantera para extracción de piroclastos.



En el primer caso, la “*maqbara*”, se trata de un pequeño espacio donde aparecen cinco fosas contiguas talladas en los piroclastos del volcán, estudiadas por Morales García y Urquiaga Cela (1999) (Figura 8). Estas fosas están excavadas directamente en el terreno natural y son tipológicamente uniformes, simples y estrechas, con variaciones en las medidas inherentes al tamaño del difunto (adultos y niños). Las tumbas son bastante paralelas entre sí, con una orientación aproximada NE-SO. La planta de las fosas es rectangular y su sección cuadrangular, contando con prefosas rectangulares.

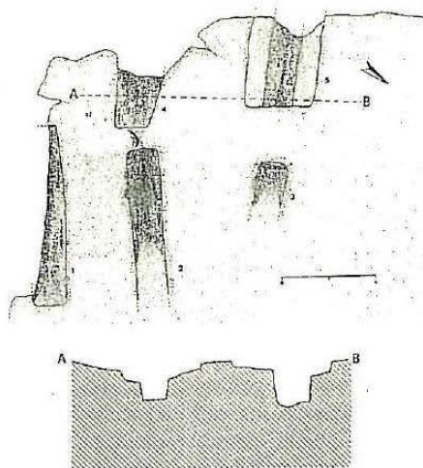


Figura 8. Planta y sección de las fosas de la maqbara del Cerro de la Cruz. Tomado de Morales y Urquiaga (1999).

La extrema austeridad de estas fosas es debida a la prescripción religiosa oficial en al-Andalus que preconizaba que las fosas no debían ser más profundas «que la cintura de un hombre y debían excavarse en la misma tierra, sin obra de yeso, ni fábrica. El cadáver, previamente lavado, amortajado y perfumado, era conducido al cementerio más próximo a su domicilio para ser enterrado sobre su costado derecho, de ahí la acusada estrechez de la tumba, con el rostro vuelto hacia La Meca.

La fosa se cubría con ladrillos o piedras a nivel del mismo suelo, pudiéndose colocar alguna piedra labrada en la cabecera (Navarro Palazón, 1985:10; Izquierdo Benito, 1989:393-394).

Este tipo de inhumaciones de origen islámico practicadas en fosas simples y cubiertas simplemente por lajas de piedra o tejas, como parecen evidenciar los escalones laterales de algunas fosas, corresponden a un tipo primario de enterramientos, quizás anterior al siglo XII y muy característicos en ambientes campesinos (Peral Bejarano, 1995). Prospectado el cerro de la Cruz Morales y Urquiaga detectaron abundantes fragmentos cerámicos adscritos a época andalusí.

Se desconoce hasta la fecha el espacio que ocupa la necrópolis, pero a juzgar por los restos detectados debe de extenderse por gran parte de la ladera Noreste del cerro de la Cruz.

La asociación de religión y naturaleza es muy habitual y por ello la **ermita del Cerro de la Cruz** de Alcolea de Calatrava ha buscado una posición elevada, en lo alto del volcán (Figura 9), que unida a los valores de este espacio natural, tiene una especie de evocación para la población.

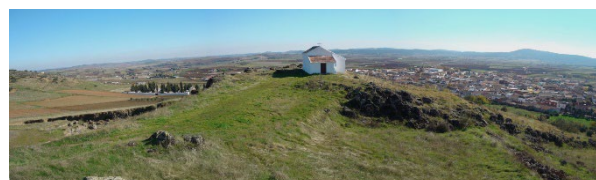


Figura 9. Ermita de la Santa Cruz en la cima del volcán del Cerro de la Cruz.

Este espacio es el escenario donde se desarrolla la romería de San Isidro que se festeja en mayo en este cerro, donde los vecinos de la localidad acuden para compartir almuerzo y limonada.

Esta ermita, de reciente construcción, es de una sola planta y unos 90 m<sup>2</sup> de superficie, presentado una forma rectangular, disimétrica, con un tejado de teja árabe curva a dos aguas, más extendido hacia el sur. El pórtico de la entrada se ha cerrado y presenta una puerta. Todas las paredes de la ermita se encuentran encaladas en blanco.

Por último, la **cantera u hormigonera** del volcán del Cerro de la Cruz era una explotación rudimentaria para la extracción de picones o carbonillas con un carácter de abastecimiento local (Escobar, 2015). Estos materiales en función de su tamaño y calidad, se destinaban a diferentes usos. Las fracciones más finas -cenizas- se empleaban para enmendar determinados tipos de suelos agrícolas; mientras que los elementos más groseros se empleaban en la construcción de tapias, pavimentación de caminos o para construcción de viviendas humildes o rústicas.

La particularidad de la hormigonera del cerro de la Cruz es que se ha excavado una parte importante de ella en forma de cueva (Figura 10), lo que nos permite introducirnos en las entrañas del volcán, lo que le otorga un gran valor geoturístico.



Figura 10. Cuevas excavadas en los piroclastos del volcán del Cerro de la Cruz para la extracción de material para la construcción.

### **Maar de las Peñas del Bú y su Laguna**

Localizada al NO del núcleo urbano de Alcolea de Calatrava, a tan solo 1000 m del centro del pueblo y a 500 m del volcán del Cerro de la Cruz, aparece una amplia depresión rodeada por los cerros de las Peñas del Bú, San Antón y La Solana, en la carretera que une Alcolea con Piedrabuena y Picón y pegada a la Cañada Real Soriana.

Se trata de un maar cuya morfología y la de la laguna que alberga es elíptica, con su eje mayor orientado NO-SE (Figura 11). Sus dimensiones son de 700 x 400 m, con un perímetro de 1700 m y una superficie de 20 ha y una profundidad máxima de 50 cm, lo que le permite almacenar

hasta 0,1 Hm<sup>3</sup> de agua los años de buenas lluvias.

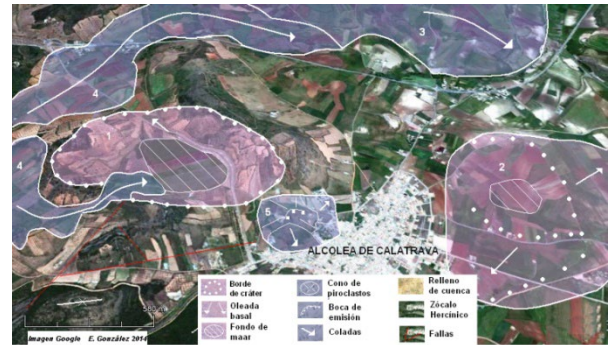


Figura 11. Esquema geomorfológico del entorno del núcleo urbano de Alcolea de Calatrava.

La conductividad del agua es de 82 microS/cm con un pH de 7.4, lo que nos habla de aguas muy poco salinizadas, típicas de sustratos silíceos.

Esta gran depresión se generó en una erupción freatomagmática, tal y como lo demuestra la presencia de lapillis acrecionales (Figura 12), en un contexto geomorfológico dominado por sierras cuarcíticas de la Era Primaria y edificios volcánicos plio-cuaternarios.



Figura 12. Lapilli acrecional recogidos en el sedimento de la laguna del Bú.

El magma que subía a través de las fracturas que parten el basamento varisco se encontró con agua freática almacenada en fallas y fracturas, interaccionando con ella en una violenta explosión que rompió la sierra y depositó materiales hidromagmáticos alrededor de la misma.

Hoy la laguna (Figura 13) es inexistente pues ha sido desecada mediante zanjas de drenaje perimetrales reactivadas en el verano de 1996, cuando la laguna recogió bastante agua tras un periodo de intensas lluvias, todo ello con la

intención de mantener un cultivo de cereales. En la parte E y SE existe un vertedero de basuras y escombros clausurado en la actualidad, con una disposición perimetral a lo largo de la orilla, y aprovechando la existencia de una cañada real. Tres tendidos eléctricos, dos de baja tensión y uno de alta, bordean la laguna por todos sus lados.



Figura 13. Laguna del Bú.

Desconocidos los elementos florísticos asociados a la propia laguna, que en la actualidad han sido sustituidos por cultivos herbáceos de secano, sólo se ha podido determinar la presencia de *Ranunculus peltatus* en la zanja de drenaje perimetral.

La vegetación del entorno se encuentra dominada por un mosaico agrícola de olivares y cereales, y por la presencia, sobre todo en las laderas de las Peñas del Bú, de formaciones vegetales subseriales del encinar silicícola lusoextremadurensis, dominando formaciones de tipo matorral o arbustivas. Los elementos florísticos dominantes son el cantueso *Lavandula stoechas* subsp. *pedunculata*, la encina *Quercus rotundifolia*, el labiérnago *Phillyrea angustifolia*, esparto *Stipa* sp., retama o escoba *Cytisus scoparius* y torvisco *Daphne gnidium*. En las zonas sin desarrollo edáfico, donde la cuarcita aflora, aparecen el ombligo de Venus *Umbilicus rupestris* y el clavelillo de roca *Dianthus lusitanica*, entre otras numerosas especies.

Se ha podido determinar la presencia de *Triops cancriformis* y comunidades de invertebrados y microorganismos acuáticos en la columna de agua de la laguna.

En cuanto a las aves, en esta laguna se han observado cigüeñuelas comunes, gaviotas

reidoras, chorlitejos patinegros y ánades azulones.

Por Acuerdo del Consejo de Gobierno de 6-11-1998, fue declarada la laguna como área no registrable a efectos de la legislación de minas.

## **PARADA 2. HIDROGEOLOGÍA EN ROCAS VOLCÁNICAS: EL VOLCÁN DE LA ARZOLLOSA Y EL MANANTIAL DE LA CUEVA DEL CASTILLO**

La segunda parada del Hidrogeodía 2025 en Ciudad Real es para visitar un elemento singular, poco conocido, vinculado al aprovechamiento de las aguas subterráneas del volcán de Piedrabuena, conocido también con el nombre de Manoteras o Arzollosa. Se trata del manantial de la cueva del Castillo, localizado en la calle Cofradía, 14.

El volcán de La Arzollosa se caracteriza por presentar la mayor extensión de coladas de lava de todo el campo volcánico calatraveño, al cubrir más de 2000 ha de superficie. Las lavas emitidas rellenan una buena parte de la cubeta de Piedrabuena sobre la que se emplaza (más de 5 km de longitud) (Figura 14).

Este volcán está asociado a las fracturas que rompen y hunden el flanco oriental de la cubeta sedimentaria de Piedrabuena, localizándose en una erupción fisural que sigue una alineación N-S.

Sobre el conducto principal de emisión, situado aproximadamente a 3 km al norte del núcleo urbano, se levanta un esbelto cono, formado por material de proyección aérea (Figura 15). Este cono de 81 m de altura relativa, está en parte recubierto por las coladas que descienden, formando suaves rampas, hacia el S y SO.

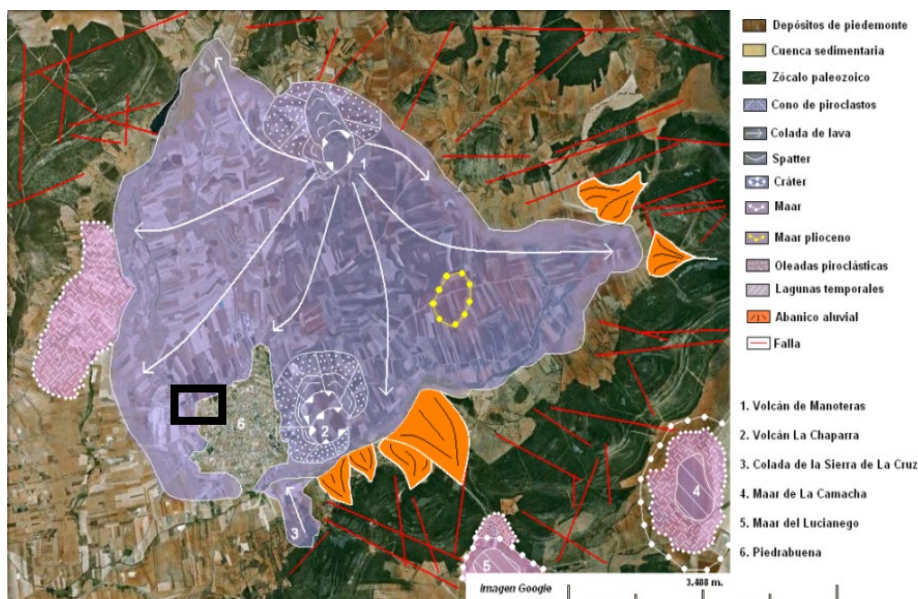


Figura 14. Esquema geomorfológico de los volcanes del núcleo urbano de Piedrabuena y su entorno.



Figura 15. Vista aérea del volcán de La Arzollosa.

Las coladas de lava se generaron en una erupción típicamente efusiva, con emisión de fuentes de lava, llegando a superar los 20 m de potencia en algunos puntos, formando la mayor plataforma lávica y negrizal de toda la región volcánica, como ya hemos comentado.

Gracias a la erosión de las coladas y a la apertura de caminos, se puede adivinar la estructura interna de éstas. Se trata de lavas muy masivas y que presentan en la parte superior estructuras esferoidales (bolos), fruto de procesos de enfriamiento (disyunción esférica) y sobre todo erosión/disgregación de la roca volcánica.

En el interior de la depresión destaca la existencia de varios volcanes que fueron enterrados completamente por las coladas, como un cráter hidromagmático plioceno, o semienterrados, como es el caso del volcán de La Chaparra, pequeño edificio piroclástico situado en la zona Sur de la cubeta.

La Chaparra es una acumulación de lavas y piroclastos de caída, que forman un cerro achatado, en consonancia con su topónimo, elevándose entre 10 y 12 m en relación con los mantos de lava mencionados.

La Chaparra ha emitido cortas pero potentes coladas, que la erosión fluvial ha dejado colgadas sobre el vallejo del arroyo de Valdefuentes. Bajo los materiales de este volcán se distingue un depósito muy alterado de oleadas piroclásticas basales en el que se aprecian estructuras de tipo *sand wave*.

El paisaje, la morfología del volcán, la existencia de rutas de senderismo, su declaración como Monumento Natural, hacen del volcán de La Arzollosa de Piedrabuena uno de los conjuntos volcánicos más interesantes de la región volcánica calatrava. Importantes son también los valores de uso de este edificio volcánico, uno de los mejores ejemplos de parcelación agraria comarcal.

En relación con las coladas de lava del volcán de La Arzollosa hay toda una serie de manantiales y fuentes por las que afloran, de manera natural o por el ser humano, las aguas que fluyen por su interior (Figura 16).



Figura 16. Fuentes, pozos y albercas en el volcán de la Arzollosa

De todas ellas destacan por su singularidad la Cueva del Castillo y sus galerías subterráneas (Figura 17) construidas a finales del siglo XIX por el Ayuntamiento de Piedrabuena con la intención de asegurar el abastecimiento de la población y de los abrevaderos del pueblo (Félix Ortega y Raúl Muñoz, com. pers.).



Figura 17. Galerías de la cueva del Castillo

El aprovechamiento de las aguas que afloran en el volcán de Piedrabuena se ha realizado mayoritariamente a través de pozos y en algunos casos acompañados de galerías de disposición horizontal.

La visita a la cueva del Castillo nos permitirá conocer *in situ* estas galerías horizontales, que son uno de los sistemas de aprovechamientos del agua más ancestrales y extendidos en el planeta. Los antecedentes históricos a esta tipología

de obras, se encuentran en el siglo VIII a.C., los "quanats", canales subterráneos artificiales que transportaban el agua a grandes distancias. Las citas más antiguas posiblemente sean las de Qaná, Jericó, Jerusalén, Marrakech y la isla de Sicilia. En España, Canarias tiene una larga experiencia en el aprovechamiento de sus aguas subterráneas mediante minas o galerías.

Las minas o galerías de agua son perforaciones o túneles cuyos trabajos de perforación se realizaban con ayuda de explosivos o a pico y barreno, mediante una perforación ligeramente inclinada, lo que permitía su drenaje natural, evitando así la necesidad de bombear el agua para su aprovechamiento. La galería tiene como finalidad alcanzar una veta de agua y extraer el líquido.

Las galerías se suelen construir con una alineación recta, aunque en determinadas ocasiones y debido a los materiales que van apareciendo y su orientación, puede haber cambios de rumbo, incluso ramales en determinados momentos de la excavación.

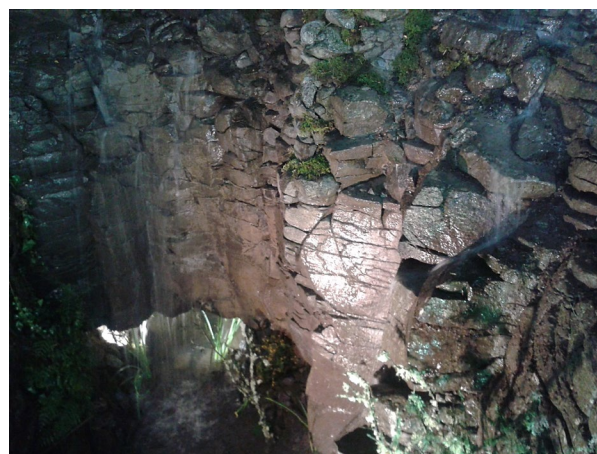
Todo esto lo podremos ver en el Cueva del Castillo, donde observamos dos ramales que convergen en un tercero que drena las aguas hacia el exterior.

En el caso de la Cueva del Castillo, la obra fue ejecutada posiblemente por mineros de Puertollano, siendo ejecutada a pico y barreno (Félix Ortega, com. pers.). Sin embargo, fue un fracaso porque no se encontró toda el agua que se pensaba por lo que se abandonó para los fines iniciales y la poca que se extraía se derivó a la zona de Los Quiñones, una zona de huertas situada en una cota inferior en la zona alrededor del cementerio (Raúl Muñoz, com. per.).

Posteriormente, la salida fue tabicada y el represamiento del agua en esta zona se uso para abastecerse la población de agua y para pozos de viviendas localizadas alrededor (Félix Ortega, com. Pers.). Más recientemente, la zona fue cerrada al público por el miedo de que alguna persona, especialmente niños, pudieran caer y ahogarse, destinándose ahora a la exhibición de una de las cruces de mayo más famosas de esta localidad.

Las galerías han sido labradas bajo una colada de lava de unos 3-4 m de potencia, aprovechando posiblemente un manto de piroclastos de caída o de escorias asociadas a la brechificación de la propia colada en su base (Figura 18).

Felix Ortega (com. pers.) afirma que se pueden distinguir de muro a techo la siguiente secuencia estratigráfica en la mayor parte de los pozos excavados en las coladas: 1) suelo actual, 2) colada de lava, 3) escorias o piroclastos cohesionados, 4) Greda, 5) materiales carbonatados.



*Figura 18. Materiales y estratigrafía en la Cueva del Castillo. Arriba: contacto entre la base de la colada y los materiales excavados por las galerías. Enmedio: detalle de los materiales excavados. Abajo: vista de la colada de lava y sus características texturales.*

El manantial de la Cueva del Castillo y otras fuentes y manantiales en las coladas de lava del volcán de La Arzollosa nos permite introducirnos en la exploración de aguas subterráneas en rocas volcánicas.

La naturaleza y estructura de este tipo de rocas, muy variables en el espacio tridimensional, con alternancia de coladas de lava, mantos de piroclastos, almagres o diques, hace que manantiales o pozos excavados en rocas volcánicas pueden dar grandes caudales con pequeños descensos del nivel, pero en la misma formación y a escasa distancia pueden ser estériles (Custodio, 1978; Custodio y Llamas, 1976).

Estas circunstancias se deben a la existencia de una serie de condicionantes que hay que tener en cuenta en relación con las aguas subterráneas en rocas volcánicas (La Moneda, 2001, doc. interno):

- Los materiales lávicos sufren un proceso de enfriamiento rápido tras su deposición originando fracturas de retracción (diaclasas) que originan discontinuidades en los cuerpos rocosos (primas, lascas).
- En los materiales volcánicos existen huecos o vacíos generados por las condiciones de deposición del material (tubos volcánicos, huecos de las escorias de techo y base de colada, etc.) que pueden estar conectados o no localmente.
- Las características estructurales y texturales iniciales de los materiales volcánicos son alteradas por procesos posteriores a su emplazamiento, como colmataciones y compactaciones que disminuyen los huecos y sus conexiones, al tiempo que existen procesos de lixiviado, descompresión y fracturación que aumentan los huecos y discontinuidades.
- El buzamiento de las coladas de lava condiciona el movimiento horizontal de las aguas subterráneas, ya que estas se van moviendo a través de las escorias (de

techo o de base) o fisuras siguiendo el camino que le obliga la gravedad o diferentes estructuras impermeables (Figura 19).

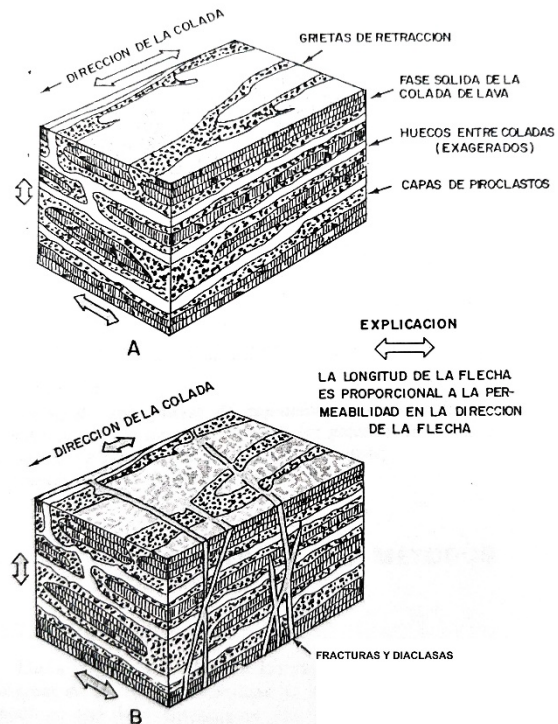


Figura 19. A. Características de una formación volcánica sin fracturas o diaclasas cuya permeabilidad es mayor en la dirección del flujo de la lava. B. Modificaciones introducidas en esa misma formación por la aparición de fracturas y diaclasas (basado en Takasaki y Valenciano, 1969 y en Custodio y Llamas, 1976).

- Otro elemento importante en la hidrogeología de los acuíferos asociados a materiales volcánicos son los paleosuelos o *almagres*, suelos con alto contenido en arcilla que al pasarle por encima una colada de lava los cuece haciéndolos impermeables. Por ello, se pueden asociar a manantiales, en función de la posición de estos y del movimiento del agua entre ellos. Estos suelos o paleosuelos, son fácilmente reconocibles en campo por su color rojizo.

Por último, tendríamos que hablar de las propiedades físicas y químicas de las aguas que circulan a través de materiales volcánicos, que está muy influenciada por las características

litológicas y estratigráficas descritas anteriormente de la formación volcánica que la contiene.

Estas características de las aguas varían de una zona a otra cercana, debido a la anisotropía y heterogeneidad de los depósitos volcánicos. Ello hace que el agua captada de una galería con respecto a otra cercana pueda variar notablemente en cantidad y calidad. Incluso puede haber zonas que se vean afectada por la presencia de gases endógenos profundos, de origen mantélico, principalmente CO<sub>2</sub>, dando lugar a los famosos hervideros y fuentes agrias que salpican todo el Campo de Calatrava, como la Fuente Agria y su baño en Piedrabuena (Figura 20).



Figura 20. Fuente Agria de Piedrabuena.

No hemos podido evaluar las características hidroquímicas de las aguas de las galerías de la Cueva del Castillo, solo contamos con la calificación de “aguas gordas o duras” proporcionada por Félix Ortega (com. pers.). Por aguas gordas o duras se conocen aquellas que llevan en disolución sales que han arrastrado a su paso por terrenos ricos en componentes solubles. Las principales características de estas aguas son un sabor fuerte que puede llegar a hacerlas desagradables para la bebida, a cortar el jabón o dejar duras las carnes cocidas con ellas. Precisamente en esto último se encuentra el origen del calificativo de “duras” que les ha dado nombre.



## RUTA. FUENTE Y ALISEDA DE LA ANGORRILLA (LOS POZUELOS DE CALATRAVA)

La última parte del Hidrogeodía consistirá en una ruta que nos llevará a la única aliseda existente entre Los Montes de Toledo y Sierra Morena, localizada en un punto muy singular, la Fuente de la Angorrilla, que se caracteriza porque en ella convergen cuatro términos municipales: Los Pozuelos de Calatrava, Abenójar, Cabezarados y Corral de Calatrava (Figura 21).



Figura 21. Mojón o hito divisorio de la Fuente de La Angorrilla.

La importancia de visitar esta zona a los efectos del Hidrogeodía es conocer y explicar el origen de esta aliseda única en una zona de transición entre las unidades naturales de Los Montes de Ciudad Real y el Campo de Calatrava.

Una aliseda cuya existencia consideramos ligada estrechamente al afloramiento de aguas subterráneas en el paraje de la Huerta del Guindalejo y, en concreto, en la Fuente de la Angorrilla.

Una aliseda es una formación arbórea ribereña integrada por el aliso común *Alnus glutinosa*, un árbol de la familia de las betuláceas extendido por Europa y el SO de Asia.

### El aliso, el árbol que sangra

El aliso común es un árbol que presenta una media altura (20-30 m), de color verde oscuro, fuerte por el haz y más claro por el envés, presentando un limbo redondeado (Figura 22). Una originalidad de sus hojas es que permanece verdes hasta su caída.



Figura 22. Ilustración de las hojas y semillas del aliso común del Prof. Dr. Otto Wilhelm Thomé. Fuente: Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, 1885.

El aliso común se propaga fácilmente por semillas, aunque emite abundantes chupones desde la raíz. Pronto pierde la raíz principal y desarrolla numerosas raíces secundarias oblicuas y otras terciarias verticales de anclaje fuerte, más profundas, lo que le permite resistir avenidas y riadas. En condiciones de inundación continuada produce raíces adventicias tiernas y ramificadas en el tronco.

En las raíces someras posee nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico lo que le permite

crecer en suelos pobres en nutrientes donde prosperan pocas especies de árboles.

El aliso necesita tener sus raíces permanentemente embebidas en agua, tolerando el encharcamiento periódico siempre que haya renovación de agua corriente. La madera es muy resistente en el agua y por eso se ha usado para realizar palafitos, como en Venecia, donde los cimientos de los edificios son de esta madera. Allá donde el agua pudre a otras maderas, a la de aliso la hace más fuerte, gracias a la mineralización del leño: van depositándose sales inorgánicas en el interior de las células lignificadas, lo que mejora notablemente sus propiedades. Además, se trata de una madera que arde mal.

En la mitología nórdica, el aliso es un símbolo de la resurrección, probablemente porque la madera pasa del blanco al rojo cuando es cortada, recordando a la sangre humana. Los primeros humanos de la mitología nórdica fueron creados a partir de fresnos y alisos.

Los indicadores ecológicos de esta especie, siguiendo los criterios de **Ellenberg et al.** (1991), consideran a esta especie como un taxón de ambientes de penumbra, que soporta un calor moderado, suelo encharcados y ricos en nitrógeno. No soporta la presencia de sales y los suelos deben ser débilmente ácidos (pH entre 4,5 y 7,5).

### **La aliseda de la Angorrilla, un relictos paleoclimático**

La aliseda de la Angorrilla (Figura 23) es hoy un relictos vegetal de un paleoclima desaparecido actualmente en nuestra latitud, que se correspondería con el actual clima atlántico-oceánico del norte de la península Ibérica.

Las alisedas se integran en un hábitat de interés prioritario recogido en el anexo I de la Directiva europea Hábitats: *los bosques aluviales residuales de la Europa templada (91E0)*. Este tipo de hábitat comprenden formaciones arbóreas y arborescentes hidrófilas dominadas en la península Ibérica

principalmente por abedules *Betula sp.*, alisos *Alnus glutinosa*, avellanos *Corylus avellana*, fresnos montanos *Fraxinus excelsior* o álamos negros *Populus nigra* que se instalan en cursos medios y altos de los ríos, siendo muy raras en la mitad sur peninsular (**Costa et al., 2005; Calleja, 2009**).



Figura 23. Vista aérea de la Aliseda de la Angorrilla, siguiendo el cauce del arroyo de Los Santiagos.

En la provincia de Ciudad Real aparecen alisedas en las unidades naturales de Los Montes de Toledo y en Sierra Morena, presentando una distribución residual en Los Montes de Ciudad Real (Luengo, 2006).

La existencia de este enclave se debe a una serie de factores geográficos y ecológicos, pero entre los que destacan por encima de todo es el papel que juegan las aguas subterráneas vinculadas a la intensa fracturación del relieve apalachense en esta zona.

Se sabe que este taxón es propio de climas húmedos, siendo su principal apetencia ecológica la existencia de precipitaciones constantes a lo largo del año o al menos sin un periodo de sequía (Rovira y Tous, 2004).

Siguiendo la clasificación de Köppen, nos encontramos en un clima Csa, mediterráneo continentalizado, con un verano seco y cálido y con grandes oscilaciones térmicas. La estación meteorológica más cercana es la de Abenójar, registrándose en ella 497 mm de precipitación media anual y 808,4 mm de evaporación media anual (Gosálvez, 2012) (Figura 24).

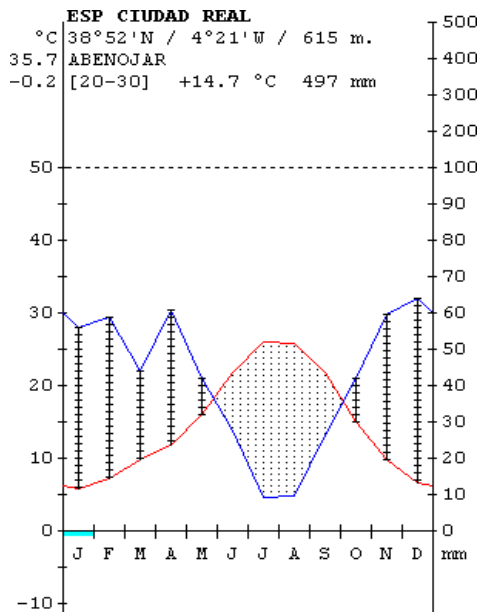


Figura 24. Datos climáticos estación meteorológica de Abenójar. Fuente: Rivas-Martínez y Rivas-Sáenz, 1996-2021

Queda claro que el clima actual de la zona no permite la supervivencia de la especie por falta de humedad, por lo que debe haber un mecanismo de compensación, siendo el existente en la aliseda de la Angorrilla la presencia de agua permanente en el cauce de los arroyos que alimentan a la fuente homónima, permanencia incluso en años extraordinariamente secos. Nuestra hipótesis es que el alumbramiento de las aguas subterráneas procedentes de la fracturación varisca y alpina del macizo de cuarcitas donde se asienta y que drena en la Fuente de la Angorrilla, lo que compensa el déficit de disponibilidad de agua en superficie y en la atmósfera.

La aliseda se dispone sobre una geología que, en gran medida, es la responsable de su existencia. El cauce principal se compone de depósitos de piedemonte disectados por la erosión fluvial, poco consolidados y con poca matriz, cuya procedencia se debe a la erosión de los relieves colindantes (Ortega y Sánchez, 1983).

El basamento que subyace bajo estos coluviones es la cuarcita armoricana, materiales que fueron afectados por la orogenia varisca, originando un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales que presentan

una densa red de fracturación que favorecen bloques levantados y hundidos, retocados posteriormente por la orogenia alpina y la neotectónica (García Rayego, 1995).

El arroyo principal que aúna a todos los de la zona es el Barranco de Los Santiagos, que discurre sobre una importante falla de dirección SO-NE, falla que es interceptada por otra de similares características que se dispone de manera transversal (orientación OSO-ESE). El cruce de las fallas principales coincide exactamente con el nacimiento de la Fuente de la Angorrilla, el manantial que da sustento a la aliseda (Figura 25 y 26).

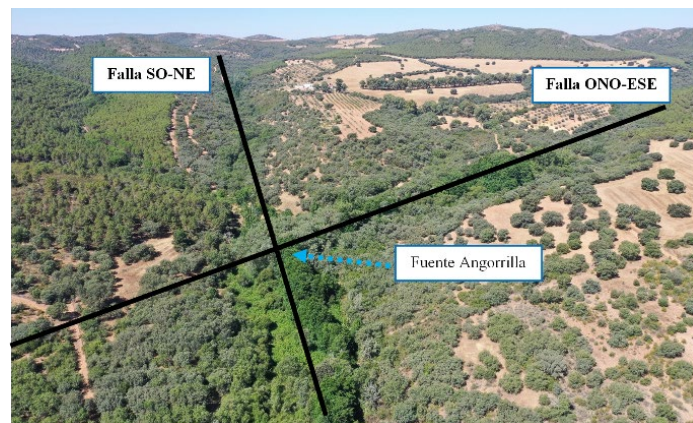


Figura 25. Sistema de fallas que controla la fuente de La Angorrilla y la aliseda asociada.

En estas circunstancias, los alisos aparecen entre los 550 y los 590 msnm, a lo largo de unos 1700 m de longitud, distribuyéndose irregularmente por el cauce de los arroyos estudiados en función de la potencia del coluvión que da sustento a la formación, pues las aguas se infiltran intermitentemente para volver a emerger unos metros más abajo, lo que provoca que existan tramos en los que apenas hay alisos, llegando incluso a desaparecer.

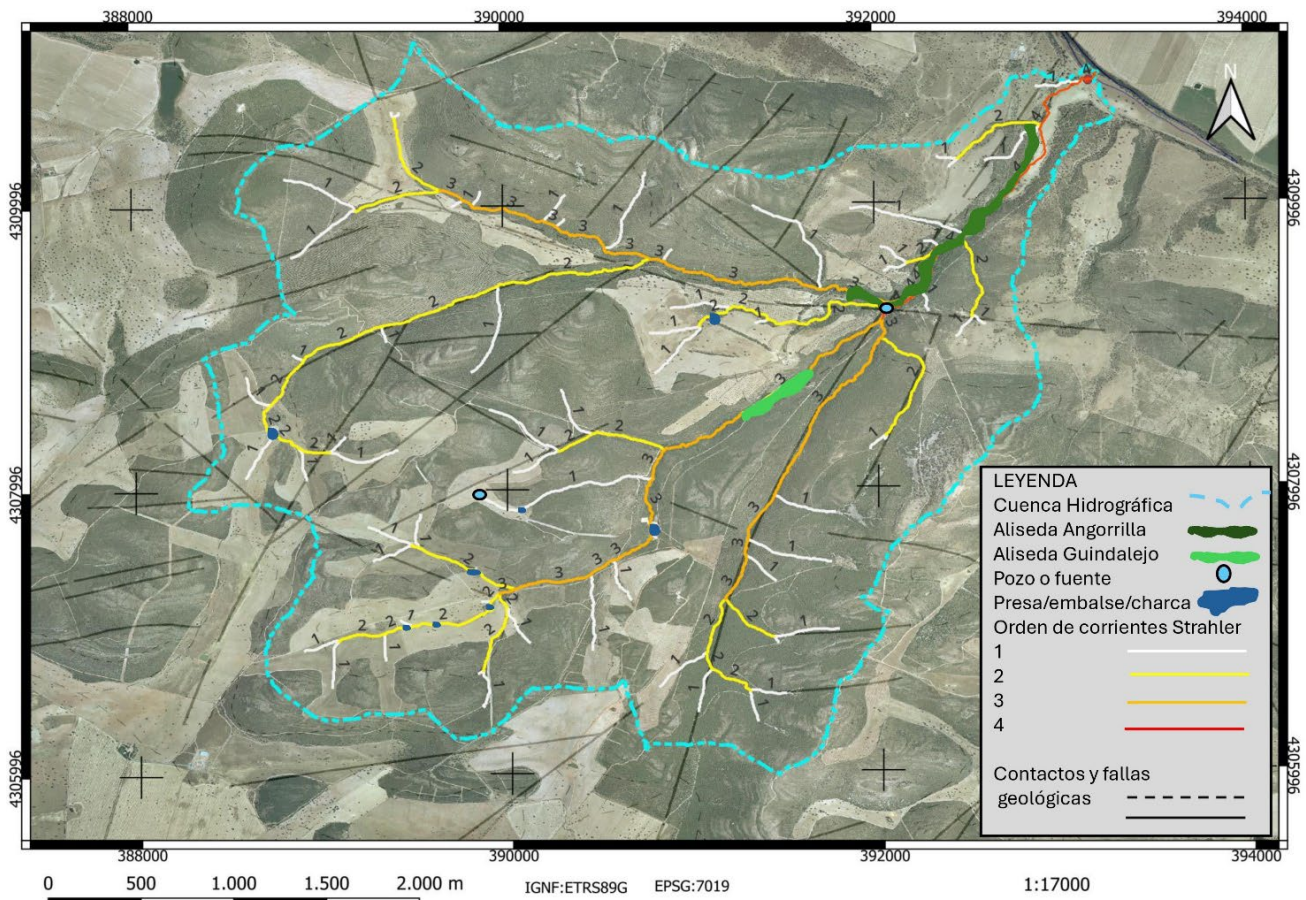


Figura 26. Cuenca hidrográfica y red de drenaje que drena al arroyo de los Santiagos. Se muestra el orden de las corrientes fluviales y se localizan las alisadas y pozos, fuentes, embalses y charcas existentes. Las fallas se presentan como líneas negras continuas.

La cuenca hidrográfica es pequeña, drenando una superficie (A) de 16,07 km<sup>2</sup>, presentando un perímetro (P) de 21,44 km, y un relieve (H) moderado (desnivel de 299,46 m). El Ratio de Elongación (Re) de la cuenca es de 58,22 (forma circular) y el Ratio de Circularidad (Rc) es de 0,44 (forma elongada). La pendiente media es de 11,3° (20%). La cuenca presenta una densidad de drenaje (Dd) de 2,55 km/km<sup>2</sup> y una textura de drenaje (Dt) de 5,83, lo que nos indica una textura de drenaje fina. La frecuencia de corrientes (Fs) es de 7,78 km/km<sup>2</sup>, muy alta. El Orden de cauces, siguiendo a Strahler, es de 4. La longitud media de las corrientes (Lm) es de 0,33 km. La Ratio de bifurcación (Rb) es baja, de 1,98, lo que nos informa de una litología uniforme y pendientes suaves. La longitud del flujo superficial (Lo) es de 0,2 km, lo que indica una alta densidad de

drenaje. El número de corrientes identificadas es de 125, con una longitud total de 40,96 km. La longitud, sinuosidad y el gradiente del canal principal es de 2,57 km, 33,03 y de 116,68 m/km, respectivamente, lo que nos indica un canal de tipo serpenteante y de alto gradiente.

Peinado (2008) sugiere que el aliso se instala únicamente en cauces que no se secan en verano, como podemos apreciar en estos arroyos. Por ello esta alisada se presenta fragmentada en función de que las aguas circulen en superficie o de manera subsuperficial, pues a pesar de que el arroyo no se seca, la disminución de caudal durante el estío afecta al flujo de agua en superficie.

La separación ecológica entre las alisadas y otras formaciones parece deberse a la regularidad del flujo hídrico, pues en las zonas que experimentan estiaje más acusado son las saucedas, pobedas y fresnedas las que se imponen (Peinado, 2008).

La aliseda de la Angorrilla fue descubierta desde el punto de vista botánico por el geógrafo Enrique Luengo a finales de la década de 1990 (Luengo, 2006). Posteriormente ha sido estudiada en profundidad por Buitrago Bravo (2021) y Buitrago Bravo et al. (2022).

Esta formación arbórea ocupa en la actualidad una superficie de algo menos de 4 ha, albergando una población que se ha estimado en 1200 individuos, con una distribución espacial lineal, vinculada a las riberas del barranco de Los Santiagos y su afluente el arroyo de Cerro Enebro.

Los parámetros biométricos de la población se presentan en la Tabla I y su estructura demográfica en la Figura 27, denotando esta última que estamos ante la presencia de un bosque maduro con algo de reclutamiento de nuevos individuos.

|                   | A (m) | Pb (cm) | Db (cm) | P130 (cm) | D130 (cm) |
|-------------------|-------|---------|---------|-----------|-----------|
| Media             | 12,1  | 41,3    | 129,7   | 33,4      | 105,0     |
| Mediana           | 12,0  | 41,7    | 131,0   | 33,4      | 105,0     |
| Moda              | 15,0  | 29,6    | 93,0    |           |           |
| Desviación típica | 3,7   | 20,3    | 63,7    | 14,3      | 44,9      |
| Varianza          | 13,8  | 411,2   | 4058,6  | 204,1     | 2014,7    |
| Curtosis          | 0,4   | 5,8     | 5,8     | 5,8       | 5,8       |
| Sesgo             | -0,5  | 1,6     | 1,6     | 1,3       | 1,3       |
| Rango             | 15,0  | 103,1   | 324,0   | 75,8      | 238,0     |
| Mínimo            | 3,0   | 3,5     | 11,0    | 2,5       | 8,0       |
| Máximo            | 18,0  | 106,6   | 335,0   | 78,3      | 246,0     |

Tabla I. Parámetros biométricos de la aliseda de La Angorrilla. A: Altura; Pb: Perímetro en la base; Db: Diámetro en la base; P130: Perímetro a 130 cm; D130: Diámetro a 130 cm. Fuente: Buitrago Bravo (2021).

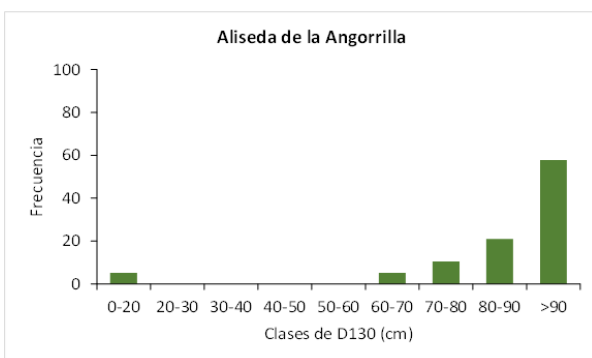


Figura 27. Estructura demográfica de las distintas formaciones vegetales estudiadas. Fuente: Buitrago Bravo (2021)

La aliseda presenta una gran vitalidad y un inmejorable estado de conservación, mejor que otras formaciones arbóreas ribereñas cercanas que también han sido estudiadas por

Buitrago Bravo (2021) y Buitrago Bravo et al. (2022).

Este buen estado se ve favorecido por los abundantes recursos hídricos de que dispone y por la protección que le otorga la orla espinosa (principalmente zarzas *Rubus ulmifolius*) que se ha desarrollado en su seno.

Dado que la distribución de las especies no es homogénea a lo largo de la aliseda, esta se puede compartimentar para su análisis en tres partes (Luengo, 2008):

- **Aliseda alta:** desarrollada en el arroyo del Cerro del Enebro, de orientación E, ocupando unos 2000 m<sup>2</sup>, siendo una formación de alisos cerrada y cercada por una orla espinosa, cuyo sombrío interior presenta un suelo despejado de cobertura arbustiva y con escasa vegetación herbácea, siendo masivos los grandes narcisos, cárices y juncos.
- **Aliseda media:** ya en el arroyo de los Santiagos, aguas abajo de la reunión de los arroyos Cerro del Enebro, Guindalejo y La Angorrilla, presentando orientación N. Es bosque galería lineal e impenetrable, que apenas deja pasar la luz a su interior.
- **Aliseda baja:** que presenta los alisos en núcleos dispersos, impenetrables y con una impresionante comunidad lianoide de trepadoras (madreselvas, clemátides, parras y zarzales).

Aunque la distribución de las especies no es homogénea a lo largo de la aliseda, *Clematis campaniflora*, *Iris phoetidissima* e *Iris pseudoacarus* solo aparecen bien representadas en la zona inferior. La planta que mejor definiría a esta aliseda sería el abundantísimo *Narcissus hispanicus* (Figura 28), que presenta unas densidades importantes, fuero de lo habitual en la región. También se caracteriza por la presencia de la enorme *Carex pendula*, que se encuentra en su límite centro-oriental de distribución.



Figura 26. *Narcissus hispanicus* en flor en marzo de 2025.

Un inventario sintético es difícil pues hay diferencias entre las tres partes de la aliseda, por lo que presentamos una para la formación principal, la aliseda alta y otro para la aliseda media baja (Luengo, 2006).

#### **Inventario de la aliseda alta:**

Interior: *Alnus glutinosa* 5, *Salix atrocinerea* +, *Rubus ulmifolius* +, *Erica lusitanica* +, *Lonicera hispanica* +, *Narcissus hispanicus* 4, *Prunella vulgaris* 1, *Galium broterianum* 1, *Galium palustris* +, *Hypericum undulatum* 1, *Lotus corniculatus* +, *Carex pendula* +, *Carex lusitanica* 1, *Carex distachya* +, *Eleocharis palustris* 1, *Juncus acutifolius* 1, *Myosotis repanda* +

Orla: *Alnus glutinosa* 1, *Salix atrocinerea* 2, *Populus alba* +, *Quercus broteroi* 2, *Q. rotundifolia* 1, *Q. coccifera* +, *Vitis sylvestris* +, *Rubus ulmifolius* 3, *Rosa canina* 1, *Phillyrea angustifolia* 1, *Erica arborea* 1, *Lonicera hispanica* 3, *Pteridium aquilinum* 2, *Narcissus hispanicus* 2, *Molinia caerulea* 1, *Brachypodium sylvaticum* 1, *Tamus communis* 1, *Bryonia dioica* +, *Teucrium scorodonia* +

Pie de ladera: *Quercus rotundifolia* 2, *Q. broteroi* 1, *Crataegus monogyna* 1, *Phillyrea angustifolia* 1, *Arbutus unedo* +, *Erica lusitanica* +, *E. australis* +, *Ruscus aculeatus* 1, *Cistus salvifolia* +, *C. monspeliensis* +, *C. ladanifer* +, *Halimium halimifolium* +, *Paeonia officinalis* 1, *Magdalis panacifolia* 1, *Teucrium scorodonia* 1, *Geum sylvaticum* 1, *Doronicum plantagineum* 1, *Tamus communis* 1, *Bryonia dioica* +, *Anemone palmata* +, *Umbilicus horizontalis* +, *Clinopodium vulgare* +, *Sesamoides purpurascens* +

#### **Inventario tipo para la aliseda inferior:**

Aliseda: *Alnus glutinosa* 3, *Quercus broteroi* 1, *Salix atrocinerea* 1, *Rubus ulmifolius* 2, *Pteridium aquilinum* 2, *Lonicera hispanica* 1, *Ruscus aculeatus* 1, *Clematis campaniflora* +, *Narcissus hispanicus* 3, *Iris phoetidissima* +, *I. pseudoacarus* +, *Lythrum salicaria* 1, *Molinia caerulea* 2, *Carex pendula* 1, *Brachypodium sylvaticum* 1

Orla: *Alnus glutinosa* 1, *Quercus broteroi* 2, *Rubus ulmifolius* 3, *Pteridium aquilinum* 2, *Clematis campaniflora* 2, *Lonicera hispanica* 2, *Vitis sylvestris* 2, *Rosa canina* 1, *Paeonia officinalis* +, *Teucrium scorodonia* 1, *Tamus communis* 1, *Vincetoxicum nigrum* +

## ORGANIZADORES DEL HIDROGEODÍA 2025

### **Coordinador:**

Dr. Rafael Ubaldo Gosálvez Rey  
Maestro de E. Primaria y Geógrafo

### **Autores de la Guía:**

Dr. Rafael Becerra Ramírez  
Geógrafo

Pedro Pablo Buitrago Bravo  
Geógrafo

Dra. Estela Escobar Lahoz  
Geógrafa

Dr. Máximo Florín Beltrán  
Hidroecólogo

Dra. Elena González Cárdenas  
Geógrafa

Dr. Rafael Ubaldo Gosálvez Rey  
Maestro de E. Primaria y Geógrafo

D. Enrique Luengo Nicolau  
Geógrafo

### **Colaboradores:**

Adrián Navas Berbel  
Maestro de Educación Primaria

Beatriz Morales Pérez  
Educatora ambiental

## NOTAS ORGANIZATIVAS

La organización se reserva el derecho a realizar **cambios tanto en las paradas como en la fecha de celebración de la salida de campo** según las condiciones de accesibilidad a los recursos y a las circunstancias meteorológicas, incluso a suspenderlo si fuera necesario.

**La organización dispone de seguro de accidentes y de responsabilidad civil.**

Los **menores de edad** (no se recomienda para menores de 6 años) deberán asistir acompañados por un padre, madre o tutor, que será responsable de los mismos y de sus actos.

Se recomienda a todos los participantes el uso de ropa y calzado adecuado para transitar por pistas, y llevar comida y bebida para comer en el campo.

Durante el Hidrogeodía se tomarán fotografías y vídeos que podrán utilizarse con fines divulgativos y publicitarios de la actividad, pero no con fines comerciales. La asistencia al Hidrogeodía implica la aceptación de estos términos, es decir la cesión gratuita y voluntaria de los derechos de imagen durante la realización de esta actividad.

## AGRADECIMIENTOS

- Félix Ortega Albalate
- Raúl Muñoz Fernández
- Excmo. Ayuntamiento de Piedrabuena
- Geoparque “Volcanes de Calatrava. Ciudad Real”
- Asociación de Desarrollo Entreparkes

## PARA SABER MÁS....

Ancochea, E. (1983). *Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España Central*. Colección Tesis Doctorales n° 203/83. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Ancochea Soto, E. y Huertas Coronel, M.J. 2021: Radiometric ages and time-space distribution of volcanism in the Campo de Calatrava Volcanic Field (Iberian Peninsula). *Journal of Iberian Geology*, 47 . pp. 209-223.

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.

Benítez-Navío, A. y Pulido-Bosch, A. 2010: Consideraciones hidrogeológicas sobre el Campo de Calatrava (Ciudad Real), En González Cárdenas, E., Escobar Lahoz, E., Becerra Ramírez, R., Gosálvez Rey, R.U. y Dóniz Páez, J. *Aportaciones Recientes en Volcanología, 2005-2008*, pág. 83-89. Centro de Estudios Calatravos, Ciudad Real.

Bergamín, J.F., y Carbo, A. 1986: Discusión de modelos para la corteza y manto superior en la zona sur del área centro-ibérica, basados en anomalías gravimétricas. *Estudios Geológicos*, 42, 143-146.

Büchel, G. 1993: Maars of the Westeifel, Germany, en Negendank, J.F.K. y Zolitschka, B. (eds.). *Paleolimnology of European Maar Lakes*, pp. 1-13. Springer-Verlag.

Buitrago Bravo, P.P. 2021: *Bosques aluviales relictos (Hábitat 91 E0) en los Montes de Ciudad Real: el avellanar del Campillo, el abedular de Valdelapedriza y la aliseda de La Angorrilla*. Memoria de TFG. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio (UCLM).

Butrago Bravo, P.P., Luengo Nicolau, E., Gosálvez Rey, R.U. 2022: Bosques aluviales residuales (Hábitat 91E0) en Los Montes de Ciudad Real (Castilla-La Mancha): distribución, factores geoecológicos y estado de conservación, en Beato Bergua, S. et al. *La naturaleza atlántica: hábitats, patrimonio y vulnerabilidad*, pp.: 217-226. Delallama Editorial.

Büttner, R., Dellino, P., La Volpe, L., Lorenz, V., y Zimanowski, B. 2002: Thermohydraulic explosions in phreatomagmatic eruptions as evidenced by the comparison between pyroclasts and products from Molten Fuel Coolant Interaction experiments. *Journal of Geophysical Research*, 107, B11-2277

Calleja, J.A. 2009: “91E0 Bosques aluviales arbóreos y arborescentes de cursos generalmente altos y medios, dominados o codominados por alisos (*Alnus glutinosa*), fresnos de montaña (*Fraxinus excelsior*), abedules (*Betula alba* o *B. pendula*), avellanos (*Corylus avellana*) o álamos negros (*Populus nigra*)”, en VV.AA. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Cebriá Gómez, J.M. 2002: *Geoquímica de las rocas basálticas y leucititas de la región volcánica de Campo de Calatrava, España*. Tesis doctoral. UCM, Madrid.

Cebriá, J.M., Martín-Escorza, C., López-Ruiz, J., Morán-Zenteno, D.J., y Martiny, B.M. 2011: Numerical recognition of alignments in monogenetic volcanic areas: Examples from the Michoacán-Guanajuato Volcanic Field in Mexico and Calatrava in Spain. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 201, 73-82.

Cosa, M., Moral, C. y Sanz, H. (Eds.). 2005: *Los Bosques Ibéricos. Una interpretación geobotánica*. 2ª Edición. Barcelona, Ed. Planeta.

Crowe, B.M. y Fisher, R.V. 1973: Sedimentary structures in base-surge deposits with special reference to cross-bedding, Ubehebe craters, Death Valley, California. *Geological Society of America Bulletin*, 84, 663-682.

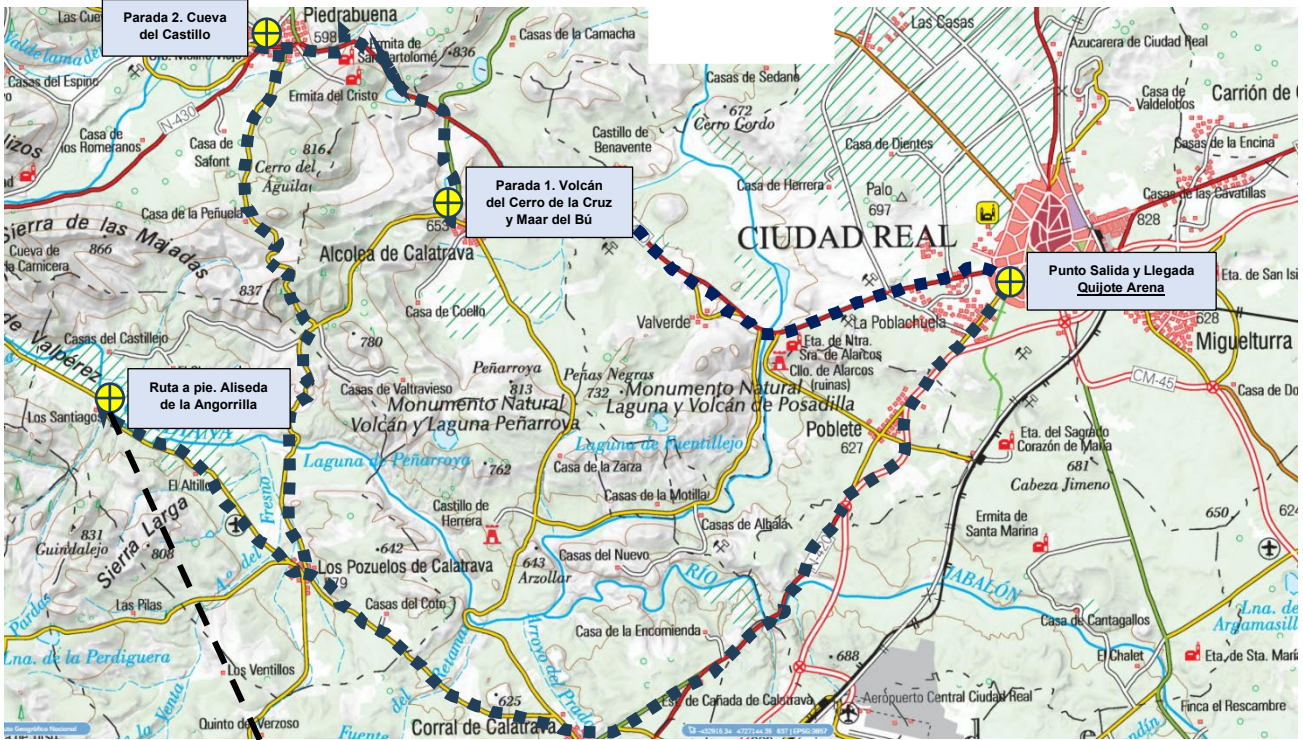
Escobar Lahoz, E. 2016: *Aprovechamiento de los recursos volcánicos: mediterráneo central (Italia peninsular), mediterráneo occidental (Campo de Calatrava) y entorno atlántico (Islas Canarias)*. Tesis doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.

Escobar Lahoz, E., Becerra Ramírez, R., Gosálvez Rey, R.U. y González Cárdenas, E. 2002: *Ciudad Real, magma y agua*. Editorial Serendipia, Ciudad Real.



- Florín Beltrán, M. 2012: Los bonales de Montes Norte: máquina del tiempo y puerta a otro mundo, en Gosálvez Rey, R.U. et al. *Montes Norte. Patrimonio natural y divulgación ambiental de un territorio singular*, pp.: 111-131. Asociación de Desarrollo Montes Norte
- González de Vallejo, L. 2002: *Ingeniería geológica*. Pearson/Prentice Hall, Londres.
- Gallardo Millán, J.L. 2005: *Evolución geodinámica de las cuencas meridionales de Campo de Calatrava (Almodóvar, Puertollano y Calzada) en relación con el volcanismo reciente*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas (UCM), Madrid.
- De Goër, A. (ed.). 1994: *Volcanology of the Chaîne des Puys*. Parc Natural Régional des Volcans d’Auvergne.
- González, E., Gosálvez, R.U., Becerra-Ramírez, R. y Escobar, E. 2007: Actividad eruptiva holocena en el Campo de Calatrava (Volcán Columba, Ciudad Real, España), en J. LARIO y G. SILVA (eds.) *Contribuciones al estudio del período cuaternario*. pp. 143-144. Ávila, España: AEQUA.
- Gosálvez Rey, R.U. 2011: *Análisis Biogeográfico de las lagunas volcánicas de la Península Ibérica. Bases científicas para su gestión*. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.
- Gosálvez Rey, R.U., González Cárdenas, E., Becerra Ramírez, R. y Escobar Lahoz, E. 2020: Magma y agua, una mezcla explosiva, en Escobar Lahoz, E., Becerra Ramírez, R., Gosálvez Rey, R.U. y González Cárdenas, E. *Ciudad Real, magma y agua*, pp. 133-210. Editorial Serendipia, Ciudad Real.
- Granja Bruña, J.L., Vegas, R., Sentre Domingo, M.A., Muñoz-Martín, A. y Sainz-Maza Aparicio, S. 2015: Gravity modeling of the lithosphere in the Calatrava Volcanic Province (Spain): geodynamic implications. *Journal of Iberian Geology*, 41(2): 233-252.
- Izquierdo Benito, R. (1989): Los cementarios de la ciudad hispanomusulmana de Vascos, en *III Congreso de Arqueología Medieval*, Tomo II, 391-396. Oviedo.
- López Ruiz, J., Cebriá, J.M., Doblás, M., Oyarzum, J., Hoyos, M., y Martín, C. 1993: Cenozoic intra-plate volcanism related to extensional tectonics at Calatrava, Central Iberia. *Journal of the Geological Society*, 150, 915-922
- Luengo, E. (2006): “Comunidades vegetales atlánticas sobresalientes de los Montes de Ciudad Real, la aliseda de Angorrilla y el avellanar de Campillo”. *Boletín de ARBA*, 17, 45-50.
- Molina, E. 1975: *Estudio del Terciario Superior y del Cuaternario del Campo de Calatrava. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*. Sección de paleontología de vertebrados y Humana-CSIC, Madrid.
- Navarro Palazón, J. (1985): El cementerio islámico de San Nicolás de Murcia, en *I Congreso de Arqueología Medieval*, Tomo IV, 7-37. Huesca.
- Moore, J.G. 1967: Base surge in recent volcanic eruptions. *Bulletin of Volcanology*, 30, 335-363.
- Morales García, L. y Urquiaga Cela, D. 1999. La Maqbara de Alcolea de Calatrava (Ciudad Real), en *II Congreso de Arqueología Peninsular*, Vol. 4:577-581. Zamora.
- Peral Bejarano, C. (1995): Excavación y estudio de los cementerios urbanos andalusíes. Estado de la cuestión, en *Estudios sobre cementerios islámicos andalusíes*, Málaga, 11-36.
- Poblete Piedrabuena, M.A. 1994: *El relieve volcánico del Campo de Calatrava (Ciudad Real)*. Ed. Universidad de Oviedo y JCCM, Oviedo.
- Poblete Piedrabuena, M.A., Martí, J., Beato, S., y Marino, J.L. 2019: 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, 52-64.
- Sheridan, M.F. y Wohletz, K.H. 1981: Hydrovolcanic explosions: the systematics of water-pyroclast equilibrium. *Science*, 212, 1387-1389.
- Waters, A.C., y Fisher, R.V. 1971: Base surge and their deposits: Capelinhos and Talla Volcanoes. *Journal of Geophysical Research*, 76, 5596-5614.
- Wohletz, K.H. (1993). Hidrovolcanismo. *La Volcanología actual*, pp. 99-193.
- Web: *Campo de Calatrava, Los volcanes*. Elena González Cárdenas. GEOVOL-UCLM. <https://volcanescalatrava.web.uclm.es/>

**MAPA DE LA RUTA. HIDROGEODÍA CIUDAD REAL 2025**



## **NOTAS**

# HIDROGEODÍA 2025 Ciudad Real

COLABORA

CON LA AIH-GE Y EL PROGRAMA 'APADRINA UNA ROCA'  
PARA MEJORAR LA PROTECCION DEL PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO

¿QUIERES  
COLABORAR?

