

El valle del río Fardes y la Estación paleontológica de Fonelas: un laboratorio del Cuaternario

The Fardes River Valley and the Paleontological Station at Fonelas: a Quaternary lab

ALFONSO ARRIBAS, GUIOMAR GARRIDO, CARLOS LORENZO Y JOSÉ ANTONIO GARRIDO

Estación paleontológica Valle del río Fardes, Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas, 23, 28003, Madrid. E-mail: a.arribas@igme.es

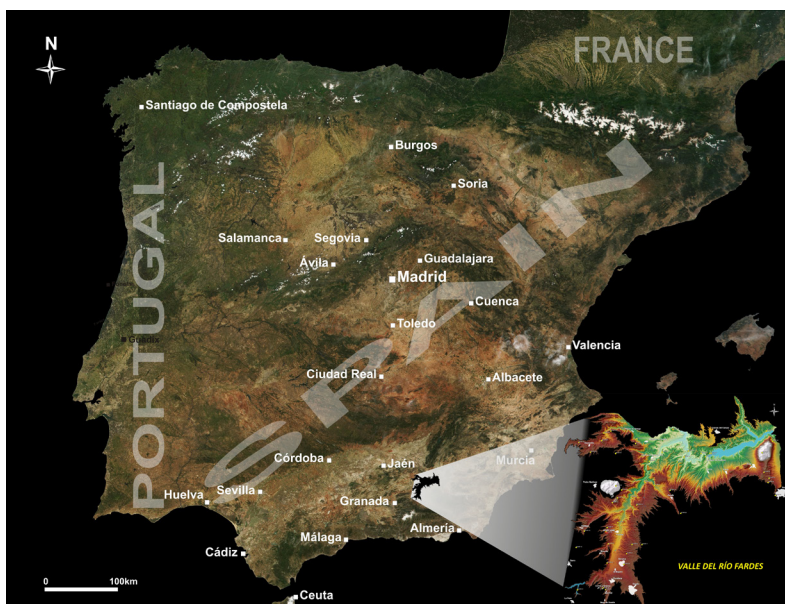
Resumen La provincia de Granada, gracias a la evolución de un río durante los últimos cinco millones de años, cuenta con algunos de los paisajes y registros fósiles y estratigráficos cuaternarios más singulares y extensos de Europa. Por estos motivos, se va a presentar la candidatura como Proyecto de Geoparque Mundial de UNESCO, con la denominación de “Geoparque del Cuaternario. Valles del norte de Granada” promoviendo el desarrollo sostenible a partir de su patrimonio geológico de relevancia internacional del periodo Cuaternario. Este territorio se propone como un laboratorio natural para la divulgación y la docencia de las ciencias de la naturaleza, con aplicación directa para varias asignaturas de primaria, ESO, bachillerato y universidad.

Palabras clave: Cuaternario, geoparque, Granada, río Fardes, valle.

Abstract *The province of Granada, thanks to the evolution of a river during the last five million years, has some of the most unique and extensive Quaternary landscapes and records in Europe. For these reasons, the candidacy will be presented as a UNESCO Global Geopark Project, with the denomination “Quaternary Geopark. Valleys of the north of Granada” that promote the local sustainable development from its Quaternary geoheritage of international relevance. This territory is proposed as a natural laboratory for teaching and outreach of natural sciences, with direct application for primary, secondary and university subjects.*

Keywords: Quaternary, Geopark, Granada, Fardes river, valley.

Fig. 1. Localización geográfica, en el ámbito de la península Ibérica, del valle del río Fardes.



INTRODUCCIÓN

En la Hoya de Guadix (provincia de Granada) las rocas guardan el espectacular testimonio de una historia geológica que nos permite conocer la evolución de un río durante, al menos, los últimos 5 millones de años (Fig. 1). El protagonista de esta historia geológica continental es el río paleo-Fardes, cuyo legado en el tiempo es el actual río Fardes. A lo largo de su existencia es posible reconocer dos etapas. La primera, que se inicia como fecha más reciente hace unos 5,3 millones de años, fue continental endorreica. En ella se comienzan a depositar sedimentos mayoritariamente fluviales sobre un basamento del Mesozoico (con rocas del Triásico, Jurásico y Cretácico) y sobre rocas de un periodo marino previo del Paleógeno y del Neógeno (Mioceno Superior en su parte más significativa) hasta la colmatación de la cuenca en el inicio del Pleistoceno medio. Posteriormente, hace unos 450.000 años, comienza la segunda etapa, esta vez

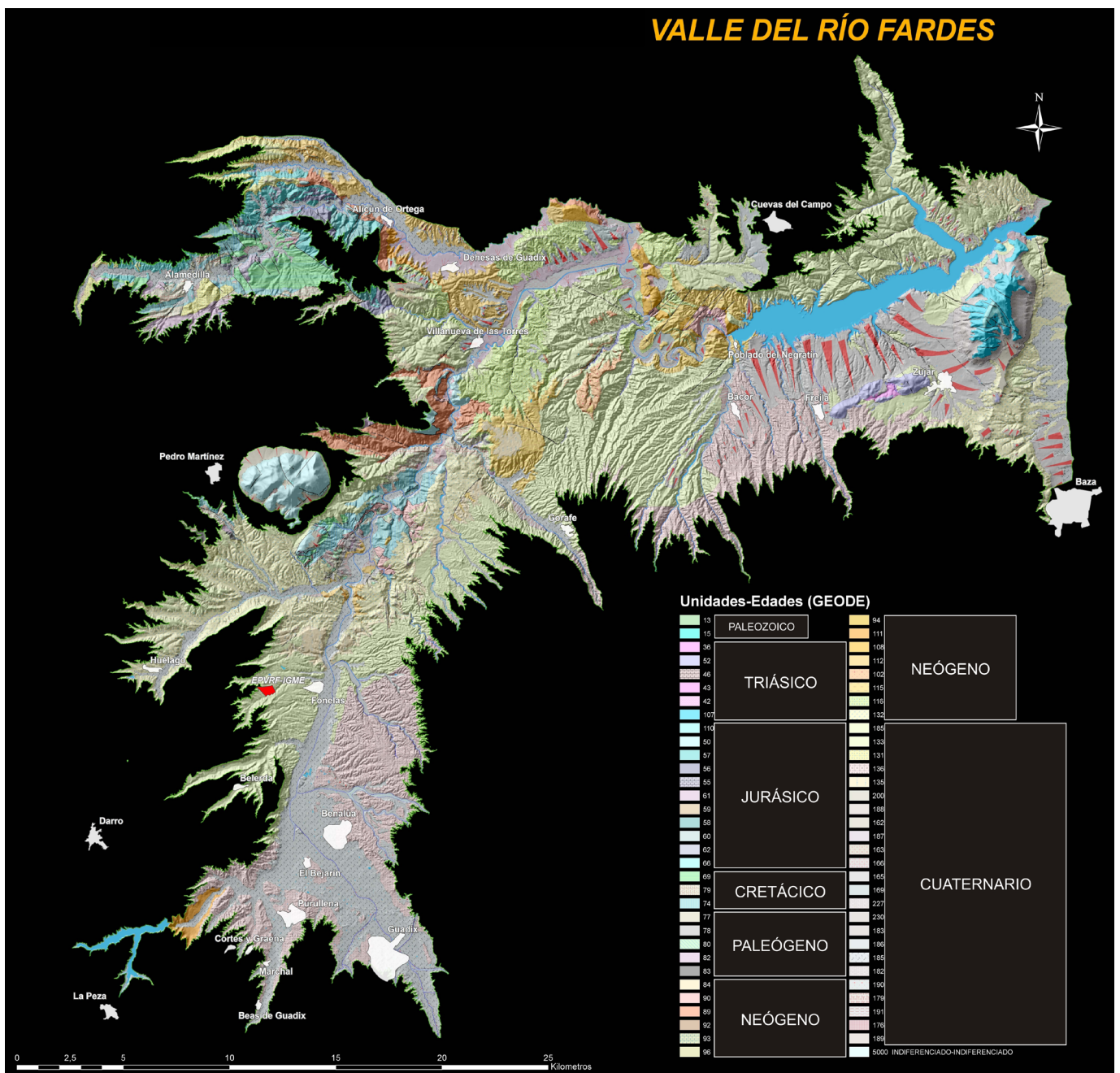
exorreica, en la que se erosionan a través del río Fardes parte de las rocas del Cuaternario antiguo formadas con anterioridad, e incluso las del basamento, y se genera el modelado actual del paisaje. Debido a esta segunda etapa el paisaje de la Hoya de Guadix ha quedado configurado por decenas de miles de cárcavas que exponen las rocas del Cuaternario y de periodos geológicos previos, lo que nos permite acceder a una singular historia geológica de los últimos 250 millones de años, que incluye una parte significativa del registro fósil.

Por tanto, en el actual valle del río Fardes (Fig. 2) afloran rocas sedimentadas por este mismo río durante los últimos 5 millones de años (antiguas llanuras fluviales habitadas por un conjunto espectacular de grandes mamíferos); rocas marinas de antiguos deltas y arrecifes de hace 8 millones de años (cuando el océano Atlántico estuvo comunicado con el mar Mediterráneo a través del corredor marino Nord-Bé-

tico); rocas marinas del Paleógeno; y unidades marinas abisales del Cretácico y de plataforma somera del Jurásico (del mar de *Tethys*), un amplio intervalo de tiempo mesozoico cuando en esta parte del planeta se estaban separando dos placas tectónicas (*rifting*) y cuyo testimonio más directo son las ingentes extensiones de lavas basálticas almohadilladas que hoy conforman montañas en zonas concretas del valle.

Como se ha comentado, al inicio del Pleistoceno medio la cuenca de Guadix quedó colmatada por sedimentos, y poco después pasó a ser exorreica al ser capturada por el río Guadalquivir a través del río Guadiana Menor. A partir de ese momento y hasta la actualidad, el río Fardes y sus tributarios erosionan de forma muy activa las rocas, mayoritariamente detríticas, sedimentadas por su “ancestro fluvial”, generando un extenso paisaje en cárcavas (desarrolladas sobre rocas principalmente del Plio-Pleistoceno, pero también en bentonitas del Cretácico en áreas donde el encaja-

Fig. 2. Mapa geológico (unidades-edades GEODE-IGME) del valle del río Fardes con el MDT (Modelo Digital del Terreno) superpuesto, territorio considerado en el proyecto inicial de Geoparque de la UNESCO.



miento erosivo llega hasta los 400 metros de profundidad) maravillosamente conservado y con una escasa influencia antrópica en el conjunto de su paisaje.

El Valle del río Fardes ocupa, por tanto, un territorio geológico y natural que contiene el testimonio pétreo de la historia geológica del río Fardes, cuya sedimentación fluvial (a la que se asocian en su evolución espacial y temporal depósitos de antiguos abanicos aluviales y de sistemas palustres y lacustres) ha generado un espesor medio de 100 m de rocas del Cuaternario (Pleistoceno inferior en su mayoría), tratándose de la mayor extensión de rocas del Pleistoceno inferior de Europa y con mayor espesor. Este antiguo río nacía donde hoy día nace su “sucesor”, en la actual sierra de Huétor, desembocando durante su primera etapa en la cuenca lacustre de Baza (que fue su nivel de base durante dicha etapa endorreica), al norte del cerro Jabalcón, siendo condicionado en el tiempo por la evolución de la falla de Baza (situada al este de dicho cerro o inselberg). Las rocas de este río albergan en su seno multitud de yacimientos paleontológicos de vertebrados (60 localidades) que nos hablan sobre la evolución biológica y ambiental durante el Pleistoceno inferior (Cuaternario basal) en este contexto europeo (Arribas, 2008; Arribas *et al.*, 2009; Garrido y Arribas, 2014; Pérez-García *et al.*, 2017).

En este punto destaca el yacimiento paleontológico de Fonelas P-1 (patrimonio geológico salvaguardado en la Estación paleontológica Valle del río Fardes del IGME; EPVRF; Fig. 3), que nos permite conocer de forma íntegra el excepcional ecosistema de vertebrados continentales que habitaron en Europa occidental hace dos millones de años. Este ecosistema desaparecido, del que no se tenía noticia en la historia del planeta, se encuentra registrado en una unidad de tan sólo 20 cm de espesor, constituyendo otra gran excepcionalidad del registro fósil. En la Estación paleontológica se puede aprender sobre: paleontología de vertebrados continentales del Cuaternario, estratigrafía y sedimentología fluvial, magnetoestratigrafía e historia geológica de este contexto geográfico. De hecho, durante toda la extensión temporal del Cuaternario (2,588 millones de años de duración) el río paleo-Fardes sedimentó y generó yacimientos paleontológicos durante el 80% de ese intervalo de tiempo, mientras que su heredero fluvial (el río Fardes) lleva erosionando e incidiendo en el paisaje el 20% de tiempo restante, el más reciente.

Fig. 3. Vista general de la Estación paleontológica valle del río Fardes (IGME) que comprende todo el terreno que se observa en la imagen. En esta zona de Reserva geológica se conserva una parte importante del relleno continental Cuaternario de la Cuenca de Guadix y el yacimiento paleontológico Fonelas P-1.



Por todo ello, el Proyecto de Geoparque de la UNESCO *Geoparque del Cuaternario Valles del norte de Granada* quedaría en parte constituido por los territorios en los que el río Fardes evolucionó geológicamente (en los que se puede hacer la lectura de su evolución geológica y paleobiológica), quedando delimitado en su fase inicial por la extensión geográfica de su desarrollo físico en el tiempo, como se expone a continuación.

SINGULARIDADES GEOLÓGICAS QUE DEFINEN EL VALLE DEL RÍO FARDES

Las características generales del territorio considerado son:

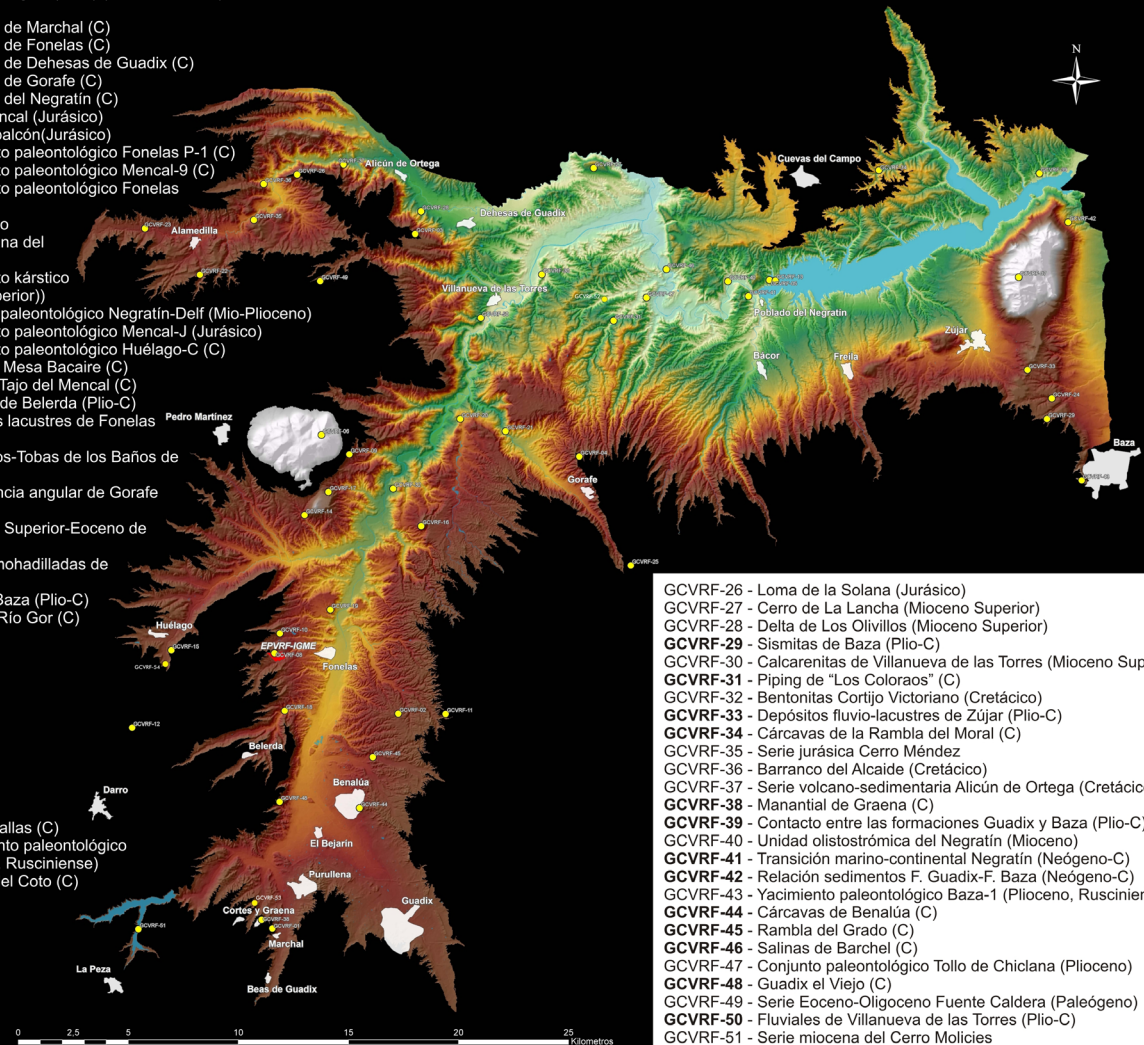
- Unidad geoestructural: Depresión postorogénica.
- Periodos geológicos representados (geodiversidad): Mesozoico (Triásico, Jurásico y Cretácico; en basamento e inselbergs); Cenozoico (Paleógeno y Neógeno, con Mioceno marino y Plioceno continental; Cuaternario continental con unidades endorreicas y exorreicas). Estos periodos geológicos corresponden a 33 tramos de edades geológicas del proyecto GEODE-IGME.
- Rocas representadas (geodiversidad): todo el cortejo de rocas sedimentarias, tanto detríticas como químicas, además de rocas volcánicas y metamórficas. Las rocas corresponden a 65 conjuntos de unidades litológicas del proyecto GEODE-IGME.
- 54 Lugares de interés geológico (LIG, Fig. 4) provisionales en el territorio cuyos Tipos de interés geológico principal son: geomorfológico, paleontológico, paleoclimático, estratigráfico, sedimentológico, hidrogeológico, petrológico, geoquímico, tectónico, procesos geológicos activos, magnetoestratigráfico, geología histórica y volcánico.
- Sistemas morfo-genéticos actuales: predomina en extensión el sistema denudativo, estando bien representados los sistemas estructural-denudativo y el sistema fluvial. Las formas antrópicas están restringidas a los núcleos urbanos y a los embalses de Francisco Abellán y Negratín.
- Unidades geomorfológicas: la predominante en extensión superficial y desarrollo en la vertical son cárcavas (badlands). Es la unidad más singular y extensa del territorio. También se desarrollan en el paisaje cerros sobre conglomerados y areniscas, colinas cónicas, mesas/cerros estructurales, cañones, barrancos, relieves residuales volcánicos, lecho fluvial actual y llanura de inundación, rambla, inselberg, sistemas kársticos y glaciares, entre otros.
- Unidades edafológicas de los suelos dominantes: regosoles calcáreos y regosoles éutricos; fluvisoles calcáreos [predominio de arenas en el conjunto (ocupando más del 90% de la superficie del territorio)].
- Régimen hídrico mayoritario de los cauces: temporal.
- Régimen hidráulico mayoritario de los cauces: torrencial.
- Presencia de salinas: salinas de Barchel.

Lugares de Interés Geológico (LIGs) (C=Cuaternario):

- GCVRF-01 - Cárcavas de Marchal (C)
- GCVRF-02 - Cárcavas de Fonelas (C)
- GCVRF-03 - Cárcavas de Dehesas de Guadix (C)
- GCVRF-04 - Cárcavas de Gorafe (C)
- GCVRF-05 - Cárcavas del Negratín (C)
- GCVRF-06 - Cerro Mencil (Jurásico)
- GCVRF-07 - Cerro Jabalcón (Jurásico)
- GCVRF-08 - Yacimiento paleontológico Fonelas P-1 (C)
- GCVRF-09 - Yacimiento paleontológico Mencil-9 (C)
- GCVRF-10 - Yacimiento paleontológico Fonelas SCC-3 (C)
- GCVRF-11 - Yacimiento paleontológico La Solana del Zamborino (C)
- GCVRF-12 - Yacimiento kárstico de Darro (Plioceno superior)
- GCVRF-13 - Conjunto paleontológico Negratín-Delf (Mio-Plioceno)
- GCVRF-14 - Yacimiento paleontológico Mencil-J (Jurásico)
- GCVRF-15 - Yacimiento paleontológico Huélago-C (C)
- GCVRF-16 - Glacis de Mesa Bacaire (C)
- GCVRF-17 - Sima del Tajo del Mencil (C)
- GCVRF-18 - Fluviales de Belerda (Plio-C)
- GCVRF-19 - Depósitos lacustres de Fonelas (Plioceno)
- GCVRF-20 - Travertinos-Tobas de los Baños de Alicún (C)
- GCVRF-21 - Discordancia angular de Gorafe (Cretácico-Plioceno)
- GCVRF-22 - Cretácico Superior-Eoceno de Alamedilla
- GCVRF-23 - Lavas almohadilladas de Alamedilla (Cretácico)
- GCVRF-24 - Falla de Baza (Plio-C)
- GCVRF-25 - Valle del Río Gor (C)

- + GCVRF-52 - Las Murallas (C)
- + GCVRF-53 - Yacimiento paleontológico *Titanochelon* (Plioceno, Rusciniense)
- + GCVRF-54 - Cueva del Coto (C)

VALLE DEL RÍO FARDES



- GCVRF-26 - Loma de la Solana (Jurásico)
- GCVRF-27 - Cerro de La Lancha (Mioceno Superior)
- GCVRF-28 - Delta de Los Olivillos (Mioceno Superior)
- GCVRF-29 - Sismitas de Baza (Plio-C)
- GCVRF-30 - Calcarentas de Villanueva de las Torres (Mioceno Superior)
- GCVRF-31 - Piping de "Los Coloraos" (C)
- GCVRF-32 - Bentonitas Cortijo Victoriano (Cretácico)
- GCVRF-33 - Depósitos fluvio-lacustres de Zújar (Plio-C)
- GCVRF-34 - Cárcavas de la Rambla del Moral (C)
- GCVRF-35 - Serie jurásica Cerro Méndez
- GCVRF-36 - Barranco del Alcaide (Cretácico)
- GCVRF-37 - Serie volcano-sedimentaria Alicún de Ortega (Cretácico)
- GCVRF-38 - Manantial de Graena (C)
- GCVRF-39 - Contacto entre las formaciones Guadix y Baza (Plio-C)
- GCVRF-40 - Unidad olistostromática del Negratín (Mioceno)
- GCVRF-41 - Transición marino-continental Negratín (Neógeno-C)
- GCVRF-42 - Relación sedimentos F. Guadix-F. Baza (Neógeno-C)
- GCVRF-43 - Yacimiento paleontológico Baza-1 (Plioceno, Rusciniense)
- GCVRF-44 - Cárcavas de Benalúa (C)
- GCVRF-45 - Rambla del Grado (C)
- GCVRF-46 - Salinas de Barchel (C)
- GCVRF-47 - Conjunto paleontológico Tollo de Chiclana (Plioceno)
- GCVRF-48 - Guadix el Viejo (C)
- GCVRF-49 - Serie Eoceno-Oligoceno Fuente Caldera (Paleógeno)
- GCVRF-50 - Fluviales de Villanueva de las Torres (Plio-C)
- GCVRF-51 - Serie miocena del Cerro Molicies

- Desertización heredada: más del 50% de la superficie del territorio.
- Área y ámbito paisajístico: Altiplanos esteparios (98,5% se la superficie) [Hoya de Guadix (90%), Hoya de Baza (8,5%; norte del Negratín hasta el Guadiana Menor al oeste y Cerro Jabalcón junto con su margen al este)] y serranías de montañas medias (1,5%) [Montes Orientales; cerro Mencil].
- ❖ Especificidades del territorio considerado (conjunto de exclusividades solo verificables y coincidentes en el conjunto de su superficie; Fig. 5):

- Excepcional registro sedimentario continental fosilífero del Cuaternario (relleno de la cuenca en su etapa endorreica). Espesor medio de rocas del Pleistoceno inferior: 100 m. Abarca el Pleistoceno inferior completo y la parte basal del Pleistoceno medio (el 80% de la duración del Cuaternario).
- Registro sedimentario en la etapa exorreica (vaciado erosivo) del Pleistoceno medio, superior y Holoceno (incluye glacis, unidades aluviales, tobas/travertinos y karst; el 20% restante de la duración del Cuaternario).

- Coherencia topográfica en relación con la integridad del paisaje geológico.
- Diversidad de morfosisistemas sedimentarios del Cuaternario representados: en la etapa endorreica (abanicos aluviales, sistema fluvial anastomosado, sistemas lacustres y palustres y glacis); en la etapa exorreica (glacis del Pleistoceno medio-superior, edificios/plataformas de travertinos-tobas calcáreas, sistema aluvial holoceno y terrazas asociadas y karst en los macizos calcáreos –inselbergs– del Mesozoico).
- En el contexto del valle se identifican 4 inselbergs mesozoicos, tres en el ámbito del relleno de la Cuenca de Guadix y uno externo y próximo a la misma que funcionó en el Pleistoceno como refugio para animales de montaña (el cerro Mencil), referente en el paisaje del territorio junto con el Cerro Jabalcón (el inselberg interno más relevante desde las perspectivas topográfica y paisajística).
- Desde la perspectiva geomorfológica más del 90% del territorio del valle está ocupado por cárcavas/badlands [badlands del área de Marchal (en rocas continentales del Plio-Pleistoceno), badlands del área de Fonelas (en rocas continentales del Plio-Pleistoceno y marinas abisales

Fig. 4. MDT del valle del río Fardes donde se muestran los LIG (Lugares de interés geológico) básicos, identificados hasta el momento.

Fig. 5. Vista de una parte del valle del río Fardes donde se conserva un modelado general en cárcavas realizado por el río Fardes. Estas cárcavas afectan tanto al relleno Cuaternario en la zona superior como a las unidades del basamento Mesozoico de la cuenca de Guadix (destacando las bentonitas del Cretácico). Al fondo, el cerro Jabalcón, tras el cual se sitúa la falla de Baza (elemento geológico regulador del relleno endorreico de la cuenca).



- del Cretácico), badlands del área de Gorafe (en rocas continentales del Plio-Pleistoceno), badlands del área de Dehesas de Guadix (en rocas marinas del Mioceno) y badlands del área del embalse del Negrafin (en rocas marinas y continentales del Mio-Pleistoceno)].
 - La antropización (usos agrícolas, forestales o industriales) del paisaje en el valle es nula en más del 80% de su extensión, y donde se verifican estos tipos de usos, son poco agresivos y se sitúan en las zonas del sistema aluvial Holoceno-reciente, en la vega del río Fardes, y en otros tributarios del río Guadiana Menor. El conjunto del territorio del valle muestra uno de los menores índices de alteración antrópica del paisaje en el continente europeo.
 - El conjunto del territorio contenido en el valle del río Fardes es el testimonio geológico de la evolución de un río: del relleno sedimentario de una cuenca continental endorreica (fundamentalmente por un sistema fluvial anastomosado, con abundante contenido paleobiológico), en la que destaca el registro de grandes mamíferos de distintas etapas del Pleistoceno. En este contexto el nivel de base en dicha etapa se situaba en el paleo-lago de Baza, nivel de base condicionado en el tiempo por la evolución de la falla de Baza, hito tectónico contenido en el margen oriental del valle del paleo-Fardes.
- ❖ Superficie total ocupada por el proyecto de Geoparque en su fase inicial: 700 km².
- Superficie del valle en el ámbito del relleno sedimentario (expuesto y accesible) de la

Hoya de Guadix: 689 km².

- Superficie del inselberg Mencal: 11 km².

❖ Límites del Valle del río Fardes (el conjunto de atributos compartidos en un mismo territorio/espacio es el criterio que define los límites de este espacio singular):

- Al oeste: curva de nivel 960 m.s.n.m. Comprende todo el valle del río Fardes, con sus tributarios (p.e. arroyo de Huélago), y la parte del valle del río Guadahortuna hasta el límite con la provincia de Jaén (al norte) (Nota: no se utilizan curvas a cotas topográficas superiores pues incluyen en distintas zonas grandes extensiones de los llanos de colmatación donde la geodiversidad es muy baja y se dan usos agrícolas e industriales del terreno). Se incluye, por encima de la curva 1.060 m.s.n.m., el cerro Mencal (inselberg con karst asociado).
- Al sur: curva de nivel 960 m.s.n.m.
- Al este: curva de nivel 960 m.s.n.m. hasta el término municipal de Baza incluyendo parte importante de la falla de Baza. Parte del término municipal de Baza, al este del Jabalcón, según un eje sur-norte por el camino de Cortes de Baza.
- Al norte: límite con la provincia de Jaén desde el Oeste hasta el Guadiana Menor y curva de nivel 800 m.s.n.m desde el Guadiana Menor hasta el Norte del cerro Jabalcón (este límite preciso se debe al basculamiento de la zona donde, en cotas superiores, se desarrollan grandes extensiones de llanuras con usos agrícolas).

CONCLUSIONES

El patrimonio geológico es parte consustancial del patrimonio natural. Esto es debido al interés de muchos de los elementos que pueden conformar este patrimonio y al hecho de que la geología da soporte y cobijo al patrimonio natural de carácter biótico. Dicho patrimonio natural se encuentra contemplado en la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. En este ámbito legislativo se definen conceptos como “patrimonio geológico”, “lugar de interés geológico” o “geodiversidad”. También en esta ley (Anexo VIII) constan dos aspectos esenciales de la geología como patrimonio natural: i) Los Contextos geológicos españoles de relevancia internacional; y ii) Las 8 unidades geológicas más representativas de España (Geodiversidad del territorio español).

En relación con lo anterior, en el Valle del río Fardes están representados cuatro “Contextos geológicos españoles de relevancia internacional”, a saber: Yacimientos de vertebrados del Plioceno y Pleistoceno español; El rifting de Pangea y las sucesiones mesozoicas de las Cordilleras Bética e Ibérica; Las unidades olistostrómicas del Antepaís Bético; y Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares. Además, en este valle afloran cinco de las ocho “unidades geológicas más representativas de España”, en concreto: Estructuras y formaciones geológicas singulares del basamento, unidades alóctonas y cobertera mesozoica de las Cordilleras Alpinas; Estructuras y formaciones geológicas singulares de las cuencas cenozoicas continentales y marinas; Depósitos superficiales, suelos edáficos y formas de modelado singulares representativos de la acción del clima; Depósitos y formas de modelado singulares de origen fluvial y eólico; y Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas.

En definitiva, lo excepcional de este territorio es el conjunto de argumentos geológicos, tanto específicos como comunes que confluyen en un espacio geográfico concreto. El proyecto de Geoparque *del Cuaternario Valles del norte de Granada* en su fase inicial, Valle del río Fardes, pone de manifiesto la importancia y singularidad de estos argumentos y pretende dinamizar un desarrollo turístico de interior en un marco natural salvaje, único en Europa. Por todos los aspectos mencionados el Valle del río Fardes constituye un auténtico laboratorio del Cuaternario. Os invitamos a venir a conocerlo.

BIBLIOGRAFÍA

Arribas, A. (2008). Vertebrados del Plioceno superior terminal en el suroeste de Europa: Fonelas P-1 y el Proyecto Fonelas. *Cuadernos del Museo Geominero* 10, IGME, Madrid, España.

Arribas, A., Garrido, G., Viseras, C., Soria, J.M., Pla, S., Solano, J.G., Garcés, M., Beamud, E., Carrión J.S. (2009). A Mammalian Lost World in Southwest Europe during the Late Pliocene. *PLoS ONE* 4, e7127.

Garrido, G., Arribas, A. (2014). The last Iberian gomphothere (Mammalia, Proboscidea): *Anancus arvernensis mescalensis* nov. ssp. from the earliest Pleistocene of the Guadix Basin (Granada, Spain). *Palaeontol. Electron.* 17, 2A, 16p.

Pérez-García, A., Vlachos, E., Arribas, A. (2017). The last giant continental tortoise of Europe: A survivor in the Spanish Pleistocene site of Fonelas P-1. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 470, 30-39.

Información complementaria Facebook (EPVRF) y en <http://www.igme.es/epvrf/estacion>. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 15 de octubre de 2016 y aceptado definitivamente para su publicación el 16 de diciembre de 2016.