

INSTITUTO
GEOLÓGICO
Y MINERO
DE ESPAÑA

175

AÑOS

Edición de
ISABEL RÁBANO y ÁNGEL SALAZAR

INSTITUTO
GEOLÓGICO
Y MINERO
DE ESPAÑA

175 AÑOS

INSTITUTO
GEOLÓGICO
Y MINERO
DE ESPAÑA

175 AÑOS

Edición de
ISABEL RÁBANO y ÁNGEL SALAZAR

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Madrid, 2024

La versión electrónica de este libro está disponible en acceso abierto en editorial.csic.es y se distribuye bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución-Non Comercial-No Derivadas 4.0. La información completa sobre dicha licencia puede ser consultada en <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

Esta licencia afecta solo al material original del libro. El uso del material proveniente de otras fuentes (indicadas en las referencias), como diagramas, ilustraciones, fotografías o fragmentos de textos, requerirá permiso de los titulares del *copyright*.

Las noticias, los asertos y las opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, solo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

CÓMO CITAR:

Instituto Geológico y Minero de España: 175 años / Isabel Rábano y Ángel Salazar (eds.). Madrid: CSIC, 2024.

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado: <https://cpage.mpr.gob.es>

EDITORIAL CSIC: <http://editorial.csic.es> (correo: publ@csic.es)

© CSIC, 2024

© Isabel Rábano y Ángel Salazar, eds.

© De las ilustraciones, las fuentes mencionadas a pie de figura

ISBN: 978-84-00-11309-4

e-ISBN: 978-84-00-11310-0

NIPO: 155-24-163-0

e-NIPO: 155-24-164-6

Depósito Legal: M-15775-2024

CORRECCIÓN Y COORDINACIÓN EDITORIAL

María Sánchez Luque

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Lacasta Design

FOTOMECÁNICA

Lucam

IMPRESIÓN Y ENCUADERNACIÓN

Anzos, S. L.

Impreso en España. *Printed in Spain*

En esta edición se ha utilizado papel ecológico sometido a un proceso de blanqueado ECF, cuya fibra procede de bosques gestionados de forma sostenible.



PRESENTACIÓN	
Eloisa del Pino	
Presidenta del CSIC	12
PRESENTACIÓN	
Ana María Alonso Zarza	
Directora del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), CSIC	14
PRÓLOGO	
Isabel Rábano y Ángel Salazar	16
PERFILES ACADÉMICOS	18
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: UNA HISTORIA DE 175 AÑOS	
Isabel Rábano, Ángel Salazar	39
LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL SUELO Y DEL SUBSUELO	113
1. El mapa geológico de España a escala 1:400 000 de 1889	
Isabel Rábano	114
2. Un cambio de escala: los primeros mapas geológicos 1:50 000 (1927-1928)	
Ángel Salazar, Alejandro Robador	118
3. Los inicios de la prospección geofísica en España. La Sección de Trabajos de Geofísica del Instituto Geológico y Minero de España	
Félix M. Rubio, Juliana María Martín León, Arturo García García	122
4. El IGME y el proyecto de túnel submarino del estrecho de Gibraltar	
Jorge Navarro Comet	126
5. Los inicios de la investigación y la cartografía geológica marina en el IGME	
Teresa Medialdea, Luis Somoza, Francisco Javier González	132
6. Treinta años de cartografía geofísica en la zona económica exclusiva española: un modelo de colaboración interinstitucional	
Adolfo Maestro, María Druet, Estefanía Llave, Fernando Bohoyo	138
7. Cartografía geomorfológica: inicio y desarrollo en el IGME	
Augusto Rodríguez, Ángela Suárez, Ángel Salazar, Ángel Martín-Serrano	144

8. El mapa geológico en el siglo XXI Alejandro Robador, María Mancebo	150
9. Un cuarto de siglo de investigaciones paleomagnéticas en el IGME Emilio Pueyo, Tania Mochales, Juan C. Larrasoña, Ruth Soto, Pablo Calvín, Esther Izquierdo Llavall, Pablo Sierra Campos, Bet Beamud, Manuel J. Montes	156
10. Una mirada al futuro de la paleontología Samuel Zamora, Enrique Peñalver	162
11. Desarrollo y aplicación de la modelización geológica 3D en el IGME Carlos Marín Lechado, Carmen Rey Moral, Ana Ruiz Constán, Antonio Pedrera, Beatriz Benjumea	166

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	171
1. La hidrogeología española durante el primer tercio del siglo XX Juan José Durán Valsero, Raquel Morales García	172
2. Los grandes proyectos hidrogeológicos de la cuenca del Guadalquivir (FAO-IGME) y del sistema Cazorla-Hellín-Yecla Jorge Hornero, Juan Carlos Rubio, Carlos Mediavilla	176
3. Los planes nacionales de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS), de Gestión y Conservación de los Acuíferos (PGCA) y de Abastecimiento a Núcleos Urbanos (PANU) José M.º Ruiz Hernández, Juan Antonio López Geta	180
4. Las redes de observación y vigilancia de las aguas subterráneas Jorge Jiménez Sánchez, Jorge Enrique Hornero Díaz, Olga García Menéndez, Juan de Dios Gómez Gómez, Carlos Camuñas Palencia	184
5. La unidad del IGME para el estudio de formaciones geológicas de baja permeabilidad Juan Grima, Miguel Mejías	188
6. La Sección de Sondeos y Aforos del IGME (1945-1999) Sergio Martos-Rosillo, Carolina Guardiola-Albert, Raquel Morales García, José Antonio Domínguez Sánchez, Antonio Nicolás Martínez Sánchez de la Nieta	192
7. Sequías. La contribución del IGME para paliar sus efectos Bruno J. Ballesteros-Navarro, Juan C. Rubio-Campos, José A. Domínguez-Sánchez, Elisabeth Díaz-Losada, José M. Fernández-Portal	196
8. Uso conjunto y recarga artificial Juan de Dios Gómez, Jose Manuel Murillo, Jose Antonio de la Orden, David Pulido-Velázquez, Sergio Martos-Rosillo y Jorge Jódar	200
9. El IGME y la planificación hidrológica española José Manuel Murillo, Ramón Aragón, Bruno J. Ballesteros	204

10. La hidrogeología ambiental: humedales y espacios naturales protegidos		208
Javier Heredia Díaz, Miguel Mejías Moreno, Carolina Guardiola-Albert, Juan José Durán Valsero, Luis Moreno Merino, Fernando Ruiz Bermudo, Rosa Mediavilla López, Héctor Aguilera Alonso, Almudena de la Losa Román, Raquel Morales García		
11. La hidrogeología española en los inicios del siglo XXI		214
Emilio Custodio, Bruno J. Ballesteros, Juan María Fornés		
12. Cambio climático y aguas subterráneas		218
David Pulido-Velázquez, Antonio Juan Collados Lara, Juan de Dios Gómez Gómez, Leticia Baena Ruiz, África de la Hera Portillo		

LOS RECURSOS GEOLÓGICOS	223
1. El papel del IGME en el descubrimiento, investigación y explotación de la cuenca potásica catalana (1914-1932)	
Ester Boixereu	224
2. El IGME y los inicios de la exploración de hidrocarburos en España	
Jorge Navarro Comet	230
3. Pasado, presente y futuro de las aguas minerales y termales	
María del Mar Corral Lledó, M.ª Elena Galindo Rodríguez, Carlos Ontiveros Beltranena, Bruno Martínez Plédel	236
4. La cartografía metalogenética (1969-1971) como instrumento para el desarrollo	
Ester Boixereu	240
5. Los inicios de la investigación de los recursos geotérmicos en España: el papel del IGME	
Celestino García de la Noceda Márquez	246
6. El plan de selección y caracterización de estructuras favorables para almacenamiento geológico de CO ₂ en España	
José F. Mediato Arribas, José Luis García Lobón, Paula Fernández-Canteli Álvarez, Edgar Berrezueta Alvarado, Jesús García Crespo	252
7. El Inventario Español de Lugares de Interés Geológico	
Juana Vegas, Luis Carcavilla, Enrique Díaz-Martínez	256
8. El Atlas Geoquímico de España	
Juan Locutura Rupérez, Alejandro Bel-lan Ballester, Iván Martín-Méndez	260
9. La exploración de recursos minerales submarinos	
Francisco Javier González, Luis Somoza, Teresa Medialdea, Egidio Marino	266
10. Recursos geológicos y canteras históricas, una contribución a la investigación del patrimonio arquitectónico español	
Enrique Álvarez Areces, Jorge Fernández Suárez, Javier Martínez Martínez, José Manuel Baltuille Martín, María Teresa López López	270

TIERRA DINÁMICA: PELIGROS GEOLÓGICOS Y CAMBIOS CLIMÁTICOS	275
1. El sismógrafo no es suficiente: los efectos geológicos y arqueológicos de los terremotos Miguel Ángel Rodríguez-Pascua, Raúl Pérez López, María Ángeles Perucha, Pablo G. Silva	276
2. Del tarquín de las riadas a los mapas previsores de inundaciones Andrés Díez Herrero, Miguel Llorente Isidro, María Ángeles Perucha Atienza, Mario Hernández Ruiz	282
3. Hacia una ciencia integral del riesgo de inundación Andrés Díez Herrero, Ana Lucía Vela, Daniel Vázquez Tarrío, Kelly Patricia Sandoval Rincón	288
4. El estudio de los deslizamientos en el IGME Mercedes Ferrer Gijón	294
5. Entre volcanes: desde las Antillas a Filipinas pasando por Canarias Nieves Sánchez	300
6. La vigilancia de los peligros geológicos desde el espacio Rosa María Mateos, Marta Béjar-Pizarro, Guadalupe Bru, Pablo Ezquerro, Juan López-Vinielles, Carolina Guardiola-Albert, Gerardo Herrera	304
7. Del estrato a la micromuestra: la integración de escalas en los estudios paleoclimáticos Rosa M.ª Mediavilla López, Susana Martín Lebreiro, Idoia Rosales Franco	308
 UNA INSTITUCIÓN CON VOCACIÓN INTERNACIONAL	313
1. Antártida: cuatro décadas de investigaciones científicas del IGME en el continente helado Fernando Bohoyo, Manuel J. Montes, Adolfo Maestro, Alejandro Robador	314
2. El desarrollo de la geología y la minería en la República Dominicana como ejemplo de la acción internacional del IGME en Iberoamérica Javier Escuder Viruete	320
3. Diplomacia científica: el IGME en el proceso de ampliación de la plataforma continental de España ante la ONU Luis Somoza, Teresa Medialdea, Francisco Javier González	324
4. La cooperación internacional para el desarrollo Jose Luis García Aróstegui, Enrique Díaz-Martínez, Juan María Fornés Azcoiti, Juan José Durán Valsero	328
5. Resultados del Plan Nacional de Geología en la zona UTE-PLANAGEO, suroeste de Angola: series cartográficas y trabajos específicos José Luis García Lobón, Enrique Merino Martínez, Javier Escuder Viruete, Raquel Martín Banda, Jorge Fernández Suárez	332

SOPORTES DE LA INVESTIGACIÓN
Y DE LA DIVULGACIÓN EN GEOCIENCIAS

339

1. Creación del Laboratorio de Espectroscopía del IGME (1928) Jesús Reyes Andrés	340
2. Utilización en los laboratorios del IGME de nuevas técnicas geoquímicas en España: microsonda electrónica (1967) y datación isotópica (1969) José López Ruiz, Jesús García Garzón, Martín Fernández González, Jesús Reyes Andrés	344
3. Fósiles y mapas: el Laboratorio de Paleontología (1927-1970) Isabel Rábano	348
4. La Litoteca del IGME M. Pilar Mata, J. Javier Muñoz, Clemente Molina	352
5. Del mapa tradicional a los servicios de mapas: del papel a la nube Leticia Vega, Teresa Orozco, Juan A. Rodríguez, César Husillos, Ángel Prieto	356
6. Del cuaderno de campo a las infraestructuras de conocimiento geológico Ángel Prieto Marín, Carlos Lorenzo Carnicero, M. Teresa Lopez Bahut, Silvia Cervel de Arcos, Cesar Husillos Rodríguez, Margarita P. Sanabria Pabón, Miguel Angel Alarcón Frías, Juan C. Gumiell Gutiérrez, J. Román Hernández Manchado	360
7. 1926 y 1989, dos años clave en la historia del Museo Geominero Isabel Rábano, Ana Rodrigo	364
8. Un yacimiento paleontológico y una nueva infraestructura para el IGME en el siglo XXI: Fonelas P-1 y la Estación Paleontológica Valle del Río Fardes Alfonso Arribas, Guiomar Garrido	368
9. Fósiles, minerales y rocas con derecho a réplica Eleuterio Baeza, Ana Rodrigo	372
10. Una biblioteca singular dedicada a las ciencias de la Tierra Rafael Rodríguez Rodríguez	376
11. La decana de las revistas de ciencias de la Tierra en España: <i>el Boletín Geológico y Minero</i> Isabel Rábano, Andrés Díez Herrero, Juan José Durán Valsero	380

APÉNDICES

385

1. Principales normas jurídico-administrativas que han afectado al IGME desde su fundación en 1849 hasta la actualidad (recopiladas por Ángel Salazar & Isabel Rábano)	386
2. Legislación y normativa relativas a la hidrogeología en la historia del IGME (recopiladas por Juan María Fornés Azcoiti & Juan Antonio López Geta)	398

8. UN YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO
Y UNA NUEVA INFRAESTRUCTURA
PARA EL IGME EN EL SIGLO XXI:
FONELAS P-1
Y LA ESTACIÓN PALEONTOLÓGICA
VALLE DEL RÍO FARDES

El yacimiento paleontológico Fonelas P-1 (Fonelas, Granada) fue descubierto en el año 2000 por Gilberto Martínez (†2023) e iniciada su excavación sistemática e investigación en 2001 a través de un programa integral de investigación (el yacimiento y su contexto geológico regional en la cuenca de Guadix-Baza, Hoya de Guadix), por un equipo financiado y dirigido desde el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ya en la primera campaña de campo se evidenció la singularidad de su registro fósil y su interés científico, técnico y patrimonial (Arribas *et al.*, 2001). Dado el posible potencial del yacimiento debido a la presencia de excepcionales y abundantes huesos fosilizados, su elevada diversidad taxonómica, su cronología relativa —no representada en el Pleistoceno inferior español— y su posición en la propia cuenca, se becó desde el IGME e inició una tesis doctoral sobre paleontología sistemática de los macromamíferos del yacimiento (Garrido, 2006), y en el año 2002 se iniciaron las negociaciones con los propietarios en la idea de adquirir el yacimiento con el fin de realizar desarrollos científico-técnicos de utilidad pública. En esos años también comenzamos, en colaboración con el Grupo de Desarrollo Rural Comarca de Guadix y su gerente, Juan José Manrique, los trabajos científico-técnicos conducentes a la propuesta de un Geoparque de la UNESCO en este ámbito geográfico de la provincia de Granada, por sus excepcionales valores geológicos, paleontológicos y paisajísticos en relación con el registro del Cuaternario.

Los resultados de la primera década de actividades permitieron: el conocimiento paleontológico integral del yacimiento, con la identificación de veinticuatro especies

de grandes mamíferos, algunas de ellas ignotas en nuestras latitudes o nuevas para la ciencia, y la datación del sitio mediante el análisis bioestratigráfico (Garrido, 2006; Arribas, 2008); el establecimiento de su estratigrafía y modelo sedimentológico a través de una asistencia técnica del IGME con la Universidad de Granada; y el estudio magnetoestratigráfico del contexto geológico del yacimiento y su entorno en la Hoya de Guadix (a través de una asistencia técnica del IGME con la Universidad de Barcelona), estudios estos últimos que permitieron ubicar este extraordinario ecosistema extinto en una antigüedad de 2 Ma. El conjunto de información relevante del sitio ha permitido reevaluar las dispersiones faunísticas de grandes mamíferos en el Pleistoceno inferior del Viejo Mundo y plantear una novedosa hipótesis sobre las mismas, centrando su cronología entre 2,1-2,0 Ma de antigüedad (Arribas *et al.*, 2009).

Así mismo, en estos años se desarrolló una exposición itinerante sobre el proyecto, se trabajó de forma intensa en los aspectos patrimoniales del yacimiento (en el año 2007 Fonelas P-1, que ya figuraba en el Inventario Andaluz de Georesursos, es incluido en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico [<http://info.igme.es/ielig/>]), y catalogado como *global geosite* del contexto «Yacimientos de vertebrados del Plioceno y Pleistoceno españoles» (Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y Biodiversidad, BOE, n.º 299, de 14.12.2007) y, definitivamente y tras siete años, se autorizó por parte del IGME la adquisición del yacimiento como parte de una finca destinada a ser «zona de reserva geológica de la Cuenca de Guadix», compra ejecutada en el año 2010 |fig. 1|.



Figura 1. El 28 de diciembre del año 2010 tuvo lugar, en Guadix, la adquisición por parte del IGME de la finca de 25 ha en la que se ubica el yacimiento de Fonelas P-1. En la Notaría, junto a las familias vendedoras, Carrión y Gómez, se encuentra sentada (con chaqueta blanca) la primera mujer que dirigió el IGME (entre 2010 y 2012), la Dra. Rosa de Vidania Muñoz, quien decidió realizar esta adquisición de patrimonio geológico y creyó en esta nueva idea de desarrollo. A la izquierda de la mesa está el Dr. Arribas. (Archivo A. Arribas).

Una vez la finca fue propiedad estatal, en 2011 se nomina como *Estación Paleontológica Valle del Río Fardes* (EPVRF) y se planifican distintas fases de su desarrollo, de las cuales se ha ejecutado la primera y más importante, relacionada con la geoconservación y puesta en valor del *global geosite* (VPO14) Fonelas P-1: el Centro Paleontológico Fonelas P-1 (CPFP-1). Para ello, en 2012 el IGME acondicionó la parte superior del yacimiento a través de un movimiento de tierras (1174 metros cúbicos de rocas estériles evacuadas, un metro por encima de la unidad fosilífera situada en la cota 927 m. s. n. m.), se instaló una empalizada externa de protección frente a riesgos geológicos, se diseñó un proyecto de obra (básico y de ejecución) y se adquirió equipamiento técnico, científico y energético —energías renovables solar y minieólica— para dotar al futuro CPFP-1.

También en este año, se solicita una subvención de 460 793,51 € al Grupo de Cooperación provincial de Granada para la construcción del Centro Paleontológico Fonelas P-1 (instalación prefabricada). El 19 de diciembre de 2012 se aprueba la totalidad de la subvención solicitada por el IGME en el marco de la EPVRF, para la construcción de una protección (cubierta, envolvente y paramentos) de parte de la superficie de excavación de Fonelas P-1, que permita un cerramiento del yacimiento, para garantizar su protección de los agentes atmosféricos y biológicos, así como albergar actividades de investigación paleontológica, divulgación y

docencia. Esta subvención es aprobada por parte del Grupo de Cooperación de la provincia de Granada (Dirección General de Desarrollo Sostenible del Medio Rural) en la categoría Protección y Conservación del Patrimonio Cultural, y es cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y la Junta de Andalucía. La infraestructura generada por medio de esta financiación, ejecutada durante el año 2013, constituye el Centro Paleontológico Fonelas P-1 (1020 m² de superficie protegida, |fig. 2|) y representa la primera fase de la Estación Paleontológica Valle del Río Fardes.

En 2014 el IGME (la EPVRF bajo la dirección científica de Alfonso Arribas) define, dota de contenidos, diseña y financia la museografía del Centro Paleontológico (encargando la ejecución material mediante asistencia técnica). Durante ese año y el siguiente se desarrolla la nueva página web IGME de la Estación Paleontológica Valle del Río Fardes (<https://www.igme.es/epvrf/estacion>). De forma paralela, entre los años 2015 y 2018, desde la EPVRF se configura y define técnicamente (y se recaba apoyo social e institucional) lo que será el Geoparque de Granada (initialmente nominado Geoparque del Cuaternario Valle del Norte de Granada).

En el año 2016 (noviembre) desde el IGME se destina a un titulado superior a la EPVRF, que está activo como responsable de campo hasta noviembre de 2022. En 2018 se inicia el inventario biológico (zoología y botánica) y la mo-



Figura 2. Vista externa (2022) de la fachada principal del Centro paleontológico Fonelas P-1 en la finca de la Estación Paleontológica Valle del Río Fardes, en Fonelas (Granada). En el camino de acceso en la finca del IGME se sitúa el panel del Geoparque de la UNESCO de Granada (Granada UGGp) sobre el yacimiento paleontológico Fonelas P-1. (Archivo A. Arribas).

nitorización ambiental de la EPVRF. En 2019 se desarrollan la ruta geológica de campo de la EPVRF y el módulo divulgativo Historia de la Tierra y de la Vida (de nuevo, desde la EPVRF se definen, dotan de contenidos y diseñan; estas actuaciones, que son cofinanciadas por el IGME y la Diputación de Granada). Y a finales de 2022 se incorpora, también como responsable de campo, una ayudante de investigación.

Finalmente, en el bienio 2023-2024, Fonelas P-1 se incorpora al programa IUGS Geological Heritage Sites (IGCP 731).

Este conjunto de trabajos y productos (Arribas *et al.*, 2021) es lo que hace que hoy día Fonelas P-1, como patrimonio geológico (*geosite*), sea parte del patrimonio del Estado, constituya un ejemplo de geoconservación y exista una estación paleontológica de campo asociada al mismo, la EPVRF, dando servicio a la sociedad desde el mundo rural, permitiendo la transferencia del conocimiento generado por las ciencias geológicas, desde el IGME del CSIC, en el ámbito de un geoparque mundial de la UNESCO.

BIBLIOGRAFÍA

- ARRIBAS, A. (Ed.). (2008). *Vertebrados del Plioceno superior terminal en el suroeste de Europa: Fonelas P-1 y el Proyecto Fonelas*. Instituto Geológico y Minero de España.
- ARRIBAS, A., GARRIDO, G., VISERAS, C., SORIA, J. M., PLA, S., GARCÍA, J., GARCÉS, M., BEAMUD, E., & CARRIÓN, J. S. (2009). A mam-

malian lost world in southwest Europe during the Late Pliocene. *PLoS ONE*, 4(9), e7127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007127>

ARRIBAS, A., RIQUELME, J. A., PALMQVIST, P., GARRIDO, G., HERNÁNDEZ, R., LAPLANA, C., SORIA, J., VISERAS, C., DURÁN, J. J., GUMIEL, P., ROBLES, F., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., & CARRIÓN, J. (2001). Un nuevo yacimiento de grandes mamíferos villafranquenses en la Cuenca de

Guadix (Granada): Fonelas P-1, primer registro de una fauna próxima al límite Plio-Pleistoceno en la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, 112(4), 3-34.

ARRIBAS HERRERA, A., GARRIDO ÁLVAREZ, G., GARRIDO GARCÍA, J. A., GARCÍA TORTOSA, F. J., & MEDIALDEA PÉREZ, C. (2021). Quaternary large mammals from the Granada Geopark: A magnificent record with examples of geoconservation.

Geoconservation Research, 4(2), 663-674. <https://doi.org/10.30486/gcr.2021.1929773.1093>

GARRIDO, G. (2006). Paleontología sistemática de grandes mamíferos del yacimiento del Villafranquense superior de Fonelas P-1 (Cuenca de Guadix, Granada) [Tesis Doctoral]. Universidad Complutense de Madrid.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

EDITORIAL
CSIC

IGME 175^{AÑOS}
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA 1849-2024

