

# Geo-Temas



**Volumen 16 (2)**

**IX Congreso Geológico de España**



**Universidad  
de Huelva**



**Instituto Geológico  
y Minero de España**



Geo-Temas es una publicación de carácter no periódico en la que se recogen los resúmenes extensos de las comunicaciones presentadas en los Congresos Geológicos que celebra cuatrienalmente la Sociedad Geológica de España, así como en otros congresos, jornadas y simposios de carácter científico y organizadas por las comisiones de la SGE u otras asociaciones mediante convenios específicos. Los organizadores de cada reunión son los responsables de la obtención de los fondos necesarios para cubrir en su totalidad los gastos de edición y difusión del correspondiente número de Geo-Temas. Al no constituir una publicación de carácter periódico, Geo-Temas es distribuida exclusivamente a los inscritos en los actos a los cuales va dirigida la edición, reservándose un cierto número de ejemplares para la distribución por parte de la SGE.

La SGE no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores de los artículos, siendo por tanto éstas responsabilidad exclusiva de los respectivos autores.

La propiedad intelectual queda a plena disposición del autor de acuerdo con las leyes vigentes. queda prohibida la reproducción total o parcial de textos e ilustraciones de esta revista con fines comerciales sin autorización escrita de la SGE o de los autores. Se permite sin necesidad de autorización la generación de separatas para uso de los autores y la reproducción con fines docentes.

## EDITOR PRINCIPAL

**Juan Antonio Morales González**

Departamento de Geología, Universidad de Huelva, 21007 Huelva (España)

Tel: +34 959 219 815; e-mail: [jmorales@uhu.es](mailto:jmorales@uhu.es)

## EDITORES ADJUNTOS

**Luis M. Nieto Albert**

Facultad de Ciencias Experimentales  
Universidad de Jaen  
Campus Universitario "Las Lagunillas"  
23071 JAEN  
[lmnieto@ujaen.es](mailto:lmnieto@ujaen.es)

**Carlos L. Liesa Carrera**

Dpto. Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza  
50009 ZARAGOZA  
[carluis@unizar.es](mailto:carluis@unizar.es)

**Ignacio Arenillas Sierra**

Dpto. Ciencias de la Tierra  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Zaragoza  
50009 ZARAGOZA  
[carluis@unizar.es](mailto:carluis@unizar.es)

## COMITÉ CIENTÍFICO

Pedro Alfaro (U. Alicante)  
Bartolomé Andreo (U. Málaga)  
Ricardo Arenas (U. C. Madrid)  
Puy Ayarza (U. Salamanca)  
José Miguel Azañón (U. Granada)  
Beatriz Bádenas (U. Zaragoza)  
Fernando Bea (U. Granada)  
Elisabet Beamud (U. Barcelona-CSIC)  
José Borrego (U. Huelva)  
Amelia Calonge (U. Alcalá)  
M<sup>a</sup>. Luisa Calvache (U. Granada)  
Ramón Carbonell (CSIC)  
Rosa M<sup>a</sup>. Carrasco (U. Castilla la Mancha)  
Antonio Casas (U. Zaragoza)  
Antonio Castro (U. Huelva)  
José M<sup>a</sup> Cebriá (CSIC)  
Juan Carlos Cerón (U. Huelva)  
Ferrán Colombo Piñol (U. Barcelona)  
Ana Crespo (U. Granada)  
Manuel Díaz Azpiroz (U. P. de Olavide)  
Jesús Díaz Curiel (U. P. Madrid)  
Fernando Díaz del Olmo (U. Sevilla)

Enrique Díaz Martínez (IGME)  
Rubén Díez Fernández (U. Salamanca)  
Carlota Escutia (U. Granada-IACT-CSIC)  
Carlos Fernández (U. Huelva)  
Francisco J. Fernández Rguez. (U. Oviedo)  
Germán Flor Blanco (U. Oviedo)  
Encarnación García Navarro (U. Huelva)  
Joaquín García-Sansegundo (U. Oviedo)  
Jacinta García Talegón (U. Salamanca)  
Juan Gómez-Barreiro (U. Salamanca)  
José Luis González (Dpto. Seg. Nacional)  
José Antonio Grande Gil (U. Huelva)  
Albert Griera (U. A. Barcelona)  
Nemesio Heredia Carballo (IGME)  
Nadia Herrero (Generalitat de Cataluña)  
Pedro Huerta (U. Salamanca)  
María José Huertas (U. C. Madrid)  
María José Jurado (ICTJA-CSIC)  
Emilia H. Lopera Pareja (CIEMAT-CSIC)  
Sergio Llana Fúnez (U. Oviedo)  
Domingo Martín Sánchez (U. P. Madrid)  
Jesús Martínez Frías (U. C. Madrid -CSIC)

Rosa M<sup>a</sup>. Mateos (IGME)  
José Jesús Martínez Díaz (U. C. Madrid)  
Eduardo Mayoral Alfaro (U. Huelva)  
Pilar G. Montero (U. Granada)  
Juan A. Morales González (U. Huelva)  
Belén Oliva (U. A. Madrid)  
Alberto Pérez López (U. Granada)  
Rafael Pérez López (U. Huelva)  
Isabel Rábano (IGME)  
Antonio Rodríguez Ramírez (U. Huelva)  
Francisco Rodríguez Tovar (U. Granada)  
Joaquín Rodríguez Vidal (U. Huelva)  
Gabriel Ruiz de Almodóvar  
Pere Santanach (U. Barcelona)  
María Santisteban Fernández (U. Huelva)  
Esther Sanz (U. C. Madrid)  
Rosa Tejero (U. C. Madrid -IGEO, CSIC)  
Teresa Valente (U. do Minho)  
Blas Valero (IPE-CSIC)  
Juan Carlos Vera Rodríguez (U. Huelva)  
Fermín Villarroya Gil (U. C. Madrid)  
Carlos Villaseca González (U. C. Madrid)

## SEDE EDITORIAL

**Sociedad Geológica de España:**

Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced, s/n. 37008 Salamanca, España.

<http://www.sociedadgeologica.es>

**Imagen de portada:** Acantilados de Playa de Castilla, Costa oriental de Huelva.  
Fotografía de Francisco M. Alonso Cháves.

# Geo-Temas



IX Congreso Geológico de España  
Huelva, Septiembre 2016

Editores:

***Juan A. Morales González***  
***Berta M. Carro Flores***  
***Aguasanta Miguel Sarmiento***  
***Manuel A. Camacho Cerro***

Vol. 16 (2016)



# Geo-Temas

Vol. 16 (2) (2016)

## ÍNDICE

### Mesas redondas

*Turismo geológico, geoparques, divulgación de la geología: ¿un nuevo nicho de empleo?* 1

**A. Crespo-Blanc, J.M. Barrera, D. Monge y G. Gemio**

*Una breve biografía de nuestras geólogas veteranas* 5

**Comisión Mujeres y Geología de la Sociedad Geológica de España**

### Rocas graníticas del Cinturón Varisco Europeo. Simposio en homenaje a Guillermo Corretgé.

*Los metagranitos de las Unidades Basales de los complejos alóctonos de Galicia (NO del Macizo Ibérico): Evolución geoquímica y contexto geodinámico* 15

**P. Andonaegui, R. Díez Fernández y J. Abati**

*Isotopic and igneous record of the Avalonian-Cadomian arc in NW Iberia.* 19

**R. Arenas, P. Andonaegui, R. Albert, S. Sánchez Martínez and R. Díez Fernández**

*U-Pb zircon age and tectonic meaning of the Cardenchoa pluton (Ossa-Morena Zone).* 23

**A. Azor, J.F. Simancas, D.J. Martínez Poyatos, P. Montero, F. González Lodeiro y I. Pérez-Cáceres**

*Caracterización del basamento Bético: Un estudio U-Th-Pb SHRIMP en circones de enclaves graníticos Variscos incluidos en lamproitas de la Región Volcánica Neógena del sureste de España.* 27

**A. Cambeses, P. Montero, J.H. Scarrow, J.F. Molina y F. Bea**

*Petrología del plutón tardi- post-hercínico de Valdepeñas (Ciudad Real).* 31

**M. Carracedo Sánchez, F. Sarrionandia, J.F. Santos-Zalduogui, S. García de Madinabeitia, J. Errandonea y J.I. Gil-Ibarguchi**

*The role of apatite in the melting of pargasite-bearing metasomatized mantle. Implications in the the generation of primary vaugneritic liquids* 35

**A. Castro, R. Muñoz, M. López-Plaza and F. J. López-Moro**

*Fábrica magmática y relaciones de contacto de los granitoides intrusivos en el Prado de las Pozas, zona central del macizo de Gredos, batolito del Sistema Central, España.* 39

**J. Díaz-Alvarado, C. Fernández y A. Castro**

*Modelo cinemático de interacción de megacristales de feldespatopotásico durante el flujo de magmas graníticos.* 43

**C. Fernández, M. Díaz Azpiroz, J. Díaz Alvarado y A. Castro**

*Geochemical characterization of the leucosomes and leucogranites of the migmatitic region of Sanabria, Iberian Massif.* 47

**M. Garcia-Arias, L.G. Corretgé and A. Castro**

<i>La cordierita en los monzogranitos de Cabeza de Araya, Cáceres (Macizo Ibérico): modelización experimental y termodinámica.</i>	51
<b>O. García-Moreno, A. Castro, L. G. Corretgé, F. Holtz y M. García-Arias</b>	
<i>Condiciones de cristalización en granitoides variscos post-tectónicos de tipo I en el NO de España: el plutón de Porriño.</i>	55
<b>L. González-Menéndez, G. Gallastegui, A. Cuesta, A. Rubio-Ordóñez, P. Montero y F. Bea</b>	
<i>Cordierite in the Cabeza de Araya granite: An exo-peritectic phase from wall-rock local assimilation?</i>	59
<b>C. Rodríguez, A. Castro y O. García Moreno</b>	
<i>Nuevas aportaciones a la datación cronológica de los granitos de Cabeza de Araya, (Cáceres).</i>	63
<b>Rubio-Ordóñez, A., García-Moreno, O., Montero, P. y Bea, F.</b>	
<i>The Puente del Congosto (Salamanca) plutonic complex. A detailed view at the contact of a large calc-alkaline batholith in Central Iberia.</i>	67
<b>A. Castro, C. Fernández, J. D. de la Rosa and I. Moreno-Ventas</b>	
<i>Plutonismo Pérmico-Carbonífero alumino-potásico en la Zona Surportuguesa. El granito cordierítico de El Crispinejo.</i>	71
<b>A. Díez-Montes, P. Valverde-Vaquero, C. Rey Moral y T. Sánchez-García</b>	
<i>The Ceret gabbro-diorite: a mafic intrusive body emplaced at the mid-crustal levels of Roc de Frausa Massif (Eastern Pyrenees).</i>	75
<b>M. Liesa, C. Aguilar and A. Castro</b>	
<i>Contrastes estructurales entre el plutonismo varisco precoz y el tardío del centro-oeste de España.</i>	79
<b>M. López-Plaza y F.J. López-Moro</b>	
 <b>Agua, minería y Medio Ambiente.</b>	
<i>Escobreiras reativas da mina de Valdarcas (NW de Portugal): Evolução da cobertura vegetal.</i>	83
<b>E. Abreu, T. Valente, Santisteban, B. Carro y C. Cerón</b>	
<i>Propriedades do efluente da mina de Valdarcas (NW de Portugal): Evolução espacial e temporal das características hidroquímicas da drenagem ácida.</i>	87
<b>E. Abreu, T. Valente, M.L. de la Torre, J. Borrego y J.A. Grande</b>	
<i>Aplicación de cluster lineal a la caracterización hidroquímica del efluente ácido de Mina Concepción.</i>	91
<b>B. Carro, M. Santisteban, M. Tavira, J.A. Grande y P. Gomes</b>	
<i>Efectos del AMD en la estructura de la central térmica de Corrales.</i>	95
<b>J.M. Dávila, J.C. Fortes, Y. Drik, J.F. Ballester y E. Abreu</b>	
<i>Los puentes de ferrocarril de la línea de Tharsis: durabilidad y AMD.</i>	99
<b>J.M. Dávila, A. Madrona, J.C. Fortes, M.L. de la Torre y P. Gomes</b>	
<i>Variaciones estacionales en la concentración de metales pesados en la materia en suspensión de un estuario afectado por A. M. D. (La Ría de Huelva).</i>	103
<b>M.L. de la Torre, J. Borrego, B. Carro, J.A. Grande, T. Valente y J. Loredó</b>	
<i>Aportaciones del Centro de Investigación para la Ingeniería en Minería Sostenible (CIPIMS) al conocimiento de la hidrogeoquímica de los ríos Tinto y Odiel.</i>	107
<b>M. L. de la Torre, J.A. Grande, T. Valente, J. Loredó, J. Borrego, M. Santisteban, J.C. Cerón, J.M. Dávila, J.C. Forte1, P. Gómez, I. Salmerón, E. Pérez-Ostalé, B. Carro, J. Aroba y J.M. Andujar</b>	
<i>Máquinas de desagües utilizadas por la minería romana en la provincia de Huelva.</i>	111

<b>J.C. Fortes, L. Sabido, B. Fortes, J.M. Dávila y I. Salmerón</b>	
<i>Propuesta metodológica para la caracterización de un embalse minero mediante técnicas geofísicas y posterior contraste de resultados mediante ICP y DRX.</i>	115
<b>J. Grande, M. Santisteban, T. Valente, J. Borrego y P. Fernández</b>	
<i>Incidencia ambiental de las actividades mineras en la zona del Priorat (Tarragona).</i>	119
<b>A. Navarro, I. Herms, J. Cirés y G. Arnó</b>	
<i>Estimación del fondo geoquímico para metales en suelos y sedimentos en el antiguo distrito minero del Priorat (Tarragona).</i>	123
<b>A. Navarro, I. Herms, J. Cirés y G. Arnó</b>	
<i>Caracterización de lixiviados mineros de la cuenca del río Odiel (SO España) para el diseño de plantas de tratamiento pasivo con tecnología DAS.</i>	127
<b>M. Olías, J.M. Nieto, F. Macías, M. López, A. Gómez, M.A. Vela y M. Escalona</b>	
<i>Mineralogy of the sediments of water dams affected by Acid Mine Drainage in the Spanish sector of the Iberian Pyrite Belt (SW Europe).</i>	131
<b>P. Gomes, T. Valente, J. Grande, M. A. Sequeira Braga y M. Santisteban</b>	
<i>Aplicación de cluster borroso a la caracterización hidroquímica del efluente ácido de Mina Concepción.</i>	135
<b>M. Santisteban, M. Tavira, J.A. Grande, J.M. Dávila y J. Aroba</b>	
<i>El embalse El Sancho: un escenario singular afectado por procesos AMD.</i>	139
<b>M. Santisteban, J.A. Grande, T. Valente y J.C. Cerón</b>	
<i>Mobility of rare earth elements in AMD-precipitates, Iberian Pyrite Belt (SW Spain).</i>	143
<b>T.O. Soyol-Erdene, T. Valente, J.A., Grande, B. Carro y M.L. de la Torre</b>	
<i>AMD-precipitates formed in an arsenic-rich environment – the case of Penedono mine waste-dumps (N Portugal).</i>	147
<b>Valente, P. Gomes, M. Santisteban, M.L. de la Torre y J.A. Grande</b>	
<i>Aspectos radiológicos de las aguas de embalses potencialmente afectados por drenaje ácido de mina (AMD) en la Faja Pirítica Ibérica (Huelva, SW de España).</i>	151
<b>J.C. Cerón, J.A. Grande, J.P. Bolívar, T. Valente y M. Santisteban</b>	
<i>Fraccionamiento de Tierras Raras en aguas superficiales afectadas por Drenaje Ácido de Mina en la Faja Pirítica Ibérica.</i>	155
<b>J. Borrego, I. Salmerón, T. Valente, J.C. Cerón y B. Carro</b>	
<i>Efecto del Drenaje Ácido de Mina sobre organismos filtradores (Balanus amphitrite) en la Ría de Huelva (SO de España)</i>	159
<b>B. Carro, J. Borrego, A. Segueira, E. Abreu y P. Gomes</b>	

## **Correlación de los terrenos alóctonos del NO y SO del Macizo Ibérico.**

<i>Provenance of the c. 390 Ma HP–HT subducted continental margin (Variscan belt, Cabo Ortegal Complex, NW Iberian Massif).</i>	163
<b>R. Albert, R. Arenas, A. Gerdes, S. Sánchez Martínez y L. Marko</b>	
<i>Geoquímica de rocas máficas en un arco magmático Cámbrico peri- Gondwánico (Complejo de Órdenes, NO del Macizo Ibérico).</i>	167
<b>P. Andonaegui, S. Sánchez Martínez, P. Castiñeiras, J. Abati y R. Arenas</b>	

<i>The Galicia - Ossa-Morena Zone: a new zone of the Iberian Massif.</i>	171
<b>R. Arenas, R. Díez Fernández, F.J. Rubio Pascual, S. Sánchez Martínez, L.M. Martín Parra, J. Matas, J. González del Tánago, A. Jiménez-Díaz, J.M. Fuenlabrada, P. Andonaegui and A. García-Casco</b> <i>A two-stage collision at the origin of Pangea: the allochthonous Variscan terranes.</i>	175
<b>R. Arenas, R. Díez Fernández, S. Sánchez Martínez, A. Gerdes, J. Fernández-Suárez, R. Albert<sup>1</sup> and J.M. Fuenlabrada</b> <i>Petrologic and geochemical characterization of Ediacaran volcanic acid rocks of El Jadida (coastal Block), Morocco.</i>	179
<b>H. El Haibil, H. El Hadi and A. Tahiri</b> <i>Paleogeografía geoquímica de las series metasedimentarias del Macizo Ibérico.</i>	183
<b>J.M. Fuenlabrada, R. Arenas, S. Sánchez Martínez, R. Díez Fernández y A.P. Pieren</b> <i>Assessment of the Variscan collisional transpression in SW Iberia.</i>	187
<b>D. Martínez Poyatos, I. Pérez-Caceres, J.F. Simancas y A. Azor</b> <i>Early Carboniferous synorogenic basins evolution of the Ossa-Morena and Galicia-Trás-os-Montes zones (Iberia): a tectonic model.</i>	191
<b>M.F. Pereira, I.F. Dias da Silva, C. Gama, A. Castro y C. Fernández</b> <i>Correlación de cinturones de alta presión en el NO y SO de Iberia: la zona de sutura Devónica Superior del Macizo Ibérico y la definición del Complejo Alóctono de Ossa-Morena.</i>	195
<b>R. Díez Fernández y R. Arenas</b> <i>Ophiolites in the Variscan suture of NW Iberia I: Distribution and types.</i>	199
<b>S. Sánchez Martínez and R. Arenas</b> <i>Ophiolites in the Variscan suture of NW Iberia II: Geochemistry and classification.</i>	203
<b>S. Sánchez Martínez and R. Arenas</b> <i>Geochemistry of the Upper Ordovician alkaline basalts of the Castro Fm. (Cantabrian Zone): break-up along the Ibero-Armorican margin of the Rheic Ocean?</i>	207
<b>P.Valverde-Vaquero, C.J. Hepburn y E. Martínez García</b> <i>Fósiles ordovícicos del Dominio de Obejo-Valsequillo (Complejo de Ossa Morena, Zona Galicia-Ossa Morena), suroeste de España</i>	211
<b>J.C. Gutiérrez-Marco, S. Lorenzo, I. Rábano, G.N. Sarmiento y J. Carlorosi</b> <i>Evolución tectónica del Macizo Ibérico durante la orogenia Varisca: colisión Gondwana - Laurrusia.</i>	215
<b>R. Díez Fernández, R. Arenas, M. F. Pereira, S. Sánchez Martínez, R. Albert, L. M.I Martín Parra, F. J. Rubio Pascual y J. Matas</b> <i>Metamorfismo de alta-P en las rocas volcánicas submarinas de Espasante(Complejo de Cabo Ortegal) I: Petrografía y mineralogía</i>	219
<b>I. Novo-Fernández, R. Arenas, A. García-Casco y R. Díez Fernández</b> <i>Metamorfismo de alta-P en las rocas volcánicas submarinas de Espasante (II): Condiciones P-T y evolución reaccional.</i>	223
<b>I. Novo-Fernández, A. García-Casco, R. Arenas y R. Díez Fernández</b> <i>Multiple episodes of thrusting and sedimentation in the NW Iberia Parautochthon (SW Europe Variscides).</i>	227
<b>A. Ribeiro, R. Dias, E. Pereira, J. Rodrigues, N. Moreira y C. Coke</b> <i>Rutile chemistry and thermometry in eo-Variscan eclogites/granulites from the Cabo Ortegal and the Malpica-Tui complexes.</i>	231
<b>P.Valverde-Vaquero, M. Fernández González, A. Beranoaguirre y J.I. Gil-Ibarguchi</b>	

## Historia de la Geología.

<i>Recuperación de la Colección Histórica "Bargalló" de la Universidad de Alcalá.</i>	235
<b>J. Audije-Gil, F. Barroso-Barcenilla y M. Segura</b>	
<i>Colecciones paleontológicas históricas de la provincia de Huelva conservadas en el Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid).</i>	239
<b>S. Menéndez, I. Rábano y B. Corrales</b>	
<i>50 años de historia en el Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera.</i>	243
<b>P. Anadón, M. Torné, J. L. Fernández Turiel y J. Díaz</b>	
<i>Las investigaciones geológicas y mineras de Manuel Fernández de Castro en Cuba y Santo Domingo (1859-1869).</i>	247
<b>I. Rábano</b>	
<i>Colaboradores de Hans Stille en España (1924-1941).</i>	251
<b>P. Santanach</b>	
<i>Las Reales Minas de Almadén (Ciudad Real) en la historia de la Geología y Paleontología españolas</i>	255
<b>S. Lorenzo y J.C. Gutiérrez-Marco</b>	
<i>Las Ciencias de la Tierra en las Memorias de la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE IC): pensionados 1907 – 1934.</i>	259
<b>S. Ordóñez y M. A. García-del-Cura</b>	
<i>Los viajes geológicos de Juan Vilanova y Piera por Europa.</i>	263
<b>M.R. Alcalde-Fuentes, F. Barroso-Barcenilla y M. Segura</b>	

## Geología costera y marina.

<i>Sedimentología y petrografía de las arenas de las playas del municipio de Telde (isla de Gran Canaria).</i>	267
<b>J. Mangas, S. Rodríguez, M. Casamayor, M. Juliá e I. Menéndez</b>	
<i>Aspectos morfo-sedimentarios y ambientales de la playa arenosa de San Lorenzo (Gijón, Asturias, NO de España).</i>	271
<b>G. Flor-Blanco, G. Flor, J.L. Gallego, C. Sierra, J. Rey Díaz de Rada y A. Barranco Ojeda</b>	
<i>Evolución de la flecha arenosa de Somo (Santander). Factores naturales y antrópicos.</i>	275
<b>G. Flor, G. Flor-Blanco, C. Borghero, J.J. de Sanjosé y M. Gómez-Lende</b>	
<i>Origen de la laminación en las facies intermareales del canal estuarino del río Guadalquivir: consideraciones climáticas.</i>	279
<b>R. Morales, J.A. Morales, J. Borrego y B. Carro</b>	
<i>Procesos eólicos en las Marismas del Guadalquivir</i>	283
<b>A. Rodríguez Ramírez</b>	
<i>Costras de hierro-manganeso en los montes submarinos de Amanay, El Banquete y el Banco de la Concepción (Islas Canarias): depósitos polimetálicos enriquecidos en tierras raras.</i>	287
<b>L. Á. Quevedo-González, J. Mangas, E. Tauler, I. Menéndez, J. Méndez y J. Rivera</b>	

<i>GEBRA-MAGIA Complex. Procesos de inestabilidad sedimentaria reciente en la Cuenca de Bransfield (Antártida).</i>	291
<b>D. Casas, M. García, F. Bohoyo, A. Maldonado y G. Ercilla</b>	
<i>Estructura superficial y procesos activos en el margen submarino del norte de La Española (República Dominicana): Resultados preliminares.</i>	295
<b>A. Rodríguez-Zurrunero, J. L. Granja Bruña, A. Muñoz-Martín, A. Carbó-Gorosabel, L. Gómez de la Peña, M. Gómez Ballesteros, J.M. Gorosabel-Araus, A. Pazos, M. Catalán, M. Druet y P. Llanes</b>	
<i>Nueva interpretación del relleno sedimentario de la Cuenca de San Pedro (Offshore de la República Dominicana) en base a nuevos datos sísmicos.</i>	299
<b>J.M. Gorosabel-Araus, J.L. Granja Bruña, A. Carbó-Gorosabel, L. Gómez la Peña, A. Rodríguez-Zurrunero, A. Muñoz-Martín, A. Pazos, M. Gómez-Ballesteros, M. Druet y P. Llanes</b>	
<i>Las terrazas marinas al sur de la isla de Tabarca (Alicante, SE España).</i>	303
<b>J. E. Tent-Manclús, J. F. Baeza-Carratalá, J. M. Soria y J. L. Soler Llorens</b>	
<i>Sobreconsolidación aparente en sedimentos marinos.</i>	307
<b>M. Yenes, S. Monterrubio, J. Nespereira y D. Casas</b>	
<i>La Corriente de Canarias según sus registros geológicos.</i>	311
<b>J. Meco, A. Lomoschitz y J.F. Betancort</b>	
<i>Nuevos datos cronoestratigráficos de la Fm. Marismas (Bajo Guadalquivir).</i>	315
<b>M.P. Mata, J.M.Salvany, T. Torres-Hidalgo, A. Salazar, J.C. Larrasoaña, J.E. Ortiz y C. Mediavilla</b>	
<i>Caracterización mineralógica de los depósitos holocenos del Marjal de Almenara (Castellón-Valencia, España). Implicaciones paleoambientales.</i>	319
<b>B. del Moral, J.F. Mediato-Arribas, E. Ugarte, R.M. Mediavilla y J.I. Santisteban</b>	
<i>Bathymetry and geological setting of the Drake Passage (Antarctica)</i>	323
<b>F. Bohoyo, R. D. Larter, J. Galindo-Zaldívar, P. T. Leat, A. Maldonado, A. J. Tate, M. M. Flexas, E.J.M. Gowland, J.E. Arndt, B. Dorschel, Y.D. Kim, J.K. Hong, J. López-Martínez, A. Maestro, O. Bermúdez Y F.O. Nitsche</b>	
<i>Análisis de lineamientos en el Margen Continental de Galicia y en las llanuras abisales adyacentes a partir del Modelo Digital del Terreno: Implicaciones en la evolución morfoestructural.</i>	327
<b>A. Maestro, G. Jané, E. Llave, J. López-Martínez y F. Bohoyo</b>	
<i>Marine gas hydrate: a future resource of natural gas for Europe?</i>	331
<b>M.P. Mata, K. Wallman, A. Neuman, H. Marín-Moreno, E. Piñero, T. Minshull, J.T. Vázquez, D. Casas, G. Ercilla, A. Bernabeu Tello, R. Carreira López, V. Díaz del Rio Español, M.C. Fernández-Puga, S. García Gil, M. Gómez Ballesteros, R. León, N. López-González, V. Magalanes, F. Martínez Ruiz, L. Menezes Pinheiro, D. Palomino, D. Rey, B. Rubio Armesto, I. Sainz Diaz, O. Sánchez-Guillamón, S. Vadakkepulyambatta, F. Vilas Martin</b>	
<i>Caracterización ecológica del estuario de Orión (E de Cantabria, N de España) a partir de la distribución de las asociaciones de ostrácodos recientes.</i>	335
<b>A. Ordiales, J. Mendicoa y B. Martínez-García</b>	
<i>Geomorfología y procesos sedimentarios recientes en el sector norte del margen continental de Argentina.</i>	339
<b>G. Ercilla, G. Bozzano, F. Estrada, R. Violante, J. Rengel, D. Muñoz, N. Páez Rubia, O. Silvestri, D. Spoltore y T. Schwenk</b>	
<b>Geoética.</b>	
<i>Los geoparques como áreas de investigación, geoeducación y geoética en geociencias planetarias: el geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo.</i>	343
<b>J. Martínez-Frías, M<sup>a</sup> E. Mateo Mederos y R. Lunar Hernández</b>	

<i>Aproximación a la Geoética desde la investigación en comunicación social: la tecnología extractiva de fractura hidráulica como estudio del caso en España.</i>	347
<b>E. H. Lopera-Pareja, D.A. Martín-Sánchez y A. García-Laso</b>	
<i>La ética en la educación universitaria. Un modelo viable.</i>	351
<b>D.A. Martín-Sánchez, A. García-Laso, J.L Costafreda-Mustelier y E. H. Lopera-Pareja</b>	
<i>Criterios éticos en el uso de los recursos hídricos.</i>	355
<b>F. Villarroya</b>	
<i>Dos casos de intrusismo científico en la paleontología peruana</i>	359
<b>J.C. Gutiérrez-Marco, A.A. Sá y D.C. García-Bellido</b>	
 <b>Geo-arqueología.</b>	
<i>Canteras en el Altomedievo, materiales pétreos para la construcción de la Iglesia de San Pedro de La Mata (Sonseca, Toledo).</i>	363
<b>E. Álvarez Areces, M.A. Utrero Agudo, J. Fernández Suárez y J.M. Baltuille Martín</b>	
<i>Avance del estudio petrográfico de los tholoi de La Pastora y Matarrubilla, Valencina de la Concepción (Sevilla).</i>	367
<b>L.M. Cáceres, J.M. Vargas, T. Donaire, F. Muñiz y J. Rodríguez-Vidal</b>	
<i>Rubefaction process as prospection criteria within the roman goldmining context of the Eria Gold Mining District (León, NW Spain).</i>	371
<b>J. Fernández-Lozano, J.A. Blanco-Sánchez, J. García-Talegón and P. Franco</b>	
<i>Evolución histórico-geográfica de la extracción de piedra natural para la construcción civil y religiosa de San Ciprián (N de Lugo, Galicia).</i>	375
<b>J. Fernández, E. Areces y J.M. Baltuille</b>	
<i>Modelo de emersión de barreras estuarinas por secuencias tempestíticas en la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel (Huelva).</i>	379
<b>P. Gómez, J. Rodríguez-Vidal, M.L. González-Regalado, L.M. Cáceres, A. Toscano, M.J. Clemente, A. Redondo, F. Ruiz, M. Abad y T. Izquierdo</b>	
<i>Geoarqueología y registros geológicos del último milenio: el pozo de la Antigua Fábrica de Tabacos (Gijón, N España).</i>	383
<b>M. Jiménez-Sánchez, B. Naves-Ramos, D. Ballesteros, S. Giralt, A. Moreno y Blas Valero-Garcés</b>	
<i>Prospección arqueofísica del Islote Forban (Sainte Marie, Madagascar).</i>	387
<b>J.A. Morales, J. A. Grande y T. Valente</b>	
<i>Record of a Roman Earthquake (2nd Century AD) in the Guadalentín Depression (Murcia, SE Spain): Micromorphological analysis of liquefaction.</i>	391
<b>P.G. Silva, E. Roquero, M.A. Rodríguez-Pascua, P. Huert, T. Bardají, J.L. Giner, M.A. Perucha y J. Elez</b>	
<i>Evolución paleoambiental holocena de la Bahía Algeciras/Gibraltar.</i>	395
<b>M.J. Clemente-Pérez, M.L. González-Regalado, J. Rodríguez-Vidal, L.M. Cáceres, A. Toscano,</b>	
<i>Los efectos orientados del terremoto de Lisboa (1755) en el patrimonio de Sevilla (Valle del Guadalquivir, España).</i>	399
<b>M. A. Rodríguez-Pascua, F. J. Morales Manzanos, M.A. Perucha, I. Palomo Lozano, P.G. Silva y J.L. Giner</b>	
<i>Evolución de la vegetación en el contexto geoarqueológico de la ensenada colombina de Palos (Palos de la Frontera, Huelva).</i>	403
<b>B. Ruiz-Zapata, M.J. Gil García, J. Campos, P. Gómez, J. Rodríguez-Vidal, L.M. Cáceres y J. Bermejo</b>	

## Geología de la cordillera de los Andes y su antepaís.

- Características y cinemática de las estructuras de pliegues y cabalgamientos de la Formación Las Tórtolas al este de Chañaral, Cordillera de la Costa, norte de Chile.* 407  
**L. Sáez, J. Díaz-Alvarado, C. Fernández, N. Rodríguez y P. Fuentes**
- La deformación Chánica en el Bloque San Rafael (Provincia de Mendoza, Argentina): implicaciones tectónicas.* 411  
**P. Farias, J. García-Sansegundo, A. Rubio-Ordoñez, P. Clariana, C. Cingolani y N. Heredia**
- Evolución sedimentaria y paleogeográfica cenozoica de la Cuenca Quebrada Del Profeta, Norte de Chile.* 415  
**A. Fernández-Mort, R. Riquelme, S. Muñoz y K. Centellas**
- Influencia de la orogénesis andina en la geología de Sudamérica suroriental.* 419  
**D. Antón y A. Pereira Bruschi**
- Bacterias filtrantes de fluidos minerales. Formación San Ignacio, Paleozoico Superior, Cordillera Frontal, San Juan, Argentina.* 423  
**E. Prats, P. Busquets, G. Gallastegui, S.N. Césari, A. Cuesta, O. Limarino y F. Colombo**
- Evolución tectono-metamórfica Chánica del Complejo Guarguaraz, Cordillera Frontal de los Andes (Mendoza, Argentina).* 427  
**J. García-Sansegundo, G. Gallastegui, P. Farias, A. Rubio-Ordoñez, A. Cuesta, N. Heredia, L. Giambiagi y P. Clariana**
- Caracterización del basamento paleozoico de los Andes Nordpatagónicos en el área de San Martín de los Andes.* 431  
**S. Serra-Varela, R. Giacosa, P. González, N. Heredia, F. Martín-González y D. Pedreira**
- Características estratigráficas y estructurales de un paleovalle glacial Mississipiense. Precordillera Andina. San Juan (Jáchal), Argentina.* 435  
**F. Colombo, J.L. Alonso, C.O. Limarino, L. Quintana, R. Cardó y S.N. Césari**
- Estratigrafía y sedimentología de la Fm La Banda (Cuenca de Loja, Mioceno, Sur de Ecuador).* 439  
**D. Corrochano**
- Evolución del campo de esfuerzos en Tierra del Fuego durante el Mesozoico-Cenozoico (extremo meridional de la Cordillera Andina).* 443  
**A. Maestro, P. Ruano, P.J. Torres-Carbonell, F. Bohoyo, J. Galindo-Zaldívar, A. Pedrera, A. Ruiz-Constan, L. González-Castillo, P. Ibarra y J. López-Martínez,**

## Microestructuras en Ciencias de la Tierra.

- Cuantificación del sistema poroso de areniscas sobre imágenes adquiridas con escáner de alta resolución mediante análisis óptico de imagen.* 447  
**E. Berrezueta y M.J. Domínguez-Cuesta**
- Microscopía óptica y análisis de imagen aplicados a la caracterización de menas metálicas en probetas pulidas.* 451  
**E. Berrezueta, B. Ordóñez-Casado, R. Castroviejo, W. Bonilla y R. Banda**
- Superposition relations of microfabrics in the northern hanging-wall block of the Évora Massif (Ossa-Morena Zone).* 455  
**Í. Días da Silva, M.F. Pereira and J.B. Silva**
- Consideraciones metodológicas para el análisis cuantitativo de la textura en rocas deformadas.* 459  
**J. Gómez-Barreiro, J.M. Benítez-Pérez, M., Durán Oreja, J.R. Martínez Catalán y H-R. Wenk**

<i>Influencia de la historia deformativa en la evolución de microestructuras de olivino: implicaciones para la interpretación de la anisotropía sísmica del manto.</i>	463
<b>A. Griera</b>	
<i>Organic microstructures as developmental processes: a general approach.</i>	467
<b>M. De Renzi</b>	
<i>Caracterización de la distribución 3D de tamaños de grano a partir de secciones 2D en milonitas usando el método Saltykov y una modificación del mismo</i>	471
<b>M. A. Lopez-Sanchez y S. Llana-Fúnez</b>	
<i>Misorientation analysis in garnet coronitic textures.</i>	475
<b>J.M. Benítez-Pérez, J. Gómez-Barreiro, E. Mariani y J.R. Martínez Catalán</b>	
<i>Anisotropy and Texture development in mylonitic felsic granulites of the Sobrado Unit (NW Iberia).</i>	479
<b>J.M. Benítez-Pérez, J. Gómez-Barreiro, J.R. Martínez Catalán, H-R. Wenk, S.C. Vogel, Bachir Ouladdiaf y L. Mancini</b>	
<i>Rocas de falla en la base del manto de Somiedo (Zona Cantábrica, Orógeno Varisco).</i>	483
<b>N. Caldera, S. Llana-Fúnez y J. L. Alonso</b>	
<i>Análisis cuantitativo de la textura mediante difracción neutrónica de materiales policristalinos deformados: implicaciones reológicas para la corteza inferior.</i>	487
<b>M. Durán Oreja y J. Gómez Barreiro</b>	

## **Del Cinturón Varisco al Sistema Alpino: Tectónica y Neotectónica de Iberia. Simposio en homenaje a Ramón Capote.**

<i>La serie sísmica de Alhucemas 2016. Partición de la deformación e interacción de estructuras en un límite de placas difuso.</i>	491
<b>J.A. Álvarez-Gómez, R. Martín, R. Pérez-López, D. Stich, J.V. Cantavella, J.J. Martínez-Díaz, J. Morales, P. Martínez García, J.I. Soto y E. Carreño</b>	
<i>Deformación varisca, tardi-varisca y alpina en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica: propuesta para diferenciación y denominación de estructuras.</i>	495
<b>A. Casas, M. Marcén, P. Calvín, A. Gil, T. Román y A. Pocoví</b>	
<i>Interplay between Variscan extension and contraction in the Ossa-Morena Zone (Iberia): Structure of the northern hanging-wall block of the Évora Massif.</i>	499
<b>Í. Dias da Silva, M.F. Pereira and J.B. Silva</b>	
<i>Modelos cinemáticos de la deformación varisca en la zona de cizalla de Hiendelaencina (Anticlinorio del Olla de Sapo, Zona Centroibérica).</i>	503
<b>C. Fernández, R. Capote y M. Díaz-Azpiroz</b>	
<i>Sistemas de fallas tardi-oroclinal Cantábrico: modelación de su influencia en la evolución alpina de Iberia.</i>	507
<b>J. Fernández-Lozano, G. Gutiérrez-Alonso, D. Sokoutis, E. Willingshofer, G. De Vicente y S. Cloetingh</b>	
<i>Velocidad de desplazamiento de la falla de Alhama de Murcia calculada mediante técnicas paleosismológicas y morfotectónicas.</i>	511
<b>M. Ferrater, M. Ortuño, E. Masana, J.J. Martínez-Díaz, R. Pallàs, A. Medialdea, H. Perea, S. Baize, E. García-Meléndez, A. Echeverría, T. Rockwell, W.D. Sharp, E. Rhodes y R. Arrowsmith</b>	
<i>Estimación de la resistencia de la litosfera en la península ibérica.</i>	515
<b>A. Jiménez-Díaz, J. Ruiz, R. Tejero, J. F. Kirby y Ramón Capote</b>	
<i>Nuevos eventos deformacionales registrados en el Segmento SO de la Falla de Carrascoy (Murcia, España): Implicaciones en el modelo de crecimiento.</i>	519

<b>R. Martín-Banda, J. M. Insua-Arévalo, J. García-Mayordomo, A. Salazar y C. Crespo-Martín</b>	
<i>Intervalos de recurrencia de la zona de falla de Baza para el intervalo Pleistoceno superior-Holoceno.</i>	523
<b>Martin-Rojas, I.; Castro, J.; Medina, I.; García-Tortosa, F.J. y Alfaro, P</b>	
<i>Inversión Cenozoica de la cuenca Mesozoica del Maestrat: Evolución cinemática del cinturón de pliegues y cabalgamientos desarrollado en su margen norte (Cadena Ibérica oriental).</i>	527
<b>M. Nebot y J. Guimerà</b>	
<i>Tectónica salina en la terminación occidental de la Unidad Surpirenaica Central.</i>	531
<b>P. Santolaria, A. Casas-Sainz y R. Soto</b>	
<i>Cuatro décadas de análisis de paleoesfuerzos: un balance desigual.</i>	535
<b>J.L. Simón</b>	
<i>La tectónica alpina en el SO peninsular (España).</i>	539
<b>R. Tejero, M. Tsige y G. Garzón</b>	
<i>La Cordillera Bética, un orógeno desmembrado extensionalmente y sin raíz orogénica en sus zonas internas: ¿Qué empuja a Sierra Nevada a mantenerse por encima de los 3000 m de altitud?</i>	543
<b>J.M. Azañón, G. Booth-Rea, J.V. Pérez- Peña, J. Morales, D. Stich, F.L. Mancilla, J.P. Galve, F.J. Roldán y J. Rodríguez-Fernández</b>	
<i>Kinematics and geomorphology of the Algodonales - Badolatosa shear zone at the fold-and-thrust belt of the western Subbetics.</i>	547
<b>R. García, A. Jiménez Bonilla, M. Díaz-Azpiroz, F. Pérez Valera, J.C. Balanyá and I. Expósito</b>	
<i>Combinación de métodos de datación en cronologías paleosísmicas: el ejemplo de La Hoya (Falla de Alhama de Murcia).</i>	551
<b>M. Ortuño, M. Ferrater, E. Masana, J.J. Martínez-Díaz, R. Pallàs, H. Perea, S. Baize, E. García-Meléndez, T. Rockwell, W.D. Sharp, A. Medialdea, E. Rhodes, P.P. Cunha, R. Sohbati, J.P. Buylaert y A. Murray</b>	
<i>La falla transfer dextra del Guadalquivir: límite norte de la extensión en las béticas externas durante el Mioceno superior.</i>	555
<b>F. J. Roldán, J. M.I Azañón, J. Rodríguez-Fernández, G. Booth-Rea y Rosa María Mateos</b>	
<i>Gravimetría preliminar del antepaís Pirenaico central; distribución de las evaporitas y geometría de zócalo.</i>	559
<b>P. Santolaria, F. M. Rubio, C. Ayala, E. L. Pueyo, A. Rodríguez-Pintó, R. Soto y A. M. Casas</b>	
<i>Nuevos datos de actividad paleosísmica de la falla de Alhama de Murcia en el abanico de La salud (segmento Lorca-Totana), Béticas orientales.</i>	563
<b>C. Canora, C. Roca, J. Martínez-Díaz, J.M. Insua-Arévalo, F. Martín-González, J. Alonso-Henar<sup>1</sup>, D. Gómez-Ortiz, P. Martínez-Pagan, E. Masana, M. Ortuño, M. Ferrater y A. Medialdea</b>	
<i>Monitorización multi-paramétrica de la Falla de Alhama de Murcia.</i>	567
<b>J. J. Martínez-Díaz, R. Pérez-López, A. Staller y equipo InterGeoSima</b>	
 <b>Perforación científica y monitorización del subsuelo.</b>	
<i>Maar-diatreme infill features recorded in borehole imaging.</i>	571
<b>X. Bolós, M. J. Jurado, O. Oms, J. Martí, J. Crespo, G. Campeny, B. Gómez de Soler and J. Agustí</b>	
<i>Bore-hole image techniques applied to identification of chert and dolomite layers in lacustrine sediments.</i>	575
<b>J. Miró, M.J. Jurado, O. Oms, J.D. Martín-Martín, J. Ibáñez, P. Anadón, J. Crespo, B. Gómez de Soler, G. Campeny and J. Agustí</b>	
<i>FAM-1 Borehole: first results from the scientific drilling of the Alhama de Murcia Fault, Betic Cordillera, Spain.</i>	579

<b>J. J. Martínez-Díaz, J.M. Insua-Arévalo, M. Tsige, E. Rodríguez-Escudero, J. Alonso-Henar, J. Crespo, D. Jiménez-Molina, J. M. Moratalla, M. J. Rodríguez-Péces, J. A. Álvarez-Gómez, R. Pérez-López; M. J. Jurado, M. Alvaro y R. Capote</b>	
<i>Contourites and gravity deposits of Faro Drift (Gulf of Cadiz): áreas fuente</i>	583
<b>B. Alonso, G. Ercilla, D Casas, D.A.W. Stow, F.J. Rodríguez-Tovar, J. Dorador and F.J. Hernández-Molina</b>	
<i>Investigating Miocene Mediterranean-Atlantic gateway exchange: the amphibious IODP-ICDP IMMAGE pre-proposal</i>	587
<b>R. Flecker and IMMAGE scientific team</b>	
<i>ICDP MexiDrill the Basin of Mexico Drilling Project, Preliminary Report</i>	589
<b>E. Brown, S. Lozano-García, M. Caballero-Miranda, B. Ortega- Guerrero, E. Cabral-Cano, E. Morales-Casique, L. Pérez, A. Schwalb, V. Smith, J. Werne, P. Fawcett, M. Stockhecke, F. Preusser, J. Kallmeyer, S. Watt, A. Noren, A. Myrbo, R. O'Grady, B. Steinman, H. Rawson, T. Wonik, M. Blaauw, D. Schnurrenberger, A. Arciniega-Ceballos, F.Vergara-Huerta, B. Valero-Garcés and the MexiDrill science team</b>	
<i>Caracterización de acuíferos mediante testificación geofísica e imágenes 3D en los sondeos de investigación Almera-1 y Almera-2, en el entorno urbano de la ciudad de Barcelona</i>	593
<b>J. Crespo y M. J. Jurado<sup>1</sup></b>	
<i>Evolution of the Gulf of Cadiz Margin and southwest Portugal contourite depositional system based on IODP Expedition 339 results: tectonic, sedimentary and paleoceanographic implications</i>	597
<b>F.J. Hernández-Molina, F.J. Sierro, E. Llave, C. Roque, D.A.V. Stow, T. Williams, J. Lofi, M. Van der Schee, A. Arnaiz, S. Ledesma, C. Rosales, F.J. Rodríguez-Tovar, E. Pardo-Igúzquiza and R.E. Brackenridge</b>	
<i>Onset and development of the Drake Passage and Scotia Sea gateways and its influence on global ocean circulation and climate (IODP proposal)</i>	601
<b>F. J. Hernández-Molina, R.D. Larter, E. Thomas, L. F. Pérez, G. Eagles; F. Bohoyo, E. Lodolo, X. Chuang Xuan, I.W.D. Dalziel, D.A.V. Stow, C. Escutia, J. Biddle, W. Sijp, D. Harwood and D. A. Tassone</b>	
<i>Late Oligocene contourite sedimentation in the Antarctic Wilkes Land margin: IODP Site U1356</i>	605
<b>A. Salabarnada, C. Escutia, C.H. Nelson, U. Roehl, F.J. Jimenez-Espejo, D. Evangelinos, Robert McKay, M. Ikehara and A. Lopez</b>	
<i>Tomografía sísmica vertical inversa 2.5D alrededor del sondeo científico Almera-1, ICTJA-CSIC, Barcelona</i>	609
<b>T. Teixidó y M. J. Jurado</b>	
<i>On the connection of fractures with clays and fluids in the accretionary prism of the Nankai Trough at Site C0002, NanTroSEIZE IODP Expedition 338/348. Borehole images and log interpretation results.</i>	613
<b>M.J. Jurado and A. Schleicher.</b>	
<i>Scientific drilling in the campus: Almera-1 unraveling urban subsurface geology in Barcelona, Spain.</i>	617
<b>M.J. Jurado and J.M. Salvany.</b>	
<b>Carbonatos continentales: una aproximación multidisciplinar.</b>	
<i>The lacustrine carbonates in the El Gara Basin (Mid-Late Pleistocene, NW Tunisia).</i>	621
<b>N. Ghannem, I. Armenteros, C. Riahi and K. Regaya</b>	
<i>Petrografía de inclusiones fluidas en espeleotemas: comparación con calcitas no espeleotémicas.</i>	625
<b>M. Lopez Elorza, M.B. Muñoz García, L. González Acebrón Y J. Martín Chivelet</b>	
<i>Sedimentos continentales del tránsito Aptiense – Albiense intercalados en carbonatos de plataforma somera (Prebético de Jaén, S de España).</i>	629
<b>L.M. Nieto, J.M. Molina, P.A. Ruiz-Ortiz, J.M. Castro, C. Martín-Closas y M. Reolid</b>	

*Morfología de cristales de dolomita en dolocretas y depósitos lacustres del Cenozoico de las Cuencas de Madrid y de Almazán.* 633

**P. Huerta, A. I. Casado, M. A. Bustillo, I. Armenteros y A. M. Alonso-Zarza**

*Características texturales y variaciones morfológicas de los estromatolitos lacustres del Mioceno de la Sierra de Alcubierre (Cuenca del Ebro): Interpretación sedimentológica preliminar.* 637

**L. Martín Bello, C. Arenas Abad, A.M. Alonso Zarza y G. Pardo Tirapu**

# Intervalos de recurrencia de la zona de falla de Baza para el intervalo Pleistoceno superior-Holoceno

## *Late Pliocene-Holocene recurrence intervals of the Baza Fault Zone*

I. Martín-Rojas<sup>1</sup>, J. Castro<sup>1</sup>, I. Medina<sup>1</sup>, F.J. García-Tortosa<sup>2</sup> y P. Alfaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante. Ctra de San Vicente del Raspeig, s/n, 03690- Alicante. julia.castro@ua.es

<sup>2</sup> Dpto. Geología, Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas, s/n, 23071 Jaén. gtortosa@ujen.es

**Resumen:** Presentamos los primeros datos paleosísmicos existentes de la zona de falla de Baza (Cordillera Bética central, España). Tras realizar un estudio geomorfológico y estratigráfico de las unidades más recientes en el entorno de la zona de falla, seleccionamos tres zonas para la excavación de cinco zanjas de paleosismicidad. A partir de los datos obtenidos de ellas interpretamos los eventos paleosísmicos ocurridos. Teniendo en cuenta esto y las dataciones numéricas realizadas, calculamos un intervalo de recurrencia de eventos sísmicos con ruptura en superficie para la zona de falla de Baza de 5661-8990 años para los últimos ~42 ka.

**Palabras clave:** zona de falla de Baza, Paleosismología, intervalo de recurrencia.

**Abstract:** We here present the first paleoseismic data of the Baza Fault Zone (central Betic Cordillera, Spain). We carried out a geomorphologic and stratigraphic analysis of the units located near to the fault. After that, we selected three sites where we excavated up to five paleoseismic trenches. We discuss trenches logs in terms of paleoseismic events. These data together with numeric dates permit us to estimate a recurrence interval of 5661-8990 years for surface rupturing events occurred in the Baza Fault Zone for the last ~42 ky.

**Key words:** Baza Fault Zone, Paleoseismology, recurrence interval.

## INTRODUCCIÓN

La cuenca de Guadix-Baza, situada en el sector central de la Cordillera Bética (Fig. 1), ha estado sometida a partir del Mioceno superior a un régimen de esfuerzos dominado por una compresión de dirección NNW-SSE y una extensión ENE-WSW (Galindo-Zaldívar et al., 1999). La extensión es acomodada por varias fallas normales activas entre las que destaca la zona de falla de Baza (Alfaro et al., 2008). Presentamos los resultados del estudio paleosísmico realizado en distintos sectores de la zona de falla de Baza. A partir del análisis geológico y geomorfológico de la zona de falla y la definición de las unidades más recientes deformadas por la falla hemos seleccionado varios puntos para la excavación de zanjas de paleosismicidad, que se encuentran actualmente en distintas fases de estudio. Estos datos nos permiten llevar a cabo una discusión preliminar de los intervalos de recurrencia de los terremotos con ruptura en superficie.

## LA ZONA DE FALLA DE BAZA

La zona de falla de Baza es una falla normal de unos 37 km de longitud, con una dirección de N-S a NW-SE y buzante al E (Alfaro et al., 2008; García Tortosa et al., 2008, 2011). La mitad septentrional de la estructura se caracteriza por la presencia de numerosas

ramas que presentan un patrón trenzado, que tienden a ramificarse en cola de caballo (*horsetailing*) en la mitad sur (Fig. 1). A partir del salto total acumulado por la falla desde su comienzo en el Mioceno superior, se puede estimar una tasa de desplazamiento de 0,22-0,37 mm/a (Alfaro et al., 2008). Por otra parte, el desplazamiento vertical del glacis que corona la cuenca (de edad entre 600 y 205 ka) permite calcular una tasa de desplazamiento a corto plazo de 0,17-0,49 mm/a (García Tortosa et al., 2008).

## ZANJAS DE PALEOSISMICIDAD EXCAVADAS

Durante el año 2015 excavamos en la zona de falla de Baza un total de cinco zanjas de paleosismicidad (Fig. 1): una en la zona sur (Altichuelas), otra en la zona central (Carrizal) y tres en la zona norte (Cortijo de la Cuesta). De ellas, la que se encuentra en un estado más avanzado de análisis es la de Carrizal, de la cual disponemos de las primeras dataciones.

**Zanja Altichuelas:** La zanja Altichuelas fue excavada al NE de la localidad de Caniles (UTM 30S526386/4145217, Fig. 1), en una de las ramas más orientales del sector central de la zona de falla. En este sector aparecen varios sistemas de terrazas asociados a la rambla de Valcabra: uno de ellos situado a 8-10 m sobre el thalweg del cauce actual, sobre el que se ha realizado la trinchera.

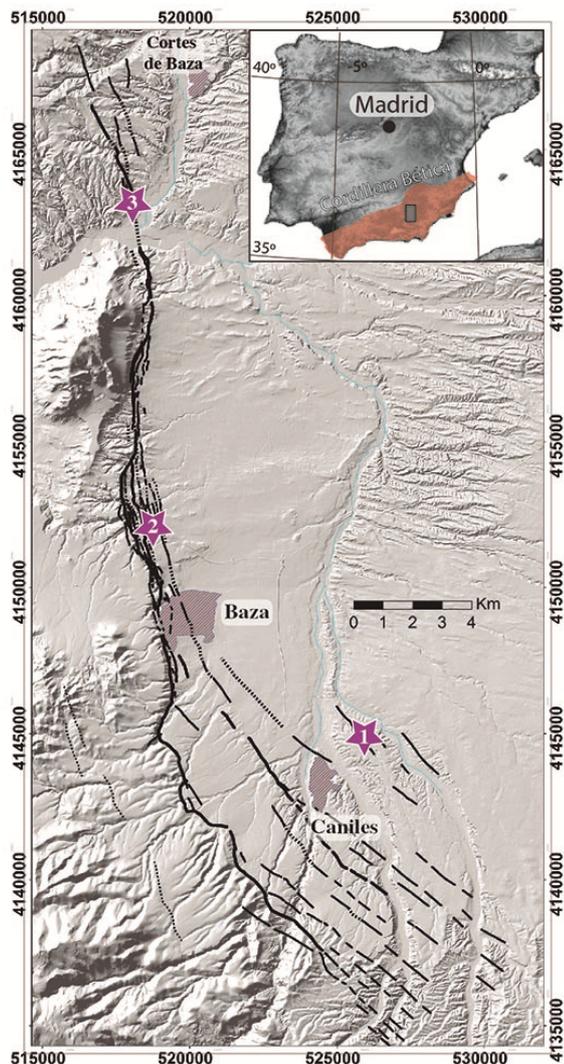


FIGURA 1. Trazas principales de la zona de falla de Baza. Las estrellas indican la localización de las zanjas excavadas. 1, zanja de Alichuelas; 2, zanja de Carrizal; 3, zanja de Cortijo de la Cuesta.

**Zanjas Cortijo de la Cuesta:** Las tres zanjas Cortijo de la Cuesta se sitúan al SW de Cortes de Baza (UTM 30S517930/4162924, Fig. 1), en el sector septentrional de la zona de falla; donde la rambla de la Cuesta ha desarrollado dos sistemas de terrazas fluviales, uno más antiguo situado a unos tres metros sobre el *thalweg* actual y otro más bajo y más moderno. Además, asociado a una cárcava perpendicular a la rambla se ha depositado un pequeño abanico aluvial. Estos tres conjuntos de materiales aparecen afectados por la falla. Actualmente estamos realizando las labores preliminares en estas zanjas

**Zanja de Carrizal:** La zanja Carrizal se sitúa al N de la localidad de Baza (UTM 30S518335/4152610, Figs. 1 y 2). En este sector se desarrollan tres sistemas de terrazas: uno alto (5-7 m sobre el *thalweg* de los cursos actuales), otro intermedio (2-3 m) y uno bajo situado sobre el *thalweg* actual. Sólo los dos sistemas más altos aparecen deformados por la falla. En esta zona la zona

de falla consiste en una banda de aproximadamente 1.5 km de anchura en la que hemos reconocido hasta 12 ramas que siguen un patrón trenzado en planta. La zanja se ha excavado en la zona central de dicha banda, atravesando perpendicularmente dos de las ramas principales y la terraza alta (Fig. 2).

En las paredes de la zanja se observa cómo esta rama de la falla consiste en una banda de cizalla de 8 m de ancho formada por 8-10 fallas. En ambos bloques afloran sedimentos endorreicos pleistocenos (de ahora en adelante basamento), quedando la terraza restringida a la zona de falla (Fig. 2). Dentro de la terraza, en la pared N, hemos diferenciado cuatro unidades (T1 a T4, Fig. 2) según sus características estratigráficas y su relación con otras estructuras. Aparecen además arenas limosas con cantos dispersos que rellenan varias fisuras (unidades Fiss1 a Fiss4, Fig. 2). La terraza comienza con la unidad T1a. Esta unidad aparece afectada por una fisura rellena (Fiss1), la cual parece estar sellada por la unidad T1b. Se superpone la unidad T2, que tiene una geometría de crecimiento. Sigue la unidad T3, que es aparentemente la secuencia post-crecimiento. Esta unidad aparece afectada por una fisura rellena (Fiss2). Esta fisura está sellada por la unidad T4, afectada a su vez por una tercera fisura (Fiss3). En la pared S de la zanja aparece una cuarta fisura rellena, cuyas relaciones estructurales no permiten discernir su momento de formación, ya que afecta exclusivamente a materiales del basamento y es sellada por la unidad 100; dada su proximidad a la zona de falla, interpretamos esta fisura como un indicador secundario de actividad paleosísmica; si bien dado que aparece fuera de la zona de mayor deformación, no podemos descartar que tenga un origen distinto. Los materiales más modernos que se observan en la zanja (unidad 100) son un conjunto de limos negros algo arenosos discordantes sobre la terraza y sobre el basamento.

En esta pared aparecen varias ramas de falla (Fig. 2), así como numerosas diaclasas y fallas de menor tamaño y salto. De ellas, sólo la F10 afecta a la terraza, (deformando todas las unidades de la misma) y es sellada por la unidad 100.

A partir de los datos antes señalados es posible deducir al menos cinco eventos paleosísmicos (Fig. 2). El primero de ellos (Car-e1) estaría marcado por el último movimiento de la falla F10 (que corta a todas las unidades presentes en la zanja salvo a la unidad 100) y la apertura de las fisuras 3 y 4 (en realidad la apertura de la fisura 4 podría haber ocurrido antes, la asignación a este evento se basa también en los datos cronológicos que presentaremos más adelante). Dicho evento sería anterior al depósito de las unidades 100, Fiss3 y Fiss4 y posterior al de la unidad T4. El segundo evento paleosísmico (Car-e2) queda puesto de manifiesto por la apertura de la fisura 2, por lo que sería anterior al relleno de la propia fisura (unidad

Fiss2) y posterior al depósito de la unidad T3. El evento Car-e3 estaría indicado por la discordancia angular situada a la base de la unidad T2; este evento provocaría el basculamiento de los materiales previos al mismo y la génesis de un espacio de acomodación con forma de cuña. Dicho evento Car-e3 sería por tanto anterior al depósito de la unidad T2 y posterior al de la unidad T1b. Un evento anterior (Car-e4) quedaría marcado por la apertura de la fisura 1 que aparece cortada por la fisura 2, por lo que se puede afirmar con seguridad que Car-e4 es anterior a la unidad Fiss2. Sin embargo, dado que no aparecen rastros de la fisura 1 por encima del punto de corte de ambas fisuras, nos inclinamos a pensar que, originariamente, la fisura 1 no se prolongaba más allá de dicho punto. De ser esto cierto, el evento Car-e4 sería anterior al depósito de la unidad T1b y posterior al de la unidad T1a. Un quinto y último evento (Car-e5) vendría marcado por los desplazamientos de las fallas F16, F20, F30, F40 y F50, el cual sería anterior al depósito de la unidad T1 y posterior al de los materiales del basamento.

Para establecer una cronología de los eventos hemos tomado distintos tipos de muestras para realizar dataciones numéricas. De momento disponemos de los resultados de las siguientes (Fig. 2): Cuatro muestras de carbonillos datadas mediante C14. De ellas, dos fueron tomadas en la unidad 100 (muestras Car-N10 y Car-N15); otras dos en la parte alta y baja de la terraza (muestras Car-S4 y Car-N4, respectivamente). La quinta muestra corresponde a una concha de un gasterópodo continental también datada mediante C14 (muestra Car-S2). Los resultados obtenidos de estas muestras nos permiten afirmar que el último evento registrado en la zanja Carrizal (Car-e1) ocurrió entre los años 1452 AD y 17643 BC, mientras que los tres anteriores (Car-e2, Car-e3 y Car-e4) ocurrieron entre 17167 BC y el 34149 BC; así mismo, también indican que el evento Car-e5 tuvo que ser anterior al año 33143 BC.

### INTERVALOS DE RECURRENCIA

El último terremoto histórico significativo en la región fue el terremoto de Baza de 1531 AD (Espinar et al., 1994). Esta edad es posterior al intervalo de edades del evento más moderno registrado en la zanja Carrizal (Car-E1, 1452 AD-17643 BC), lo que nos lleva a proponer que el terremoto de Baza no quedó registrado en esta zanja, seguramente porque ese evento no generó ruptura superficial, al menos en esta rama de la falla.

A partir del número de eventos reconocidos en la zanja Carrizal y las dataciones disponibles, es posible calcular intervalos de recurrencia de eventos con ruptura en superficie. Si tenemos en cuenta los cuatro últimos eventos registrados en la zanja en su conjunto (Car-e1 a e4), que el evento más moderno es anterior a 1452 AD y el más antiguo posterior a 34149 BC,

obtendríamos un intervalo de recurrencia de 8900 años. Dado que el terremoto de 1531 no quedó registrado en la zanja Carrizal, en la zona han ocurrido un mínimo de cinco eventos en el intervalo 1531 AD-34149 BC, lo que indica un intervalo de recurrencia de 7136 años. Ahora bien, dado que las dataciones disponibles permiten acotar el último evento, podemos calcular un intervalo de recurrencia para los eventos Car-e2 a e4 (excluyendo el más moderno); de tal modo que, tendríamos tres eventos en el intervalo 17617 BC-34149 BC, lo que daría un intervalo de recurrencia 5661 años. En definitiva, los datos disponibles en este momento nos permiten afirmar que los intervalos de recurrencia terremotos con ruptura en superficie en la zona de falla de Baza varían entre los 5661 y los 8900 años.

### CONCLUSIONES

El estudio geológico y geomorfológico que hemos llevado a cabo en la zona de falla de Baza nos ha permitido delimitar varios conjuntos de unidades con edades comprendidas entre el Pleistoceno superior y el Holoceno. Así mismo, también hemos podido seleccionar una serie de puntos óptimos para la excavación de zanjas de paleosismicidad. De las cinco zanjas abiertas, Carrizal es la que se encuentra en un estado de estudio más avanzado y para ella proponemos un total de cuatro eventos con ruptura en superficie para el intervalo de tiempo comprendido entre los años 1452 AD y 34149 BC. Teniendo en cuenta las distintas interpretaciones de dichos eventos, así como la posibilidad de que el terremoto de Baza de 1531 también produjera ruptura en superficie, es posible calcular intervalos de recurrencia que varían entre los 5661 y los 8990 años.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación CGL2011- 30153-C02-02, el grupo de investigación de la UA VIGROB053, el proyecto de investigación Universidad-Caja Rural de Jaén UJA2014/06/17 y el contrato de investigación de la Universidad de Jaén 2015CL015. Agradecemos a Jorge Alonso Henar sus comentarios que han mejorado sensiblemente el manuscrito.

### REFERENCIAS

- Alfaro, P., Delgado, J., Sanz de Galdeano, C., Galindo Zaldívar, J., GarcíaTortosa, F.J., LópezGarrido, A.C., LópezCasado, C., Marín, C., Gil, A.J., Borque, M.J. (2008): The Baza Fault: a major active extensional fault in the central Betic Cordillera (South Spain). *International Journal of Earth Sciences* 97, 1353-1365.
- Espinar M, Quesada JJ, Morcillo J (1994) Terremotos en Granada (Siglos XV-XVI). Edificación y Sismicidad. Arraez Editores, Almería, pp 1-109.

Galindo-Zaldívar, J., Jabaloy, A., Serrano, I., Morales, J., González-Lodeiro, F., Torcal, F. (1999): Recent and present-day stresses in the Granada Basin (Betic Cordilleras): Example of a late Miocene-present-day extensional basin in a convergent plate boundary. *Tectonics* 18, 686-702.

García-Tortosa, F.J., Alfaro P., Galindo-Zaldívar J., Gibert L., López-Garrido A.C., Sanz de Galdeano

C., Ureña M. (2008): Geomorphologic evidence of the active baza fault (Betic Cordillera, South Spain). *Geomorphology* 97: 374-391.

García Tortosa F.J., Alfaro P., Sanz de Galdeano C., Galindo Zaldívar J. (2011): Glacis geometry as a geomorphic marker of recent tectonics: The Guadix–Baza basin (South Spain). *Geomorphology* 125: 517-529.

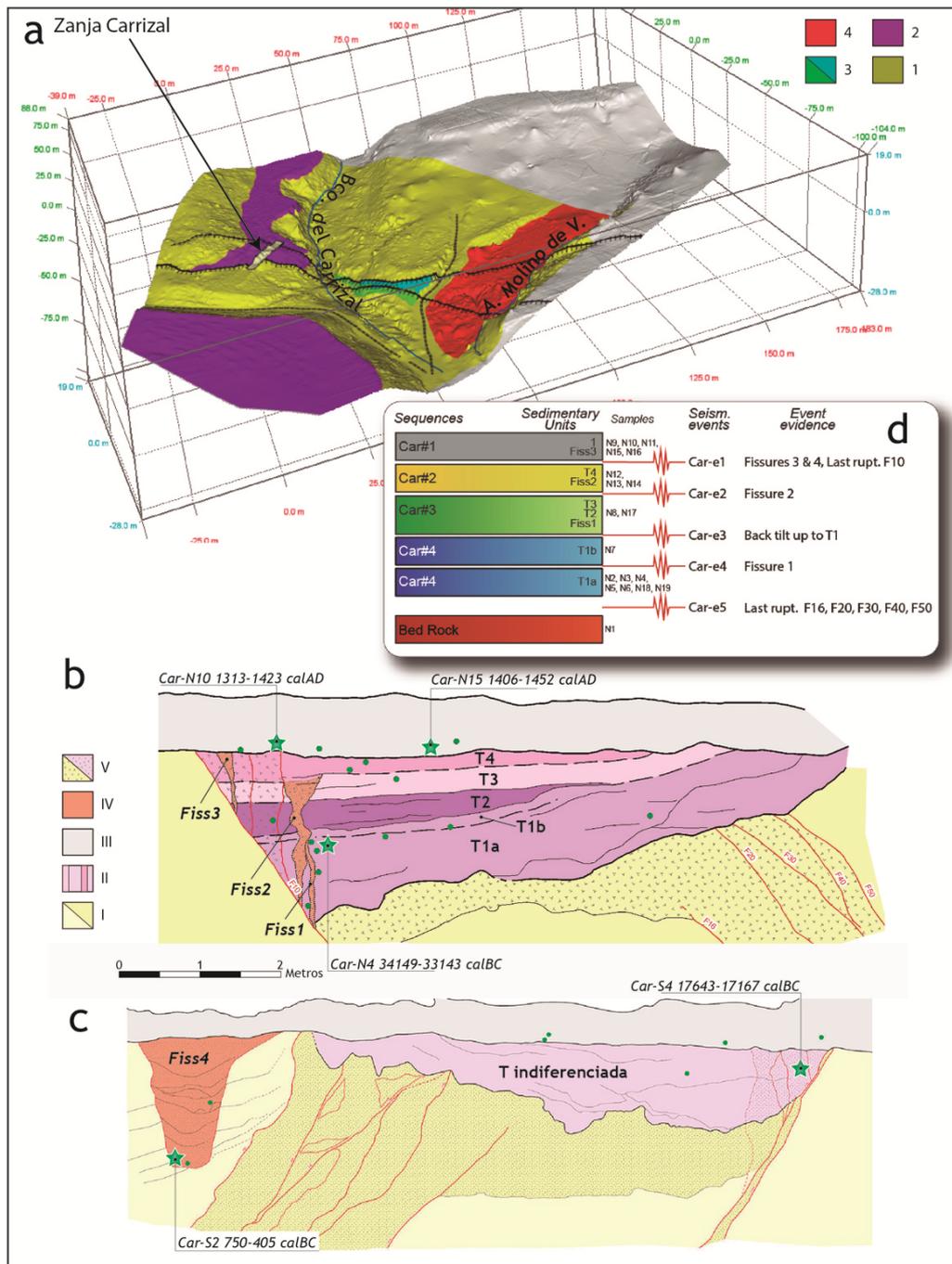


FIGURA 2. a) Esquema geomorfológico 3D del sector de Carrizal. 1, basamento; 2, terraza alta, 3, terraza media, 4, terraza baja. b) y c) Interpretación de las paredes N y S de la zanja respectivamente. I, basamento; II, terraza alta; III, unidad 100 (top soil); IV, fisuras rellenas (Fiss); V, brecha de falla. Los círculos verdes representan muestras tomadas para su datación y las estrellas verdes las muestras datadas d) Esquema de sucesión de unidades y eventos sísmicos reconocidos en la zanja.