

Iberfault 2022

IV Reunión Ibérica

sobre Fallas Activas y Paleosismología

TERUEL · 7 al 10 de septiembre de 2022



VOLUMEN DE RESÚMENES

IBER 
2022 **FAULT**



IV Reunión Ibérica
sobre Fallas Activas y Paleosismología

TERUEL · 7 al 10 de septiembre de 2022

VOLUMEN DE RESÚMENES

Editores:

Iván Martín, Carlos L. Liesa, Pedro Alfaro, Carolina Canora, Lope Ezquerro,
Jesús Galindo, José J. Martínez, Alba Peiro, Óscar Pueyo, José L. Simón

Los trabajos contenidos en el presente volumen deberán citarse como en el siguiente ejemplo:

García-Mayordomo, J. y Martín-Banda, R. (2022). Prospectiva de zonas de interés para el desarrollo futuro de estudios de actividad tectónica reciente en España. *Resúmenes IV Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología*, Teruel, Universidad de Zaragoza, pp. 177-180.

D.L.: Z 1059-2022

ISBN: 978-84-18321-58-0



Servicio de
Publicaciones
Universidad Zaragoza

© Los autores

Editores:

Iván Martín, Carlos L. Liesa, Pedro Alfaro, Carolina Canora, Lope Ezquerro,
Jesús Galindo, José J. Martínez, Alba Peiro, Óscar Pueyo, José L. Simón

Diseño: Alba Peiro

Editado por:

Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza.

Fotografía de portada: Falla de Concud en Los Baños, Teruel. Autora: Paloma Lafuente.

Iberfaut 2022

Comité coordinador

José L. Simón Gómez (Universidad de Zaragoza)
Carlos L. Liesa Carrera (Universidad de Zaragoza)
Iván Martín Rojas (Universidad de Alicante)
María Ortuño Candela (Universidad de Barcelona)
Alba Peiro Chamarro (Universidad de Zaragoza)

Comité editorial

Iván Martín Rojas (Universidad de Alicante)
Carlos L. Liesa Carrera (Universidad de Zaragoza)
Pedro Alfaro García (Universidad de Alicante)
Carolina Canora Catalán (Universidad Autónoma de Madrid)
Lope Ezquerro Ruiz (Universidade NOVA de Lisboa – Universidad de Zaragoza)
Jesús Galindo Zaldívar (Universidad de Granada)
José J. Martínez Díaz (Universidad Complutense de Madrid)
Alba Peiro Chamarro (Universidad de Zaragoza)
Óscar Pueyo Anchuela (Universidad de Zaragoza)
José L. Simón Gómez (Universidad de Zaragoza)

Comité organizador

José L. Simón Gómez (Universidad de Zaragoza)
Carlos L. Liesa Carrera (Universidad de Zaragoza)
Iván Martín Rojas (Universidad de Alicante)
María Ortuño Candela (Universidad de Barcelona)
Alba Peiro Chamarro (Universidad de Zaragoza)
Camino Álvarez Fidalgo (Facultad Ciencias Humanas y Sociales, Teruel)
Luis E. Arlegui Crespo (Universidad de Zaragoza)
Pedro Alfaro García (Universidad de Alicante)
José A. Álvarez Gómez (Universidad Complutense de Madrid)
Carolina Canora Catalán (Universidad Autónoma de Madrid)
Lope Ezquerro Ruiz (Universidade NOVA de Lisboa – Universidad de Zaragoza)
Jesús Galindo Zaldívar (Universidad de Granada)
Julián García Mayordomo (IGME, Madrid)
Paloma Lafuente Tomás (ADIF)
Aránzazu Luzón Aguado (Universidad de Zaragoza)
José J. Martínez Díaz (Universidad Complutense de Madrid)
Eulàlia Masana Closa (Universitat de Barcelona)
Óscar Pueyo Anchuela (Universidad de Zaragoza)
Miguel Ángel Rodríguez Pascua (IGME, Madrid)

Comité Científico

José A. Álvarez Gómez
Pedro Alfaro García
Juan C. Balanya Roure
Josep Batlló Ortiz
Marta Béjar Pizarro
Carolina Canora Catalán
Antonio Casas Sainz
Cristina Crespo Martín
José Delgado Marchal
Javier Elez Villar
Lope Ezquerro Ruiz
Jesús Galindo Zaldívar
Julián García Mayordomo
Jorge Gaspar Escribano
Antonio J. Gil Cruz

Laura Gómez De La Peña
Álvaro González Gómez
Juan M. Insua Arévalo
Giorgi Khazaradze Tsilosani
Carlos L. Liesa Carrera
Adolfo Maestro González
Carlos Marín Lechado
Raquel Martín Banda
Fidel Martín González
Iván Martín Rojas
José J. Martínez Díaz
Eulàlia Masana Closa
Iván Medina Cascales
María Ortuño Candela

José A. Peláez
Héctor Perea Manera
Raúl Pérez López
Óscar Pueyo Anchuela
César Rodríguez Ranero
Klaus R. Reicherter
Miguel Á. Rodríguez Pascua
Eduard Roca Abella
Alberto Sánchez Alzola
Mario Sánchez Gómez
Miguel Á. Santoyo Frausto
José L. Simón Gómez
Alejandra Staller Vázquez
Arantza Ugalde Aguirre
Juan T. Vázquez Garrido

ÍNDICE

SESIÓN 1: Tectónica activa y paleosismología de las Cordilleras Béticas (I)

- 1 SEISMOGENIC CONSIDERATIONS ON THE VERTICAL SLIP RATE OF THE FRONTAL STRANDS OF THE CARRASCOY FAULT (SE IBERIAN PENINSULA) FROM P-WAVE TOMOGRAPHY ANALYSIS
J.M. Insua-Arévalo, R. Martín-Banda, J. García-Mayordomo, J.J. Martínez-Díaz, H. Handoyo, I. DeFelipe, D. Martí, T. Teixidó, J. Alcalde, I. Palomeras y R. Carbonell
- 5 NUEVOS DATOS PALEOSÍMICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN TRANSECTO COMPLETO EN LA FALLA DE ALHAMA DE MURCIA (SE ESPAÑA)
M. Ollé, D. Dufour, O. Gómez-Novell, J. Molins-Vigatà, S. Baize, R. Martín-Banda, J.M. Insua-Arévalo, M. Ortuño, R. Pallàs, G. Khazaradze y E. Masana
- 9 TO WHAT EXTENT CAN WE REFINE PALEOSEISMIC DATA? MAIN LIMITATIONS AT THE ALHAMA DE MURCIA FAULT
O. Gómez-Novell, M. Ortuño, J. García-Mayordomo, J.M. Insua-Arévalo, J.J. Martínez-Díaz, T.K. Rockwell, S. Baize y E. Masana
- 13 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA FALLA DEL LLANO DEL ÁGUILA (ALMERÍA). POSIBLE FUENTE DEL TERREMOTO DE DALÍAS 1804
J. Molins-Vigatà, J. García-Mayordomo, M. Ortuño, D. García-Sellés y O. Gómez-Novell

SESIÓN 2: Tectónica activa y paleosismología del resto de la Península Ibérica

- 19 TECTÓNICA ACTIVA (PLIO-CUATERNARIA) EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA CUENCA CENOZOICA DE MADRID
G. de Vicente, R. Díez Fernández, P.P. Cunha y A. Oláiz
- 23 PROCESOS DE LICUEFACCIÓN EN MATERIALES DEL PLEISTOCENO MEDIO-Holoceno EN EL TRAMO MEDIO DEL RÍO TAJO (DRIEBES, GUADALAJARA, ESPAÑA)
M.A. Rodríguez-Pascua, M.A. Perucha, A. Díez-Herrero y J.F. Mediato
- 27 ACTIVIDAD PLIO-CUATERNARIA DE FALLAS EN EL SISTEMA EXTENSIONAL TERUEL-JILOCA-CALATAYUD (CORDILLERA IBÉRICA CENTRAL)
J.L. Simón, A. Peiro, L.E. Arlegui, L. Ezquerro, A.I. García-Lacosta, P. Lafuente, C.L. Liesa, A. Luzón, L. Martín-Bello, Ó. Pueyo y M.A. Soriano
- 31 NEW INSIGHTS INTO FAULT SYSTEMS OF THE BURGALESA PLATFORM REVEALED BY SEISMIC MONITORING AT THE HONTOMÍN TECHNOLOGY DEVELOPMENT PLANT (BURGOS, SPAIN)
A. Sánchez de la Muela, A. Ramos, J.M. Marín, R. Pérez-López, J.F. Mediato y M.A. Rodríguez-Pascua
- 35 ¿SE PUEDE ASOCIAR LA SISMICIDAD CON LAS FALLAS EN EL NO PENINSULAR?
F. Martín González, C. Crespo-Martín y S. González-Muñoz
- 39 EL TERREMOTO DE BENAVENTE DE 1909: CONSTRIÑENDO LA FUENTE MEDIANTE ESCENARIOS SÍMICOS
Y. de Pro Díaz, S. Vilanova y C. Canora Catalán
- 43 ¿ES MUY ALTO EL *SLIP-RATE* DE LAS FALLAS INTRAPLACA PENACOVA-REGUA-VERÍN Y MANTEIGAS-VILARIÇA-BRAGRANÇA?
S. González-Muñoz, F. Martín-González y C. Crespo-Martín

SESIÓN 3: Sismología y sismicidad inducida

- 49 SEISMOGENIC DEPTH IN IBERIA
Á. González y Á.M. Gómez-García
- 53 DELAYED INDUCED SEISMICITY IN THE YELA GEOLOGICAL GAS STORAGE (CENTRAL SPAIN)
R. Pérez-López, A. Ramos, J.L. Giner Robles y J.J. Martínez-Díaz
- 57 LA RED SÍSMICA DE LA COMUNIDAD VALENCIANA
P. Alfaro, J.M. Andreu, N. Benabdeloued, J. Cuevas, J. Delgado, J.J. Galiana, J. Giner, I. Martín-Rojas, M. Martín, I. Medina, D. Montiel, S. Molina, S. Moliner, J. Rosa, S. Rosa, E. Santamaría, J.L. Soler y J.E. Tent
- 61 SERIE SÍSMICA DEL ALT URGELL-ANDORRA 2021-2022
A. Echeverría, A. Margalef, T. Frontera Genovard y N. Gallego

SESIÓN 4: Arqueosismología

- 67 CÓRDOBA, 21 SEPTIEMBRE 1589: ¿TERREMOTO Y/O TEMPESTAD? EVIDENCIAS ARQUEOSISMOLÓGICAS
R. Pérez-López, A. Sánchez-Hernampérez, P.G. Silva, J. Elez, J.L. Giner-Robles, M.A. Rodríguez-Pascua, E. Roquero, T. Bardají y Y. Sánchez

- 71 ARCHAEOSEISMOLOGICAL EVIDENCE IN CEUTA (SPAIN): A LATE ROMAN EARTHQUAKE IN NORTH AFRICA
K.R. Reicherter, D. Bernal-Casasola y F. Villada-Paredes
- 73 ARCHAEOSEISMOLOGICAL ANALYSIS OF THE LATE 4TH CENTURY CE TSUNAMI EVENT OF BAELO CLAUDIA (GIBRALTAR ARC, SOUTH SPAIN)
P.G. Silva, J. Elez, J.P. Tarruella, Y. Sánchez-Sánchez, G. Santos, P. Carrasco-García, J.L. Giner-Robles, E. Roquero, K.R. Reicherter, I. García-Jiménez, F. Prados Martínez, R. Pérez-López, T. Bardají y M.A. Rodríguez-Pascua
- 77 PRIMERAS EVIDENCIAS ARQUEOSISMOLÓGICAS EN LA CIUDAD ROMANA DE ATEGUA, S. II CE (CÓRDOBA, ESPAÑA)
M.A. Rodríguez-Pascua, C. Fuertes-Santos, M.A. Perucha, J.D. Borrego de la Paz, P.G. Silva, A. Felipe-Colodrero, J.L. Giner-Robles, J. Elez, T. Bardají y E. Roquero
- 81 ¿FUE EL PRIMER EDIFICIO DE SILLERÍA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA DESTRUIDO POR UN TERREMOTO?: EL MAUSOLEO ÍBERO DEL POZO MORO (ALBACETE, ESPAÑA)
M.A. Rodríguez-Pascua, M. Almagro-Gorbea, M.A. Perucha, P.G. Silva, J. Martínez, J.F. Mediato y J.L. Giner-Robles
- 85 LOS TERREMOTOS DE ADEMUZ DEL 7 DE JUNIO DE 1656 Y DEL 10 DE MARZO DE 2006: ¿UNA FUENTE SÍSMICA COMÚN?
J.L. Giner-Robles, J. Elez, P.G. Silva, R. Pérez-López, T. Bardají, M.A. Rodríguez-Pascua, Y. Sánchez-Sánchez y E. Roquero

SESIÓN 5: Tectónica activa y paleosismología de las Cordilleras Béticas (II)

- 91 LA ZONA DE FALLA DE PALOMARES Y SU INFLUENCIA EN LAS CUENCAS ADYACENTES
V. Tendero-Salmerón, G. Ercilla, L. González-Castillo, A. Madarieta-Txurruka, F.J. Martínez-Moreno, F. Estrada y J. Galindo-Zaldívar
- 95 PALAEOSEISMOLOGICAL RECORD OF THE ACTIVE GALERA FAULT (CENTRAL BETIC CORDILLERA, SPAIN)
I. Martín-Rojas, F.J. García-Tortosa, I. Medina-Cascales y P. Alfaro
- 99 SISMICIDAD EN EL GUADIANA MENOR: FALLAMIENTO DEL BASAMENTO IBÉRICO DE LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR
V. Tendero-Salmerón, J. Galindo Zaldívar, J.A. Peláez, M. Martínez-Martos, J. Henares, C. Marín-Lechado, A.J. Gil, A.C. López-Garrido
- 103 LA SERIE SÍSMICA DE GRANADA DE 2021. ANÁLISIS A PARTIR DE LA RELOCALIZACIÓN DE LA SERIE, GRAVIMETRÍA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL
A. Madarieta-Txurruka, J.A. Peláez, L. González-Castillo, M. Catalán, J. Henares, F. Lamas y J. Galindo-Zaldívar
- 107 CARACTERIZACIÓN DE LA FALLA DE SIERRA DE LAS NIEVES (CORDILLERA BÉTICA) MEDIANTE ANÁLISIS DEL RELIEVE Y CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA
M. Moreno-Sánchez, D. Ballesteros, G. Booth-Rea, J.V. Pérez-Peña, C. Pérez-Mejías, C. Reyes-Carmona, J.M. Azañón, H. Cheng, J.P. Galve y P. Ruano
- 111 ACTIVE FAULTING THROUGH THE SINISTRAL REACTIVATION OF MIDDLE MIOCENE TRANSFER FAULTS IN IBIZA
G. Booth-Rea, J.M. Azañón, M. Moreno-Sánchez, J.P. Galve, P. Ruano y C. Reyes
- 115 REVELANDO LA GEOMETRÍA EN PROFUNDIDAD DE LAS FALLAS ACTIVAS QUE LIMITAN EL VALLE DEL GUADALENTÍN MEDIANTE SÍSMICA DE REFLEXIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN: RESULTADOS PRELIMINARES
H. Perea, P. Herrero-Barbero, J. Molins-Vigatà, J. Alcalde, J.A. Álvarez Gómez, M. Berriolopez Llamosas, R. Carbonell, Y. de Pro Díaz, D. Dufour, J. García-Mayordomo, J.L. Granja Bruña, J.M. Insua-Arévalo, D. Martí, R. Martín-Banda, E. Masana, M. Ollé, E. Pascual Sánchez, J.J. Portela, J.S. Rivera Rivera, J.L. Sánchez Roldán, A. Staller y S. Rameez

SESIÓN 6: Tectónica activa en el medio marino

- 121 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA PROFUNDA DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL Y SUS IMPLICACIONES PARA EL RIESGO SÍSMICO Y TSUNAMIGÉNICO
L. Gómez de la Peña, C.R. Ranero, G. Booth-Rea, J.M. Azañón, E. Gràcia, F.E. Maesano, R. Basili, F. Romano y M. Volpe
- 125 CHARACTERIZATION OF THE NORTH-SOUTH FAULT SYSTEM IN THE ALBORAN SEA USING HIGH-RESOLUTION GEOPHYSICAL DATA: THE INITIATION OF A TRANSTENSIONAL FAULT SYSTEM
A. Canari, H. Perea, S. Martínez-Loriente, J. Llopart, D. Fernández-Blanco y E. Gràcia
- 129 POTENCIAL TSUNAMIGÉNICO DE LA FALLA DE CARBONERAS A PARTIR DE MODELOS FÍSICOS DE TERREMOTOS
J.A. Álvarez-Gómez, P. Herrero-Barbero y J.J. Martínez-Díaz
- 133 DEFORMACIÓN DEL FONDO MARINO EN RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD TECTÓNICA CUATERNARIA EN EL CANAL DE MALLORCA, PROMONTORIO BALEAR (MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL)
J.T. Vázquez, O. Sánchez-Guillamón, D. Palomino, M.C. Fernández-Puga, N. Martínez-Carreño, P. Bárcenas, L.M. Fernández-Salas, M.O. Tello y M. Gómez-Ballesteros

- 137 SISTEMAS DE PLIEGUES ACTIVOS EN EL MARGEN CONTINENTAL SEPTENTRIONAL DEL MAR DE ALBORÁN (MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL)
J.T. Vázquez, J. Galindo-Zaldívar, D. Palomino, L. González, M.C Fernández-Puga, S. Naranjo, M.T. Pedrosa, V. Tendero, P. Bárcenas, F. Estrada y G. Ercilla
- 141 SERIE SÍSMICA DEL SUR DEL MAR DE ALBORÁN DEL 2021-2022: RELOCALIZACIÓN DE LOS EVENTOS E IMPLICACIONES SISMOTECTÓNICAS
H. Perea, J.L. Sánchez Roldán, L. Lozano, J.A. Álvarez Gómez, P. Herrero-Barbero, M.J. Jiménez, S. Martínez-Loriente, A. Canari y J. Llopart
- 145 THE HORSESHOE ABYSSAL PLAIN THRUST, THE MOST PLAUSIBLE SOURCE OF THE 1755 LISBON EARTHQUAKE AND TSUNAMI
S. Martínez-Loriente, V. Sallarès y E. Gràcia

SESIÓN 7: Geodesia aplicada a tectónica activa

- 151 PRESENT-DAY 3D CRUSTAL DEFORMATION FIELD OF THE IBERIAN PENINSULA
G. Khazaradze, S. Pena-Castellnou, M. Romanyà-Serrasolsas, X. Matarín-Aguilar y P. Vernant
- 155 EXTENSIÓN ACTIVA EN LA CORDILLERA BÉTICA CENTRAL. APORTACIONES GEODÉSICAS GNSS
I. Martín-Rojas, P. Alfaro, J. Galindo-Zaldívar, C. Sanz de Galdeano, M.J. Borque, F.J. García-Tortosa, I. Medina-Cascales, M. Avilés, P. Ruano, A. Sánchez-Alzola y A.J. Gil
- 159 COMPARACIÓN DE DATOS DE NIVELACIÓN DE ALTA PRECISIÓN DE LA FALLA DE GRANADA CON NUEVOS DATOS CGNSS EN LA CUENCA DE GRANADA
A. Madarieta-Txurruka, J. Galindo-Zaldívar, L. González-Castillo, A. Ruiz-Armenteros, M.S. Garrido-Carretero, M. Avilés y A.J. Gil
- 163 ACTIVIDAD DE PLIEGUES Y FALLAS EN EL CAMPO DE DALÍAS A PARTIR DE REDES GNSS
J. Galindo-Zaldívar, A.J. Gil, V. Tendero, M.J. Borque, G. Ercilla, L. González-Castillo, A. Sánchez-Alzola, M.C. Lacy, F. Estrada, M. Avilés, P. Alfaro, A. Madarieta-Txurruka y F. Chacón
- 167 DISTRIBUCIÓN DE LA DEFORMACIÓN EN EL SE DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. APORTACIONES GEODÉSICAS
I. Martín-Rojas, A. Sánchez-Alzola, I. Medina-Cascales, M.J. Borque, P. Alfaro y A.J. Gil
- 171 ACTUALIZACIÓN DEL CAMPO DE VELOCIDADES GNSS EN LAS BÉTICAS ORIENTALES. RESULTADOS PRELIMINARES
A. Staller Vázquez, J.J. Portela-Fernández, M. Béjar-Pizarro, J.A. Álvarez-Gómez, J.J. Martínez-Díaz, R. Pérez-López, G. Khazaradze

SESIÓN 8: Modelización sismotectónica

- 177 PROSPECTIVA DE ZONAS DE INTERÉS PARA EL DESARROLLO FUTURO DE ESTUDIOS DE ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE EN ESPAÑA
J. García-Mayordomo y R. Martín-Banda
- 181 METHODS FOR COMBINING SEISMOLOGICAL AND GEOLOGICAL INFORMATION FOR SEISMIC HAZARD PURPOSES
A.F. Ornelas-Agrela, C.J. Gamboa-Canté, M.A. Arroyo-Solórzano, J.S. Rivera-Rivera, C. Lindholm y M.B. Benito
- 183 TOWARD UNDERSTANDING THE ROLE OF POSTSEISMIC STRESS TRANSFER FOR LONG-TERM EARTHQUAKE TRIGGERING IN EASTERN BETICS, SPAIN
P. Yazdi y J. García-Mayordomo
- 187 ESCENARIOS DE ROTURA SÍSMICA EN EL SISTEMA DE FALLAS DE LA SIERRA DE CARRASCOY (BÉTICAS ORIENTALES)
R. Martín-Banda, J. García-Mayordomo y J. Insua-Arévalo
- 191 ¿QUÉ INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESO SÍSMICO SE PUEDE OBTENER DEL CATÁLOGO SÍSMICO? EL CASO DEL NOROESTE PENINSULAR
C. Crespo-Martín, F. Martín-González y S. González-Muñoz
- 195 MODELOS FÍSICOS DE SIMULACIÓN DE TERREMOTOS APLICADOS AL ANÁLISIS DE LA AMENAZA SÍSMICA EN LAS BÉTICAS ORIENTALES (SE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA)
P. Herrero-Barbero, J.A. Álvarez-Gómez, M. Tsige y J.J. Martínez-Díaz
- 199 INVERSIÓN DE HIPOCENTROS MEDIANTE UN MODELO 3D DE VELOCIDADES E INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA: LA SERIE DE MULA-ARCHENA DE 2018 (MURCIA)
J.L. Sánchez-Roldán, J.A. Álvarez-Gómez, J.V. Cantavella, P. Herrero-Barbero, L. Lozano y J.J. Martínez-Díaz
-
- 203 EVIDENCIA PALEOSÍSMICA EN LAGOS: TERREMOTO DE LA RIBAGORZA, 1373.
T. Briceño-Sarmiento, A. Vicente de Vera, A. Moreno, B. Valero-Garcés y M. Ortuño

PALAEOSEISMOLOGICAL RECORD OF THE ACTIVE GALERA FAULT (CENTRAL BETIC CORDILLERA, SPAIN)

I. Martín-Rojas¹, F.J. García-Tortosa², I. Medina-Cascales¹, P. Alfaro¹

¹ Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante. Ctra de San Vicente del Raspeig, s/n, 03690-Alicante. ivan.martin@ua.es; ivan.medina@ua.es; pedro.alfaro@ua.es

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

Abstract: In this study we provide the first palaeoseismological data for the Galera Fault, an active strike-slip fault located in the Central Betic Cordillera, one of the most tectonically active areas of the Iberian Peninsula. We analysed palaeoseismological trenches in two sites located in the central sector of the fault, where we identified evidence of several surface rupture events deforming recent Holocene deposits. After constraining the age of these deposits, we constructed time-stratigraphic OxCal models that resulted in probability density functions (PDFs) of the ages of each palaeoevent. Analysing the degree of overlap of PDFs between the two sites, we proposed a surface-rupturing history for the Galera Fault, including seven events since ca. 24000 BC. Finally, through a Monte Carlo simulation, we calculated recurrence intervals of ca. 2748 ± 3419 yr between events. Our results, together with the palaeoseismological data of adjacent structures, will be the base for improve future seismic hazard assessments in the study area.

Key words: strike-slip, active tectonics, surface rupturing history, recurrence interval, Betic Cordillera

Introduction

The Central Betic Cordillera is one of the most active tectonic zones on the Iberian Peninsula (Sanz de Galdeano *et al.*, 2012 and references therein) and the one with the highest seismic hazard (IGN-UPM, 2013). Significant historical and instrumental earthquakes, such as the 1531 Baza Earthquake and the 1964 Galera Earthquake, as well as numerous low-magnitude events, occurred in the Baza region (Granada Province) during the historical and instrumental periods (Martínez-Solares and Mezcuca, 2002; Sanz de Galdeano *et al.*, 2012). In the last few years, several studies characterized the two seismogenic sources responsible for these earthquakes, the Baza Fault and the Galera Fault (Alfaro *et al.*, 2008; García-Tortosa *et al.*, 2011; Medina-Cascales *et al.*, 2020 and 2021), including the first palaeoseismological data from the Baza Fault (Castro *et al.*, 2018). The aim of this work is to present the first palaeoseismological evidence from the Galera Fault extracted from trench analyses. Our results include a proposal of a preliminary surface rupturing history and recurrence intervals.

Geological and geodynamic setting of the Galera Fault

The Galera Fault (GF) is an active fault located in the NE sector of the Guadix-Baza Basin (Central Betic Cordillera) (Fig. 1). Since the late Miocene, the central sector of the cordillera has been dominated by NNW-SSE shortening (e.g., Galindo-Zaldívar *et al.*, 1993; Sanz de Galdeano and Alfaro, 2004) coeval with orthogonal ENE-WSW extension (e.g., Galindo-Zaldívar *et al.*, 2015). This extension reaches up to 2.1–3.7 mm/yr (e.g., Serpelloni *et al.*, 2007, Pérez-Peña *et al.*, 2010). In the Guadix-Baza Basin, the regional extension is accommodated mainly by the NNW-SSE normal Baza Fault (e.g., Alfaro *et al.*, 2008; Medina-Cascales *et al.*, 2020) (Fig. 1).

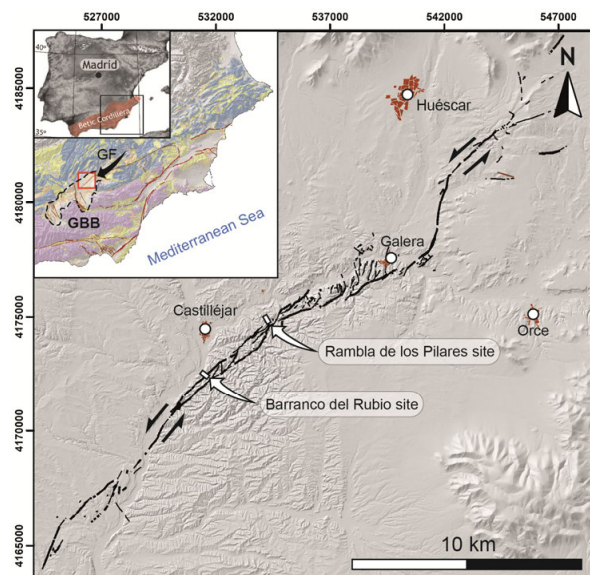


Fig. 1.- Map with the Galera Fault traces and the location of trench sites. The inset shows the location of the Galera Fault within the Betic Cordillera. GF: Galera Fault; GBB: Guadix-Baza Basin.

The GF is a transfer structure of the Baza Fault (Alfaro *et al.*, 2021) and thus accommodates part of the regional deformation in the Guadix-Baza Basin. The GF is ca. 30 km, SW-NE striking, oblique-slip fault with a main left-lateral slip and a minor vertical slip (Medina-Cascales *et al.*, 2021). The short-term horizontal slip rates of the GF have been calculated in ca. 0.5 mm/yr (Alfaro *et al.*, 2021). The main seismic event related to the GF during the instrumental period is the 1964 Galera Earthquake (VIII MMI, and mbLg 4.7, Silva *et al.*, 2019). Moreover, indirect evidence of palaeoseismic activity has been reported through palaeoliquefaction structures in Pleistocene deposits (Alfaro *et al.*, 2010) offset by the GF.

Methodology

On the basis of a geological, structural and geomorphological analysis of the GF (see Medina-Cascales *et al.*, 2021), we selected two sites in the central sector of the GF where recent fluvial terraces are deformed by fault strands. In these sites, we excavated two trenches (*Rambla de los Pilares* and *Barranco del Rubio*, Fig. 1). We interpreted the trench exposure in terms of surface-rupturing seismic events. This analysis is based on the geometric relationships between the sedimentary units and the fault strands identified on the trench wall as well as in the tecto-stratigraphic interpretation of some units. To date the proposed palaeo-events we used radiocarbon samples. Then, using the OxCal software (Bronk Ramsey, 2009a, 2009b), we integrated all the numerical dates in a Bayesian statistics analysis. As a result, we obtained probability density functions (PDFs) of the times of each palaeo-event. From these

PDFs we built a surface rupturing history for the GF. We correlated the palaeo-events between trenches and sites according to geologic criteria, and the degree of overlap between PDFs (*sensu* DuRoss *et al.*, 2011). Finally, we computed recurrence intervals between palaeo-events using a Monte Carlo simulation. In all cases, numerical ages are expressed as a confidence interval of 95.4% in addition to the mode.

Results and discussion

The Rambla de los Pilares site

The *Rambla de los Pilares* site is located to the East of Castelléjar town (UTM 30S534278/4174615, Fig. 1). The site includes 3 parallel trenches (trenches 1, 2, and 3, Fig. 2). We obtained palaeoseismological results from two of them. In this point, a N40E-striking, S-dipping, secondary strand of the GF offsets two

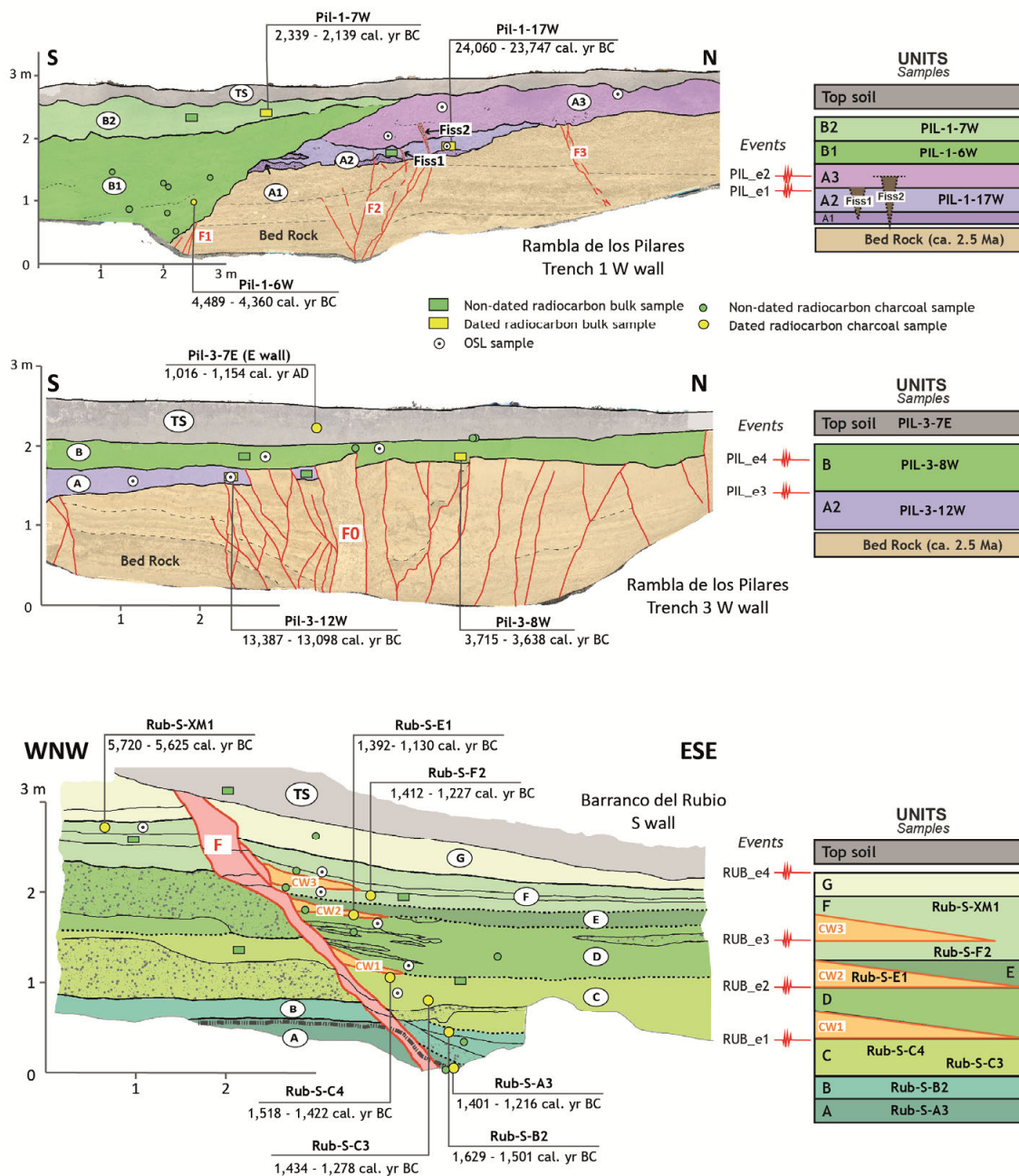


Fig. 2.- Trench logs and interpretation in terms of palaeoseismic stratigraphic sequences and events. See Figure 1 for location.

recent Holocene fluvial terraces. We identified an old terrace (units A) and an overlapping young terrace (units B) (Fig.2).

We postulate a surface-rupturing history for the *Rambla de los Pilares* site that includes four palaeo-events since ca. 24000 yr BC (Fig. 2): 2 older earthquakes in trench 1 (PIL_e1 and PIL_e2) and 2 younger earthquakes in trench 3 (PIL_e3 and PIL_e4). PIL-e1 is deduced from a filled fissure (Fiss1) that intersects A2 and is capped by the base of A3. PIL-e2 is interpreted based on another filled fissure (Fiss2), which intersects A2 and the base of A3, and is capped by the upper part of A3 (Fig. 2). PIL_e3 is evidenced by the rupture of several splays of fault F0, which intersect A and are capped by B. Finally, PIL_e4 is represented by F0 offsetting the base of unit B and being capped by the top of unit B (Fig. 2).

The Barranco del Rubio site

The *Barranco del Rubio* site is located to the South of Castilléjar town (UTM 30S534278/4174615, Fig. 1). The site includes one trench in a point where one of the main strands of the GF offsets a Holocene fluvial terrace (units A to F, Fig.2). In this site we propose a surface-rupturing history with evidence of four palaeo-events since ca. 1500 yr BC (RUB_e1 to RUB_e4) (Fig. 2). RUB_e1 to RUB_e3 are evidenced by and the deposition of several related colluvial wedges at different stratigraphic levels (CW1 to CW3, Fig.2) and by the rupture of the fault through the fluvial deposits (units A to E). The three older events (RUB_e1 to RUB_e3) are interpreted from three colluvial wedges. The youngest event, RUB_e4, is deduced because the fault offsets up to unit F and is

capped by the top soil (TS) (Fig. 2).

Earthquake chronology and recurrence intervals

In order to propose a complete surface-rupturing history for the GF, we integrated the above-mentioned data, trying to correlate the PDFs of both trench sites. The PDFs of the four events recognized in the *Barranco del Rubio* trench partially overlap event PIL_e4 (Fig. 3). The quantitative analysis of PDFs overlap indicates that event RUB_e3 presents a higher overlap, therefore, we constructed a composite event involving PIL_e4 and RUB_e3 are the same event. Thus, the resulting surface-rupturing history for the GF includes seven palaeo-events since ca. 24000 yr BC (Fig. 3). Considering this chronology, the Monte Carlo analysis yielded recurrence intervals of 120-3420 yr between events.

Conclusions

This is the first palaeoseismological study of the GF, one of the most significant active faults in the Guadix-Baza Basin (Central Betic Cordillera). The three trenches excavated in two different sites allowed us to identify evidence of eight palaeoseismic events. We deduced four surface rupturing events since ca. 24000 yr BC in the *Rambla de los Pilares* site, and four more events since ca. 1500 yr BC in the *Barranco del Rubio* site. Considering the high overlapping between PIL_e4 (*Rambla de los Pilares* site) and RUB_e3 (*Barranco del Rubio* site) the PDFs of these events, we propose an earthquake chronology of the GF including seven earthquakes since ca. 24000 yr BC with recurrence intervals of 120-3420 yr. These

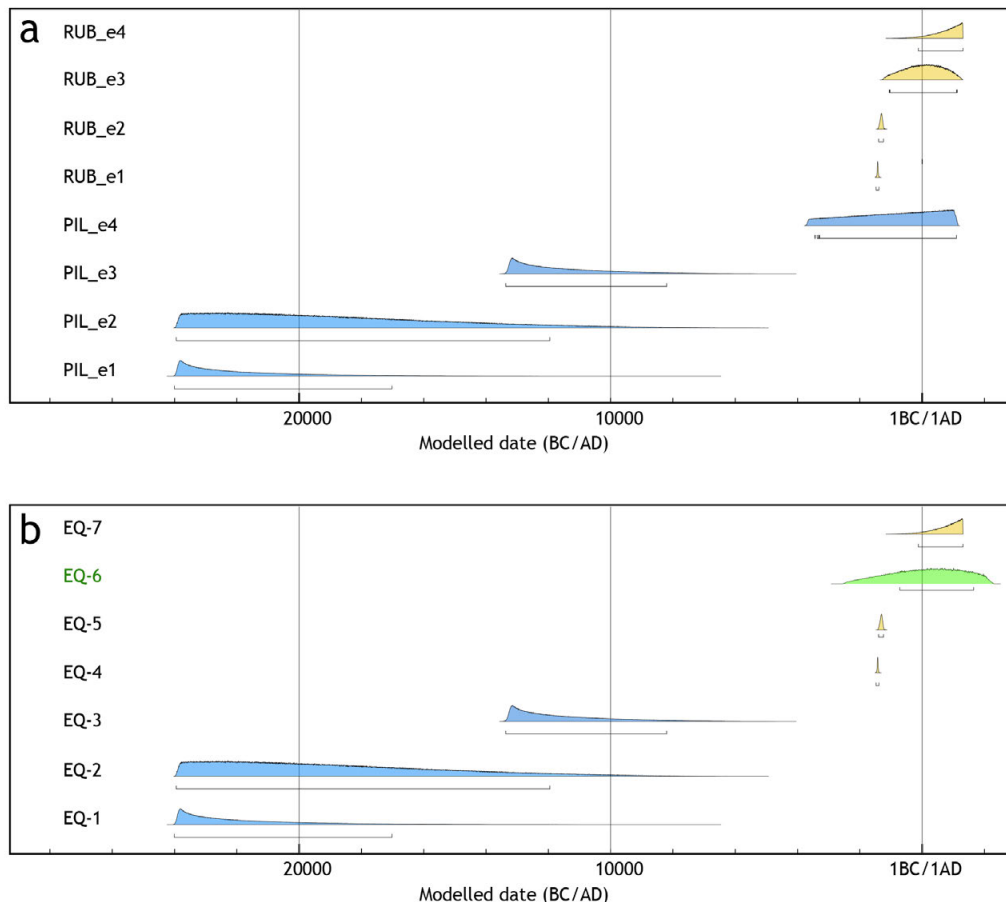


Fig. 3.- a) PDFs obtained from OxCal models of the *Rambla de los Pilares* site (in blue) and *Barranco del Rubio* site (in yellow). b) Correlation of the PDFs between the two trench sites. In green we display the PDF resulted from the overlapping of PIL-e4 and RUB-e3.

results will be the basis for future seismic hazard assessments in the study area.

Acknowledgements

This work was funded by the research project TASCUB (RTI2018-100737-B-I00) of the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities, the research group VIGROB053 (University of Alicante), the research project AICO/2019/040 of the Generalitat Valenciana (Valencia regional government), and the research group RNM 325 of the Junta de Andalucía. Iván Medina Cascales was funded by Ph.D. contract FPU16/00202 of the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities.

References

- Alfaro, P., Delgado, J., Sanz de Galdeano, C., Galindo Zaldívar, J., García Tortosa, F.J., López Garrido, A.C., López Casado, 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.
- Alfaro, P., Gibert, L., Moretti, M., García-Tortosa, F.J., Sanz de Galdeano, C., Galindo-Zaldívar, J., López-Garrido, A.C. (2010) The significance of giant seismites in the Plio-Pleistocene Baza palaeo-lake (S. Spain). *Terra Nova* 22, 172–179.
- Alfaro, P., Sánchez-Alzola, A., Martín-Rojas, I., García-Tortosa, F.J., Galindo-Zaldívar, J., Avilés, M., López-Garrido, A.C., Sanz de Galdeano, C., Ruano, P., Martínez, F., Pedrera, A., Lacy, M.C., Borque, M.J., Medina-Cascales, I., Gil, A.J. (2021) Geodetic fault slip-rates on active faults in the Baza sub-Basin (SE Spain): insights for Seismic Hazard Assessment. *Journal of Geodynamics*, 144, 101815.
- Bronk Ramsey, C. (2009a). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.
- Bronk Ramsey, C. (2009b). Dealing with outliers and offsets in radiocarbon dating. *Radiocarbon*, 51(3), 1023-1045.
- Castro, J., Martín-Rojas, I., Medina-Cascales, I., García-Tortosa, F.J., Alfaro, P. and Insua-Arévalo, J.M. (2018) Active faulting in the central Betic Cordillera (Spain): Palaeoseismological constraint of the surface-rupturing history of the Baza Fault (Central Betic Cordillera, Iberian Peninsula). *Tectonophysics*, 736: 15-30
- DuRoss, C.B., Personius, S.F., Crone, A.J., Olig, S.S., Lund, W.R. (2011). Integration of Palaeoseismic Data from Multiple Sites to Develop an Objective Earthquake Chronology: Application to the Weber Segment of the Wasatch Fault Zone, Utah. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 101 (6), 2765-2781.
- Galindo-Zaldívar J., González-Lodeiro F., Jabaloy A. (1993). Stress and palaeostress in the Betic-Rif Cordilleras (Miocene to Present). *Tectonophysics*, 227, 105–126.
- Galindo-Zaldívar, J., Gil, A. J., Sanz de Galdeano, C., Lacy, M. C., García-Armenteros, J. A., Ruano, P., Ruiz, A. M., Martínez-Martos, M., Alfaro, P. (2015) Active shallow extension in central and eastern Betic Cordillera from CGPS data. *Tectonophysics* 663, 290-301.
- García-Tortosa, F. J., Alfaro, P., Galindo Zaldívar J., Sanz de Galdeano, C. (2011a) Glacis geometry as a geomorphic marker of recent tectonics: the Guadix-Baza Basin (South Spain). *Geomorphology* 125 (4), 517-529
- IGN-UPM (2013). *Actualización de Mapas de Peligrosidad Sísmica de España 2012*. Editorial Centro Nacional de Información Geográfica, Madrid, 267 p.
- Martínez-Solares, J. M. and Mezcua, J. (2002) *Catálogo sísmico de la Península Ibérica* (880 AC-1900). Monografía nº 18 Instituto Geográfico Nacional, Madrid, Spain, 254 p.
- Medina-Cascales, I., Martín-Rojas, I., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P. (2020). Geometry and kinematics of the Baza Fault (central Betic Cordillera, South Spain): insights into its seismic potential. *Geologica Acta*, 18, 1-25.
- Medina-Cascales, I., García-Tortosa, F.J., Martín-Rojas, I., Pérez-Peña, J.V., Alfaro, P. (2021) Tec-tonic geomorphology of an active slow-moving, intrabasinal fault: The Galera Fault (Guadix-Baza Basin, central Betic Cordillera, southern Spain). *Geomorphology* 393, 107941.
- Pérez-Peña, A., Martín-Dávila, J., Gárate, J., Berrocoso, M., Buforn, E. (2010) Velocity field and tectonic strain in Southern Spain and surrounding areas derived from GPS episodic measurements. *Journal of Geodynamics* 49 (3-4), 232-240.
- Sanz de Galdeano, C. and Alfaro, P. (2004) Tectonic significance of the present relief of the Betic Cordillera. *Geomorphology* 63 (3-4), 175-190.
- Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F.J., Peláez, J.A., Alfaro, P., Azañón, J.M., Galindo-Zaldívar, J., López-Casado, C., López-Garrido, A.C., Rodríguez-Fernández, J., Ruano, P. (2012). Main active faults in the Granada and Guadix-Baza Basins (Betic Cordillera). *Journal of Iberian Geology*, 38 (1), 209-223.
- Serpelloni, E., Vannucci, G., Pondrelli, S., Argnani, A., Casula, G., Anzidei, M., Baldi, P., Gasperini, P. (2007) Kinematics of the Western Africa-Eurasia plate boundary from focal mechanisms and GPS data. *Geophysical Journal International* 169 (3), 1180-1200.
- Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner-Robles, J., Elez, J., Huerta, P., García-Tortosa, F.J., Azcárate, T., Perucha, M.A., Gómez-Diego, P.V., Perez-Lopez, R., Lario, J., Roquero, E., Bautista Davila, M. B. (2019). *Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos en España. 2ª Edición (Revisada y ampliada)*. IGME, AEQUA. Serie: Riesgos Geológicos y Geotecnia 6. Madrid, Spain, 804 p.