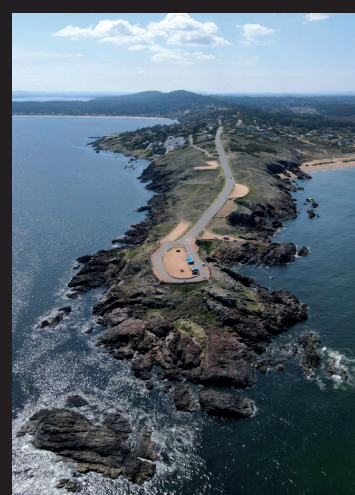
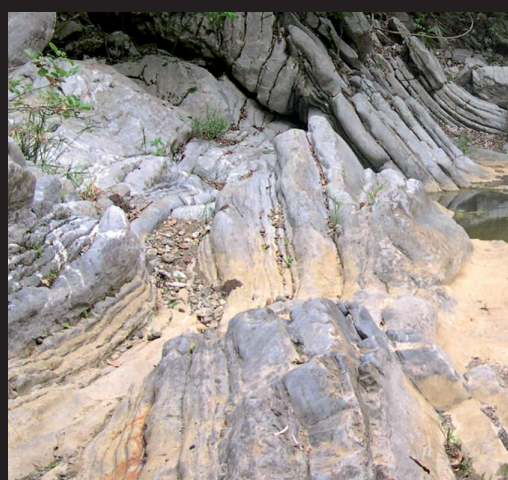
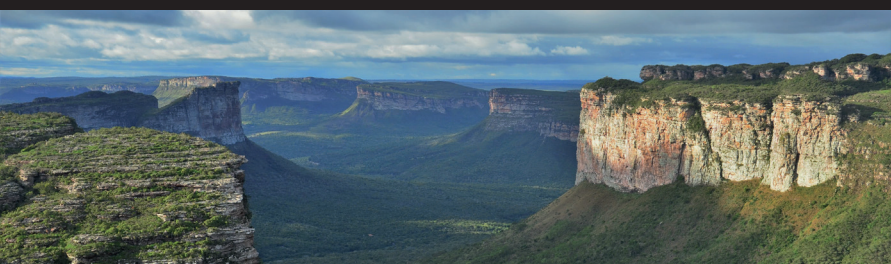




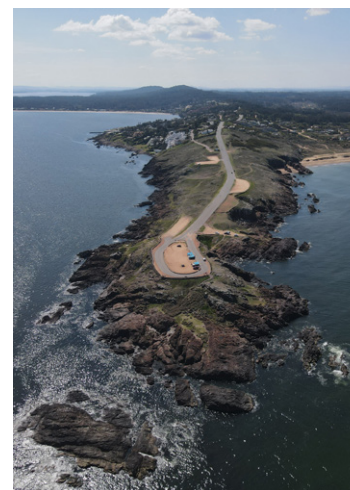
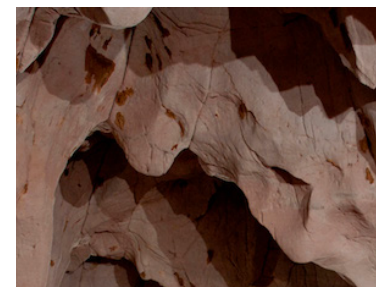
ASGMI. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO DE IBEROAMÉRICA

# ASGMI SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO DE IBEROAMÉRICA





# ASGMI. SITIOS DE INTERÉS GEOLÓGICO DE IBEROAMÉRICA



ASGMI. Sitios de interés geológico de Iberoamérica.

L. Carcavilla, M. Faraone, F. Miranda y M. Vargas (Eds.) 2024.

La Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI) tiene como misión principal contribuir al desarrollo socio-económico de los pueblos mediante la cooperación horizontal entre sus miembros, tanto bilateral como multilateral, y el fortalecimiento institucional de los Servicios de Geología y Minería asociados.

ISBN: 978-84-09-68251-5

Maquetación e Impresión: Rabalan Comercial, S.L.

“ A la memoria de nuestro compañero Roberto Gutiérrez Domech, que participó con gran entusiasmo en la realización de este libro y dejó un gran legado en el estudio del patrimonio geológico de Cuba e Iberoamérica.”

## LISTADO DE COORDINADORES NACIONALES DEL GRUPO DE EXPERTOS EN PATRIMONIO GEOLÓGICO DE ASGMI

### ARGENTINA:

Fernando Miranda  
Servicio Geológico Minero Argentino  
(SEGEMAR)

### BRASIL:

Carlos Schobbenhaus  
Serviço Geológico do Brasil  
(SGB/CPRM)

### CHILE:

Manuel Arenas  
Servicio Nacional de Geología y Minería  
(SERNAGEOMIN)

### COLOMBIA:

Marianela Vargas Anaya, Victoria Elena  
Corredor Bohórquez y Marcela Gómez  
Pérez  
Servicio Geológico Colombiano (SGC)

### COSTA RICA:

Ana Sofia Huapaya Rodriguez-Parra  
Dirección de Geología y Minas de Costa Rica  
(DGM)

### CUBA:

Manuel Roberto Gutiérrez Domech  
Instituto de Geología y Paleontología/  
Servicio Geológico de Cuba (IGP)

### ECUADOR:

Jhonatan Wladimir Enríquez Villarreal y  
Angélica María Robles Carrillo  
Instituto de Investigación Geológico y  
Energético (IIGE)

### EL SALVADOR:

Walter Hernández  
Geólogo Consultor.

### ESPAÑA:

Ana de Paz  
Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya  
(ICGC).  
Luis Carcavilla  
Instituto Geológico y Minero de España  
(IGME, CSIC)

### GUATEMALA:

Jaime E. Requena Fernández  
Asociación Guatemalteca de Geociencias  
Ambientales-ASGA.

### MÉXICO:

Sofía del Pilar Mendoza Castillo  
Servicio Geológico Mexicano (SGM)

### PARAGUAY:

Yennifer Sarubbi Jacks  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.  
Universidad Nacional de Asunción.

### PERÚ:

Bilberto Zavala  
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico  
(INGEMMET)

### PORTUGAL:

Susana Machado y João Matos  
Laboratório Nacional de Energia e Geologia  
(LNEG)

### REPÚBLICA DOMINICANA:

Jessica López y Arnold Evangelista. Servicio  
Geológico Nacional Dominicana (SGN)

### URUGUAY:

Mauricio Faraone. Área Geología, Dirección  
Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE),  
Ministerio de Industria, Energía y Minería  
(MIEM)





## YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DEL CUATERNARIO FONELAS P-1

Una estación paleontológica de campo y el apoyo al desarrollo rural a través del servicio público

Alfonso Arribas Herrera<sup>1</sup>, Guiomar Garrido Álvarez<sup>2</sup> y José Antonio Garrido García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estación paleontológica Valle del río Fardes, Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC) Ministerio de Ciencia e Innovación

<sup>2</sup>Universidad Internacional de La Rioja



**Figura 1.** Vista parcial del Valle del río Fardes (Hoya de Guadix, Cuenca de Guadix-Baza, Geoparque mundial de la UNESCO de Granada, España) desde una de las mesas de interpretación de la Ruta geológica de campo en la Estación paleontológica. Dicha ruta consta de un pórtico introductorio, seis mesas interpretativas, dos tótems relacionados con la magnetoestratigrafía (uno de ellos indica el límite Plio-Pleistoceno, con el inicio físico del Cuaternario), distintas cartelas sobre botánica y está señalizada por balizas a lo largo de 1 kilómetro de recorrido. Fotografía: Alfonso Arribas.

El yacimiento Fonelas P-1 (Fonelas, Cuenca de Guadix-Baza, provincia de Granada) es una localidad fosilífera datada en 2,0 millones de años de antigüedad (Cuaternario basal, Pleistoceno inferior) que contienen un abundante y diverso registro fósil sobre un ecosistema grandes mamíferos terrestres desconocido con anterioridad en el Viejo Mundo (Fig.1).

Las actuaciones sobre este yacimiento paleontológico (Geosite, yacimiento de relevancia internacional) muestran uno de los modelos posibles de protección de patrimonio geológico y de estudio y puesta en valor del patrimonio natural (geológico y biológico) de forma integral. Desde el inicio de su excavación e investigación (año 2001) existió un plan: realizar a la par su investigación integral (paleontología, estratigrafía y



**Figura 2.** Vistas del Centro paleontológico Fonelas P-1 (que geoconserva al Geosite en la Estación paleontológica Valle del río Fardes: EPVRF). A. Vista desde el sur del barranco con parte de los terrenos contenidos en la Estación paleontológica Valle del río Fardes, y la fachada principal del Centro paleontológico en el contexto del relleno sedimentario fluvial del Pleistoceno inferior en el sector occidental (Hoya de Guadix) de la Cuenca de Guadix-Baza. B. Vista parcial del interior del Centro con asociaciones fosilíferas in situ, parte de su museografía y un grupo de visitantes. Fotografía: Alfonso Arribas.





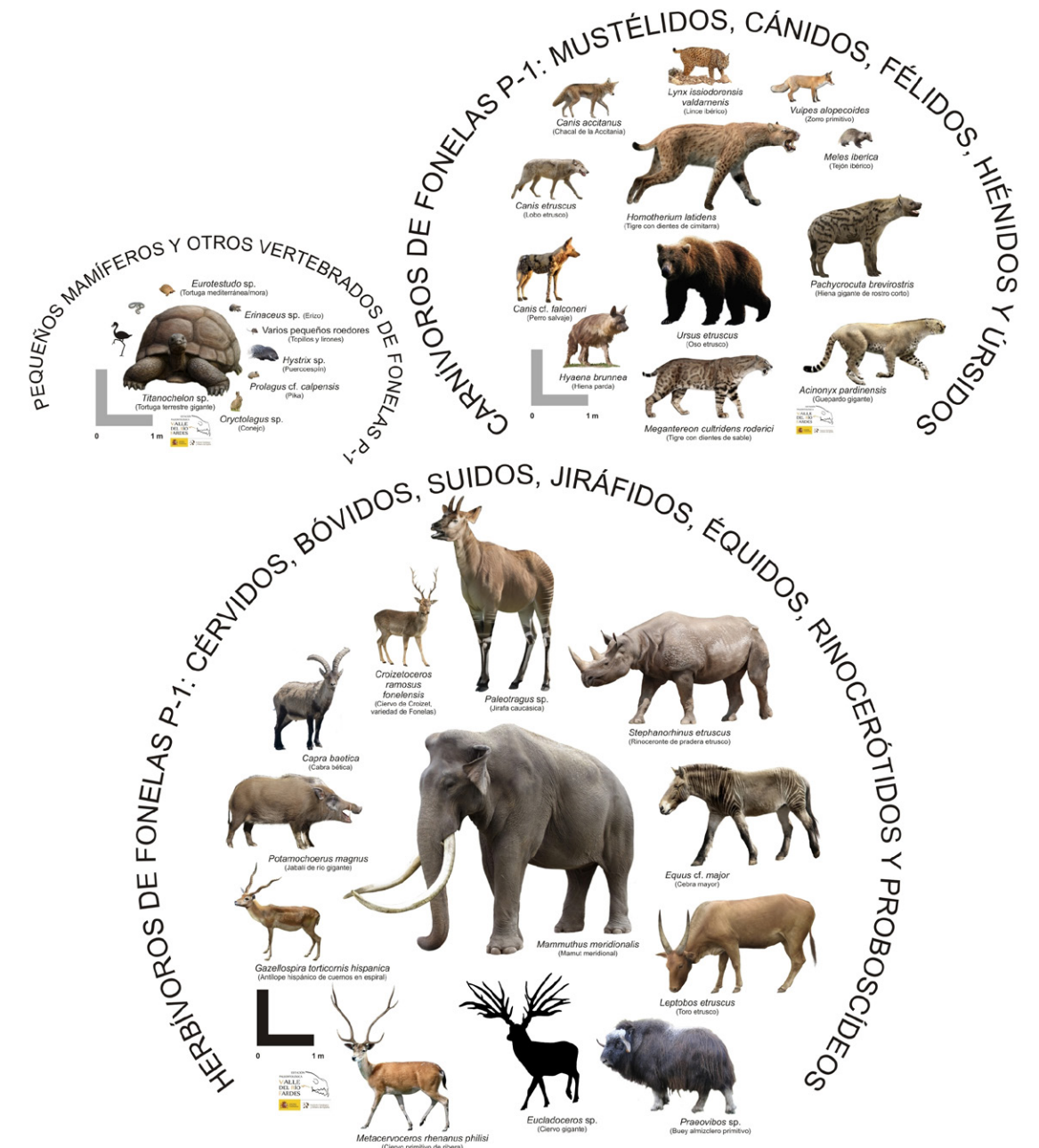
**Figura 3.** Asociación característica de fósiles de mamíferos en el yacimiento paleontológico Fonelas P-1. Destacan un cráneo del cérvido *Metacervoceros* otro del antílope *Gazellospira* y numerosos huesos del esqueleto postcraneal de herbívoros (incluyendo huesos de mamuts infantiles). La mayoría de los huesos están rotos o roídos por hiénidos (de la especie *Pachycrocuta brevirostris*). Fotografía: Alfonso Arribas.

datación (con bioestratigrafía y magnetoestratigrafía), la correcta gestión de las colecciones científicas, los trabajos en distintitos ámbitos relacionados con su posicionamiento como patrimonio geológico, su paso a propiedad pública, su geoconservación y desarrollo como infraestructura de divulgación y docencia en campo (Fig.2), y la propuesta y aceptación de su contexto geológico regional como Geoparque Mundial de la UNESCO (Granada, desde el año 2020).

Fonelas P-1 es un yacimiento paleontológico cuya investigación se inicia con el siglo XXI. Tras los trabajos científicos desarrollados desde su descubrimiento (año 2000) el yacimiento destaca por muchos motivos, pero lo realmente importante es la suma de todos ellos: por su cronología, mal conocida desde la perspectiva paleobiológica en Europa hasta su descubrimiento, definida en 2,0 Ma por magneto y bioestratigrafía; por el excepcional estado de conservación de los huesos fosilizados; por su alta diversidad de especies y por la presencia de nuevas especies y subespecies de grandes mamíferos; por el modelo genético inferido para el yacimiento (cubil/comedero al aire libre, en una llanura fluvial seca, de hienas gigantes de rostro corto –*Pachycrocuta brevirostris*–) (Fig.3); por el mosaico paleobiogeográfico y ecológico que representa, pues en esta asociación de hace dos millones de años coexisten especies autóctonas de Europa con especies inmigrantes recién llegadas entonces tanto desde Asia como desde África; y, finalmente, por conservar registro de especies “lázaro” (supuestamente extintas en Europa en esa época), como es el caso de las tortugas terrestres gigantes mio-pliocénicas pertenecientes al género *Titanocheilon*.

Un último matiz relevante es que este ecosistema español desaparecido (esta paleomastocenosis) (Fig.4) es el más semejante, de entre los conocidos, a aquel en el que habitaron los primeros humanos en Eurasia: el registrado en el Cáucaso, en el yacimiento de Dmanisi (República de Georgia, también perteneciente a la zona de mamíferos MNQ18).

Todo lo anterior hace de Fonelas P-1 un yacimiento paleontológico singular dentro del Cuaternario del Viejo Mundo, lo que nos llevó, junto con el espectacular escenario paisajístico y geológico en que



**Figura 4.** Conjunto de espectros de diversidad de los vertebrados identificados en Fonelas P-1. Figura: Alfonso Arribas y Guiomar Garrido.

se integra, a buscar la forma de que tuviese la máxima protección (del Estado) y a ponerlo en valor para el conocimiento, uso y disfrute por parte de la sociedad; comenzando por conservar el patrimonio paleontológico y estratigráfico (geológico) *in situ*, como recurso justo en el medio rural.

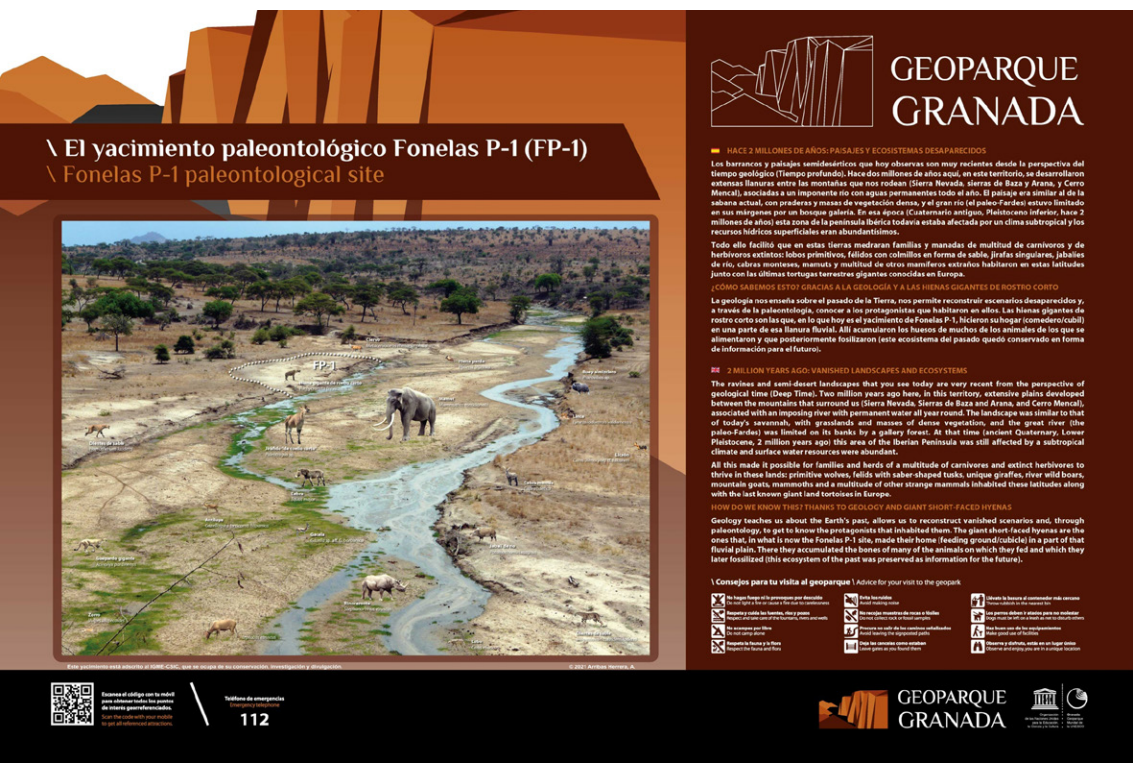
El proceso ha sido largo, más de lo que hubiésemos querido (básicamente ha sido voluntad de individuos no de administraciones, y tan sólo han trabajado en el conjunto de la actuación integral de forma continua a lo largo de los años un total de dos profesionales). Hemos contado con importantes apoyos a lo largo del tiempo, intermitentes pero muy relevantes desde el IGME, y siempre constantes desde el ámbito del territorio como desde: el Ayuntamiento de Fonelas, el Grupo de Desarrollo Rural Comarca de Guadix o la Diputación provincial de Granada.

El resultado es una superficie de 25 ha. que incluyen el Centro paleontológico Fonelas P-1 (yacimiento del mismo nombre protegido (geoconservación), monitorizado y musealizado en una superficie



de 1.020 m<sup>2</sup>), el pabellón de trabajo en campo y módulo de suministro eléctrico mediante energías renovables, el *Módulo divulgativo Historia de la Tierra y de la Vida y la Ruta geológica de campo EPVRF*, de 1 km de recorrido. La visita puede realizarse todo el año y es gratuita. Además, la parcela incluye poblaciones de especies botánicas endémicas en “peligro crítico de extinción” (*Clypeola eriocarpa* y *Limonium majus*) y 486 especies de fauna (inventario provisional), de las cuales 404 de invertebrados y 297 especies de plantas. En relación con el patrimonio cultural, la EPVRF contiene dólmenes prehistóricos.

El conjunto de actividades realizadas y de productos científico-técnicos obtenidos durante estos años ha permitido desarrollar esta fórmula de geoconservación y verificar su modelo de utilidad pública (Fig.5).



**Figura 5.** Panel informativo del Geoparque mundial de la UNESCO de Granada (Granada UGGp) sobre el yacimiento paleontológico Fonelas P-1. Se reconstruye el paisaje fluvial durante el Pleistoceno inferior (usando como modelo actual el río Tarangire, Tanzania) e introduce el ecosistema de entonces para los visitantes (en castellano e inglés). Una copia de este panel está situada en la plaza de la Iglesia del municipio de Fonelas y otra en la EPVRF, frente a la fachada principal del Centro en el camino de acceso a 200 metros al sur del mismo. Fotografía: Alfonso Arribas.

Este conjunto de trabajos y productos es lo que hace que hoy día, en el año 2024, Fonelas P-1 siendo patrimonio geológico sea Patrimonio del Estado y exista una estación científica de campo asociada al mismo, la EPVRF, dando servicio a la sociedad desde el mundo rural.

BIBLIOGRAFÍA

Arribas, A. y Garrido, G. (2013). La primera estación paleontológica de campo estatal en España el Centro Paleontológico Fonelas P-1 (Cuenca de Guadix, Granada). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 21.3, 339-342. [http://www.igme.es/epvrf/docs/Aepect\\_21-331\\_342.pdf](http://www.igme.es/epvrf/docs/Aepect_21-331_342.pdf).

Arribas, A., Garrido, G., Lorenzo, C. y Garrido, J.A. (2017). El valle del río Fardes y la Estación paleontológica de Fonelas: un laboratorio del Cuaternario. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 25.1, 82-87. [http://www.igme.es/epvrf/docs/2017\\_Aepect\\_25-1\\_Valle\\_del\\_rio\\_Fardes.pdf](http://www.igme.es/epvrf/docs/2017_Aepect_25-1_Valle_del_rio_Fardes.pdf) ].

Instituto Geológico y Minero de España. Estación Paleontológica Valle del Río Fardes. <http://www.igme.es/epvrf/estacion>.

Instituto Geológico y Minero de España. Ruta geológica de campo EPVRF. <https://www.igme.es/epvrf/RutaGeologica>



YACIMIENTOS DE PIRITA DE NAVAJÚN Y AMBASAGUAS

Pirita: el mineral de forma perfecta

Ramón Jiménez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Geológico y Minero de España (IGME-CSIC)

La cuenca sedimentaria de Cameros se sitúa en el interior español y en ella se localizan una serie de yacimientos de pirita que son mundialmente conocidos por la belleza y perfección de sus cristales. Estas piritas aparecen formando estéticos ejemplares que están representados en las principales colecciones y museos del ámbito internacional, constituyendo un clásico de la mineralogía española.

Esta cuenca es una zona de alto interés geológico por diferentes aspectos: su sedimentología, tectónica, restos paleontológicos, así como el modelo genético de formación de la cuenca, constituyen elementos de interés que han sido objeto de estudio por múltiples investigadores. Se trata de una cuenca mesozoica, cuyas secuencias de depósito están comprendidas entre el Jurásico superior y el Cretácico inferior. Pero, además, una de las características más espectaculares de la geología de la cuenca es la presencia de numerosas mineralizaciones de pirita que han aportado miles de ejemplares al patrimonio mueble.

Las mineralizaciones de pirita aparecen exclusivamente en el sector oriental de la cuenca, dentro de las lutitas afectadas por metamorfismo hidrotermal de bajo grado. Este metamorfismo tuvo lugar en un rango de hace entre 108 y 86 millones de años, muy posterior al relleno de la cuenca, alcanzando los materiales una temperatura máxima de alrededor de 360°C.

Los materiales que contienen las mineralizaciones fueron depositados en dos ambientes sedimentarios diferentes: unos fueron depositados en llanuras deltaicas con frecuentes episodios lacustres, los cuales se caracterizan por la presencia de contenidos relativamente altos de materia orgánica y minerales de hierro. Por otro lado, otras mineralizaciones se sitúan en sedimentos depositados en sistemas fluviales de tipo meandriforme.

Son numerosos los yacimientos de pirita en la cuenca de Cameros, pero aquí se destacan dos de los que son más importantes por la belleza de sus cristales y por su presencia en colecciones y museos: el de Ambasaguas y el de Navajún. Ambos se sitúan en la Reserva de la Biosfera de la UNESCO de los Valles del Leza, Jubera, Cidacos, Alhama y Linares.

El yacimiento de Ambasaguas se localiza en el pueblo riojano de Ambas Aguas o Entrambas Aguas, perteneciente al municipio de Muro de Aguas. En esta localidad son varios los afloramientos