

Volumen de resúmenes



Editores

Juan M. Insua Arévalo y Fidel Martín González

Contribución de la Geología al Análisis de la Peligrosidad Sísmica

Primera Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología
Primeira Reunião Ibérica sobre Falhas Activas e Paleossismologia
First Iberian Meeting on Active Faults and Paleoseismology

Sigüenza (Guadalajara, España) 27, 28 y 29 de Octubre de 2010



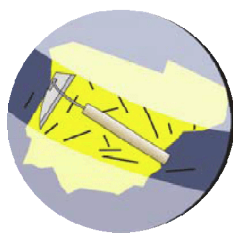
I.S.B.N.: 978-84-693-6088-0

Depósito Legal: M-42892-2010

© Los autores

Los trabajos contenidos en el presente volumen deberán citarse de la siguiente manera:

Béjar, M. y Canora, C. (2010). Caracterización de las fallas activas del SO de la península. En: *Contribución de la Geología al Análisis de la Peligrosidad Sísmica* (J.M. Insua y F. Martín-González, eds.), pp. 2-5. Sigüenza (Guadalajara, España).



REGISTRO GEOLOGICO DE TSUNAMIS EN EL SW PENINSULAR DURANTE EL HOLOCENO

Geological record of tsunamis from SW Iberia during the Holocene

J. Lario (1); C. Zazo (2); J.L. Goy (3), P.G. Silva (4); T. Bardají (5); A. Cabero (1); C.J. Dabrio (6)

(1) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia – UNED. Senda del Rey, 9. 28040 Madrid. Javier.Lario@ccia.uned.es

(2) Dep. Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, 28006-Madrid.

(3) Dep. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 37008-Salamanca.

(4) Dep. Geología, Universidad de Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila. 05003 - Ávila.

(5) Dep. Universidad de Alcalá, 28871- Alcalá de Henares.

(6) Dep. Estratigrafía e IGE, Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Universidad Complutense, 28040-Madrid.

Resumen: Desde la década de los 90 se ha incrementado el estudio de eventos marinos de alta energía que alcanzaron la costa del Golfo de Cádiz, principalmente con el estudio sedimentológico, paleontológico y geomorfológico de sus depósitos (en estuarios, marismas y flechas litorales). El estudio sedimentario y geomorfológico ha permitido identificar Eventos de Oleaje Extremo (*Extreme Wave Events, EWE's*) asociados tanto a grandes tormentas como a tsunamis. Investigaciones recientes llevadas a cabo en la plataforma del SW Peninsular han utilizado el registro de turbiditas como indicador de actividad paleosísmica. El registro de los eventos costeros y los de plataforma indican que al menos cinco tsunamis generados por grandes terremotos ($M_w > 7$) afectaron a este área en los últimos 7000 años. El periodo de recurrencia de estos eventos catastróficos se ha calculado entre 1200 y 1500 años.

Palabras clave: tsunami, registro geológico, periodo de recurrencia, eventos de oleaje extremo.

Abstract: *Many on-shore studies on high energy marine events have been carried out since the 90's mainly based on sedimentary, paleontological and geomorphologic record of coastal lowlands (estuaries, marshlands, beach-barrier systems) from the Gulf of Cadiz. On-shore sedimentary and geomorphological records allow to identify Extreme Wave Events (EWE's) assigned either to storms or tsunami events. Recent off-shore research in SW Iberia has considered turbidite occurrence as a proxy to recognize paleoearthquakes. Results from both on-shore and off-shore records suggest that almost five tsunami events generated by large earthquakes ($M_w > 7$) occurred in this area during the last 7000 years. The recurrence interval of these catastrophic events is assumed to be 1200 to 1500 years.*

Key words: tsunami, geological record, recurrence interval, extreme wave events.

La actividad sísmica del Golfo de Cádiz está relacionada con la zona de falla transformante de Azores-Gibraltar (falla de Gloria) que muestra un movimiento dextrógiro en su zona más occidental (Azores), y una compresión Norte-Sur en la zona oriental (Gibraltar) (Udías et al., 1976; Buforn et al., 1988). El terremoto de Lisboa de 1755 ha sido localizado 200 km al suroeste del Cabo San Vicente (Fukao, 1973; Martínez Solares et al., 1979) aunque otros datos basados en sondeos oceánicos y perfiles sísmicos sugieren la ocurrencia de una zona incipiente de subducción al oeste de Portugal que puede actuar como fuente del terremoto (Baptista et al., 1998; Zitellini et al., 1999, 2001). Datos de la plataforma del sur de Portugal indican la presencia de fallas activas que pueden contribuir a la actividad sísmica del SW de la Península y NW de África (Gracia et al., 2003a y b; Terrinha et al., 2003; Zitellini et al., 2004; Gracia et al., 2010).

Esta actividad sísmica ha generado tsunamis que han alcanzado la costa del sureste peninsular produciendo cambios y daños importantes en el litoral. El registro sedimentario y geomorfológico de estos eventos es difícil de diferenciar, en ocasiones, de los ocurridos durante grandes tormentas (consideradas como huracanes) que han afectado también a esta costa. La correlación de datos de

costa y plataforma está permitiendo ajustar la cronología y el origen de los eventos de oleaje extremo (*Extreme Wave Events, EWE*) generados en el SW peninsular. Los datos del registro en el litoral presentan varias incertidumbres en cuanto al origen y cronología de los depósitos asociados a dichos eventos debido a los diferentes ambientes deposicionales y a las técnicas y materiales usados para la datación de los mismos. En cualquier caso, se han podido identificar al menos siete grandes EWE con registro geológico (Lario et al., 2010).

- **ca. 7000 calBP.** Evento reconocido en la flecha litoral de Valdelagrana (Lario, 1996). Algunos datos sugieren un origen tsunamigénico, aunque no hay datos concluyentes ni presencia de este evento en otras áreas del Golfo de Cádiz.

- **ca. 5700-5300 calBP.** EWE identificado en las flechas litorales de Valdelagrana y Punta Umbría a ca. 5700-5600 calBP e interpretado como generado por tormentas (Lario, 1996; Ruiz et al., 2007). En Doñana depósitos similares han sido asignados a un tsunami generado a 5300 calBP (Ruiz et al., 2005; Cáceres et al., 2006).

- **ca. 4500-4100 calBP.** Existencia de un EWE reconocido en las marismas de Doñana y reconocido

por la presencia de un nivel marino intercalado entre los depósitos de marisma. Este episodio causó rotura de la flecha litoral y erosión de los depósitos de marisma. No existen datos concluyentes para poder asignar su origen (Lario et al., 1995; Lario, 1996; Ruiz et al., 2005; Cáceres et al., 2006).

- **ca. 3900-3700 calBP.** Se ha identificado un evento de alta energía a esta edad en la flecha litoral de Doñana, interpretado como tsunamigénico. Es claramente un evento diferente del anterior puesto que erosiona a ese depósito. (Ruiz et al., 2005; Cáceres et al., 2006). La magnitud del evento puede ser menor que otros, pero sus efectos se pueden haber incrementado debido a que la costa ya estaba afectada por el evento anterior.

- **ca. 2700-2200 calBP.** Existen numerosas referencias a un EWE dentro de este rango de edades que ha afectado a casi toda la costa del Golfo de Cádiz (Lario et al., 1995; Lario, 1996; Dabrio et al., 1999; Lario et al., 2001, 2002; Luque et al., 2002; Ruiz et al., 2004; Cáceres et al., 2006; Ruiz et al., 2008a). Los efectos del mismo son: erosión y rotura de flechas litorales, entrada de cuerpos arenosos con bioclastos marinos a los estuarios y marismas, y desarrollo de cheniers, sugiriendo un origen tanto por tormentas como por tsunami. En cualquier caso, la presencia de abanicos de derrame en el interior de las marismas con dos o tres secuencias de arenas granodecrecientes, presencia de fauna marina, cantos blandos y sellado por un nivel arcillo-limoso indican un probable origen tsunamigénico de los depósitos. La existencia de otras evidencias de mayor entidad a lo largo de la costa, como la reorganización del drenaje en el interior de las marismas (e.g. Tinto-Odiel), así como los datos históricos (Galbis, 1932) también apoyan este origen. Las discrepancias en las edades asignadas a este evento pueden deberse a las técnicas de datación y calibración de las edades o también al efecto de un tsunami durante un periodo de inestabilidad climática y generación de tormentas, lo que dificultaría la identificación de uno u otro depósito.

- **ca. 2000 calBP.** La existencia de *cheniers* en Doñana sugiere un EWE a esta edad. La erosión de la base, superficie basal del depósito, la presencia de fauna marina en los sedimentos de *lagoon* y la correlación con el catálogo de Galbis (1932) apoyan la ocurrencia de un tsunami en esta fecha. Un evento similar ha sido reconocido en la Ensenada de Bolonia a partir de la interpretación de un depósito de arenas bioclásticas (Alonso et al., 2004), y en la Bahía de Algeciras (Arteaga y González, 2004). En cualquier caso, son datos preliminares, a veces asignados por la correlación con el catálogo de Galbis (1932), donde se indica un tsunami a 60 BC, pero que este autor así como la fuente original (Moreira de Mendoza, 1758) indican que solo se sintió en la costa atlántica de Portugal y en Galicia, sin ninguna referencia al Golfo de Cádiz (Lario et al., 2010).

- **ca. 1500 calBP.** Un nivel de limos arenosos bioclásticos han sido identificados en sondeos de Doñana como tsunamigénicos por correlación con el catálogo sísmico de Galbis (Ruiz et al., 2005, 2007). Probablemente es el mismo evento datado por

Rodríguez Vidal et al. (2008) a 1700 calBP. En cualquier caso, lo limitado de estos depósitos así como sus características solo permiten indicar un EWE de efecto local.

- **1755 AD Terremoto y tsunami de Lisboa.** Existe un amplio registro documental de los efectos de este evento en numerosas localidades de la costa del sur de Portugal, el suroeste de España y en noroeste de Marruecos, y sus efectos geológicos en el Golfo de Cádiz están también documentados. También hay extensa documentación sobre lo descrito por testigos presenciales sobre los efectos de la inundación del tsunami, sin embargo falta un registro geológico (sedimentario y geomorfológico) continuo de este evento (Luque et al., 2001; Luque, 2002; Luque et al., 2004). Existen datos históricos y documentos que apoyan la interpretación realizada sobre las unidades sedimentarias depositadas durante este tsunami en Valdelagrana (Luque et al., 2001), por lo que éstas secuencias pueden ser usadas como referencia para interpretar dichos depósitos tsunamigénicos en otras áreas del litoral. También se han identificado efectos geológicos del tsunami de Lisboa de 1755 en las marismas del Tinto-Odiel (Morales et al., 2008), la flecha de Valdelagrana y el estuario del Guadalete (Dabrio et al., 1999; Luque et al., 2001) y Conil (Luque et al., 2004), en la costa española. En la costa del Algarve (Portugal) existen evidencias sedimentarias de este evento en la región de Sagres-Lagos (Barranco de Martinhal, Furnas, Boca do Rio, cf. Dawson et al., 1995; Da Silva et al., 1996; Hindson et al., 1996; 1999; Andrade y Hindson, 1999; Andrade et al., 1997; 1998; 2003; 2004; Kortekaas, 2002; Kortekaas y Dawson, 2007; Costa et al., 2008; 2009; Cunha et al., 2010; Oliveira et al., 2008; 2009; Oliveira, 2010), región central (Alcantarilha y Salgados *lagoon* y marismas de Faro, cf. Andrade et al., 2004; Costa et al., 2009; Dinis et al., 2010) y el este del Algarve (Tavira, Andrade, 1992).

Otros sitios donde han sido citados EWE en los que está en discusión su origen son Trafalgar (Whelan y Kelletat, 2003, 2005; Alonso et al., 2004), Tarifa (Alonso et al., 2004) y Rabat (Mahmudi et al., 2008).

Como se ha visto, el registro de EWE en el litoral no permite siempre poder identificar el origen de los mismos y, por tanto, el cálculo de periodos de recurrencia tanto de tsunamis como de tormentas de alta energía, es muy problemático, tan solo podemos señalar cronológicamente la ocurrencia de eventos marinos destructivos con registro en el litoral (Lario et al., 2010). En este sentido, los trabajos realizados en la plataforma permiten una mejor correlación entre eventos claramente identificados. Investigaciones recientes se han centrado en remarcar el potencial de las turbiditas como indicadores de paleosismicidad (García Orellana et al., 2006; Vizcaino et al., 2006; Gracia et al., 2010). Vizcaino et al. (2006) realiza un estudio de cuatro sondeos encontrando depósitos de *debris flow* y turbiditas con los que calculan un periodo de recurrencia de 2000 años para grandes movimientos en masa. Gracia et al. (2010) estudia estos datos y cuatro nuevos sondeos identificando once turbiditas durante el Holoceno, de las cuales solo siete aparecen en toda la zona de estudio, utilizándolas como indicadores de paleosismicidad. Sin tener en cuenta los eventos del s. XX, las turbiditas (Eventos

paleosísmicos-E) relacionadas con terremotos $M_w \geq 8.0$ son E3 (300-560 calBP), E5 (1980-2280 calBP), E6 (4960-5510 calBP), E8 (6690-6985 calBP) y E10 (8715-9015 calBP). Existe además otro evento local citado por Vizcaíno et al. (2006) a ca.3600 calBP (E5/6). En este caso el evento sísmico podría haber sido $M_w < 8.0$, generando un tsunami de menor entidad pero cuyos efectos podrían haberse ampliado al estar la costa afectada por un EWE ocurrido ca.4500-4100 calBP (Lario et al., en prensa).

La correlación de estos datos con los EWE que han afectado a la costa ha permitido asignar un origen tsunamigénico a cinco de estos eventos así como identificar terremotos de alta intensidad que han sido capaces de generar tsunamis que afectaron el SW Peninsular. Estos eventos (terremoto y tsunami) han sido identificados a ca.7000-6800 calBP, ca.5500-5000 calBP, 4500-4100 calBP, ca. 3900-3700 calBP, ca.2000-2200 calBP y el conocido de 1755 de Lisboa (Lario et al., en prensa). Teniendo en cuenta estas edades, la recurrencia de generación de tsunamis que afecten intensamente a la costa del Golfo de Cádiz puede ser estimada ente 1200-1500 años. En cualquier caso, la fuente sísmica que los genera no esta bien identificada, ni siquiera para el estudiado terremoto-tsunami de Lisboa de 1755.

Agradecimientos: Financiado por los Proyectos EU-NEAREST, CGL-2008-4000/BTE, CGL-2008-3998/BTE, Es una contribución a los Proyectos IGCP 567 y 588 así como INQUA Focus Area on Paleoseismicity and Active Tectonics.

Referencias bibliográficas

- Alonso, C., Gracia, F.J., Del Río, L., Anfuso, G., Benavente, J. & Martínez, J.A. (2004). Registro morfosedimentario de eventos históricos de alta energía en el litoral atlántico del Estrecho de Gibraltar (Trafalgar-Tarifa). En: Benito, G. & Díez Herrero, A. (eds.): *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*, SEG-CSIC, Madrid, 263-271.
- Andrade, C. (1992). Tsunami-generated forms in the Algarve barrier islands (South Portugal). *Sci.Tsu.Haz.*, 10 (1), 21-34.
- Andrade, C. & Hindson, R. (1999). Sedimentation and hydrodynamic processes associated with the tsunami generated by the 1755 Lisbon earthquake. *Quat. Int.*, 56, 27-38.
- Andrade, C., Andrade, A.M., Kortekaas, S. & Dawson, A. (1997). Sedimentological traces of tsunamigenic overwash of the Martinhal lowland (Western Algarve - Portugal). *Proceedings Sem. Zona Costeira do Algarve, Faro, Eurocoast-Portugal*, 11-18.
- Andrade, C., Munhá, J.M. & Paulino, J. (1998). Geochemical signature of extreme marine flooding in the Boca do Rio lowland (Algarve, Portugal). *Actas, V Congresso Nacional de Geologia*, Lisboa. 84 (1), 51-54.
- Andrade, C., Freitas, M.C., Miranda, J.M., Baptista, M.A., Cachão, M., Silva, P. & Munhá, J. (2003). Recognizing possible tsunami sediments in the ultradiapiric environment of the Tagus estuary (Portugal). *Coastal Sediments'03, The 5th Int. Symp. on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes*, 18 - 23 May, Clearwater Beach, Fl., ed. CD-ROM, 14 p.
- Andrade, C., Freitas, M.C., Moreno, J. & Calado, S. (2004). Stratigraphical evidence of Late Holocene extreme storms and barrier breaching in lagoonal sediments of Ria Formosa, Algarve, Portugal. *Mar.Geol.*, 210, 339-362.
- Arteaga, C. & González, J.A. (2004). Presencia de materiales marinos y dunares sobre un alfar romano en la Bahía de Algeciras (Cádiz, España). En: Benito, G. & Díez Herrero, A. (eds.): *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*, SEG-CSIC, Madrid, 393-400.
- Baptista, M.A., Heitor, S., Miranda, J.M., Miranda, P. & Mendes Victor, L. (1998). The 1755 Lisbon Tsunami; evaluation of the tsunami parameters. *Journal of Geodynamics*, 25 (2), 143-157.
- Buforn, E., Udias, A. & Colombas, M. (1988). Seismicity, source mechanisms and tectonics of the Azores - Gibraltar plate-boundary. *Tectonophysics*, 152, 89-118.
- Cáceres, L.M., Rodríguez Vidal, J., Ruiz, F., Rodríguez Ramírez, A & Abad, M. (2006). El registro geológico Holoceno como instrumento para establecer periodos de recurrencia de tsunamis: el caso de la costa de Huelva. *Proceedings, V Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Sevilla, 1-4.
- Costa, P., Andrade, C., Freitas, M.C., Oliveira, M. A., Taborde, R. & Silva, C.M. (2008). High energy boulder deposition in Barranco and Furnas lowlands, western Algarve (south Portugal). *2nd Int. Tsunami Field Sym., IGCP Project 495, G12S*, 6, 19-22.
- Costa, P., Andrade, C., Freitas, M.C., Oliveira, M.A. & Jouanneau, J.M. (2009). Preliminary results of exoscopic analysis of quartz grains deposited by a palaeotsunami in Salgados lowland (Algarve, Portugal). *Journal of Coastal Research*, SI 56 (1), 39-43.
- Cunha, P., Buylaert, J., Murray, A., Andrade, C. Freitas, M.C., Fatela, F., Munhá, J., Martins, A. & Sugisaki, S. (2010). Optical dating of clastic deposits generated by an extreme marine coastal flood: the 1755 tsunami deposits in the Algarve (Portugal). *Quat. Geoch.*, 5 (2-3), 329-335.
- Da Silva, C.M., Hindson, R. & Andrade, C. (1996). Bioerosion evidence of extreme marine flooding of Algarve region (southern Portugal) associated with the tsunami of the AD 1755 Lisbon earthquake: Taphonomic and (paleo) ecological analyses. *Com.II Reunión de Tafonomía y Fossilización*, Zaragoza, España, 371-378.
- Dabrio, C.J., J.L. Goy & Zazo, C. (1999). The record of the tsunami produced by the 1755 Lisbon earthquake in Valdelagrana spit (Gulf of Cadiz, southern Spain). *Geogaceta*, 23, 31-34.
- Dawson, A.G., Hindson, R., Andrade, C., Freitas, C., Parish, R. & Bateman, M. (1995). Tsunami sedimentation associated with the Lisbon earthquake of 1 November AD 1755: Boca do Rio, Algarve, Portugal. *The Holocene*, 5 (2), 209-215.
- Dinis, J., Andrade, C., Oliveira, M.A., Freitas, M.C., Cunha, P.P., Martins, A. & Costa, P. (2010). Alcantarilha barrier overwash and evaluation of tsunami(?) run-up (central Algarve, Portugal). *Coastal Hope 2010*, Lisboa, 2p.
- Fukao, Y. (1973). Thrust faulting at a lithospheric plate boundary: the Portugal earthquake of 1969. *Earth and Planetary Science Letters*, 18, 205-216.
- Galbis, J. (1932). *Catálogo sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E. y 20° W. de Greenwich y los paralelos 45° y 25° N*. Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística, Madrid. Tomo 1, 897 p.
- García-Orellana, J., Gracia, E., Vizcaíno, A., Masqué, P., Olid, C., Martínez-Ruiz, F., Piñero, E., Sanchez-Cabeza, J.A. & Dañobeitia, J.J. (2006). Identifying instrumental and historical earthquake records in the SW Iberian Margin using 210Pb turbidite chronology. *Geophysical Research Letters*, 33, L24601.
- Gracia, E., Dañobeitia, J.J., Vergés, J. & PARSIFAL Team (2003a). Mapping active faults offshore Portugal (36_N-38_N), implications for seismic hazard assessment along the southwest Iberian margin. *Geology*, 31 (1), 83-86.
- Gracia, E., Dañobeitia, J.J., Vergés, J., Bartolomé, R. & Córdoba, D. (2003b). Crustal architecture and tectonic evolution of the Gulf of Cadiz (SW Iberian Margin) at the convergence of the Eurasian and African Plates. *Tectonics*, 22 (4), 1033-1058.
- Gracia, E., Vizcaíno, A., Escutia, C., Asioli, A., Rodés, A., Pallás, R., García-Orellana, J., Lebreiro, S. & Goldfinger, C. (2010). Holocene earthquake record offshore Portugal (SW Iberia): Testing turbidite paleoseismology in a slow-convergence margin. *Quat. Sci. Rev.*, 9-10, 1156-1172.
- Hindson, R.A., Andrade, C. & Dawson, A.G. (1996). Sedimentary processes associated with the tsunami generated by the 1755 Lisbon earthquake on the Algarve

- coast, Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth*, 21 (12), 57-63.
- Hindson, R., Andrade, C. & Parish, R., (1999). A microfaunal and sedimentary record of environmental change within the late Holocene sediments of Boca do Rio (Algarve, Portugal). *Geol. Mijnbouw*, 77, 311-321.
- Kortekaas, S., Andrade, C. & Andrade, A.M. (1998). Litoestratigrafia e foraminíferos do enchimento sedimentar da baixa do Martinhal - Algarve (Portugal) - dados preliminares. *Com. V Congresso Nacional de Geologia*, Lisboa, Instituto Geológico e Mineiro, 84 (1), C-55/C-58.
- Kortekaas, S. (2002). *Tsunamis, storms and earthquakes: Distinguishing coastal flooding events*. PhD. Thesis, Coventry University, Coventry.
- Kortekaas, S. & Dawson, A.G. (2007). Distinguishing tsunami and storm deposits: an example from Martinhal, SW Portugal. *Sedimentary Geology*, 200 (3-4), 208-221.
- Lario, J. (1996). *Ultimo y Presente Interglacial en el área de conexión Atlántico - Mediterráneo: Variaciones del nivel del mar, paleoclima y paleoambientes*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 269 p.
- Lario, J., Zazo, C., Dabrio, C.J., Somoza, L., Goy, J.L., Bardají, T. & Silva, P.G. (1995). Record of Recent Holocene Sediment Input on Spit Bars and Deltas of South Spain. - In: Core, B. (ed.), *Holocene Cycles: Climate, Sea Levels, and Sedimentation*. *Journal of Coastal Research*, SI 17, 241-245.
- Lario, J., Zazo, C., Plater, A.J., Goy, J.L., Dabrio, C.J., Borja, F., Sierro, F.J. & Luque, L. (2001). Particle size and magnetic properties of Holocene estuarine deposits from the Doñana National Park (SW Iberia): evidence of gradual and abrupt coastal sedimentation. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 45, 33-54.
- Lario, J., Spencer, C., Plater, A.J., Zazo, C., Goy, J.L. & Dabrio, C. J. (2002). Particle size characterisation of Holocene back-barrier sequences from North Atlantic coasts (SW Spain and SE England). *Geomorphology*, 42, 25-42.
- Lario, J., Luque, L., Zazo, C., Goy, J.L., Spencer, C., Cabero, A., Bardají, T., Borja, F., Dabrio, C.J., Civis, C., González-Delgado, J.A., Borja, C., Alonso-Azcárate, J. (2010). Tsunami vs. storm surge deposits: a review of the sedimentological and geomorphological record of Extreme Waves Events (EWE) during the Holocene in the Gulf of Cadiz, Spain. *Zeitschrift für Geomorphologie* 54, S.B. 3, 301-316.
- Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Silva, P.G.; Bardají, T., Cabero, Dabrio, C.J. Holocene Paleotsunamis catalogue of SW Iberia. *Quaternary International* (in press).
- Luque, L., Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J. & Silva, P.G. (2001). Tsunami deposits as palaeosismic indicators: examples from the Spanish coast. *Acta Geologica Hispanica*, 36, 197-211.
- Luque, L. (2002). *Cambios en los paleoambientes costeros del sur de la Península Ibérica (España) durante el Holoceno*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 376 p.
- Luque, L., Lario, J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C. J. & Borja, F. (2002). Sedimentary record of historical tsunamis in the Bay of Cádiz (Spain). *Journal of Quaternary Science*, 17, 623-631.
- Luque, L., Zazo, C., Lario, J., Goy, J.L., Civis, J., González-Hernández, F.M., Silva, P.G. & Dabrio, C.J. (2004). El efecto del tsunami de 1755 en el litoral de Conil de la Frontera (Cádiz). *Zona Arqueológica*, 4. *Miscelánea en Homenaje a Emiliano Aguirre*. V-I, *Geología*, 72-82.
- Martínez Solares, J.M., López Arroyo, A. & Mezcuca, J. (1979). Isoseismal map of the 1755 Lisbon earthquake obtained from Spanish data. *Tectonophysics*, 53, 301-313.
- Mhammdi, N., Medina, F., Kelletat, D., Ahmami, M.F. & Aloussi, L. (2008). Large boulders along the Rabat coast (Morocco); possible emplacement by the November, 1st, 1755 A.D. tsunami. *Sci. Tsunami Haz.*, 27 (1), 17- 30.
- Morales, J.A., Borrego, J., San Miguel, E.G., López-González, N. & Carro, B. (2008). Sedimentary record of recent tsunamis in the Huelva Estuary (southwestern Spain). *Quat. Sci. Rev.*, 27, 734-746.
- Moreira de Mendonça, J.J. (1758). *Historia universal dos terremotos, que tem havido no mundo*. Off. Antonio Vicente da Silva, Lisboa, 272 p.
- Oliveira, M. A. (2010). *Influência da geomorfologia local na preservação de assinaturas sedimentares de eventos de alta energia no Algarve Ocidental*. MSc Thesis, Dept. Geologia FCUL Universidade de Lisboa, 252 p.
- Oliveira, M.A., Andrade, C., Freitas, M.C. & Costa, P. (2008). Using the historical record and geomorphological setting to identify tsunami deposits in the southwestern coast of Algarve (Portugal). *2nd Int. Tsunami Field Sym., IGCP Project 495, G12S*, 6, 85-88.
- Oliveira, M.A., Andrade, C., Freitas, M.C. & Costa, P. (2009). Modelling volume transfer between beach-foredune and the backshore by the 1755 Lisbon tsunami at Boca do Rio lowland, Algarve (Portugal). *Journal of Coastal Research*, SI 56, (2), 1547-1551.
- Rodríguez Vidal, J., Ruiz, F., Cáceres, L.M., Abad, M., Carretero, M.I. & Pozo, M. (2008). Morphosedimentary features of historical tsunamis in the Guadalquivir estuary (SW of Spain). *2nd Int. Tsunami Field Sym., IGCP Project 495, G12S*, 6, 139-141.
- Ruiz, F., Rodríguez Ramírez, A, Cáceres, L., Rodríguez Vidal, J., Carretero, M.I., Clemente, L., Muñoz, J.M., Yáñez, C. & Abad, M. (2004). Late Holocene evolution of the southwestern Doñana National Park (Guadalquivir estuary, SW Spain): a multivariate approach. *Pal. Pal.*, 204, 47-64.
- Ruiz, F., Rodríguez Ramírez, A, Cáceres, L., Rodríguez Vidal, J., Carretero, M., Abad, M., Ollás, M. & Pozo, M. (2005). Evidence of high-energy events in the geological records: Mid-Holocene evolution of the southwestern Doñana National Park (SW Spain). *Pal., Pal., Pal.*, 229, 212-229.
- Ruiz, F., Borrego, J., López-González, N., Abad, M., González-Regalado, M.L., Carro, B., Pendón, J.G., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L.M., Prudencio, M.I. & Díaz, M.I. (2007). The geological record of a mid-Holocene marine storm in southwestern Spain. *Geobios*, 40, 689-69.
- Ruiz, F., Abad, M., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L., González-Regalado, M., Carretero, M., Pozo, M. & Gómez-Toscano, F. (2008). The geological record of the oldest historical tsunamis in Southwestern Spain. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 114, 145-154.
- Terrinha, P., Pinheiro, L., Henriët, J.P., Matias, L., Ivanov, M.K., Monteiro, J.H., Akhmetzhanov, A., Volkonskaya, A., Cunha, T., Shaskin, P. & Rovere, M., (2003). Tsunamiogenic-seismogenic structures, neotectonics, sedimentary processes and slope instability on the southwest Portuguese Margin. *Mar. Geo.*, 195, 55-73.
- Udias, A., López Arroyo, A. & Mezcuca, J. (1976). Seismotectonics of the Azores-Alboran Region. *Tectonophysics*, 31, 259-289.
- Vizcaino, A., Gracia, E., Pallàs, R., García-Orellana, J., Escutia, C., Casas, D., Willmott, V., Diez, S., Asioli, A. & Dañobeitia, J.J. (2006). Sedimentology, physical properties and ages of mass-transport deposits associated to the Marquês de Pombal Fault, Southwest Portuguese Margin. *Norwegian Journal of Geology*, 86, 177-186.
- Whelan, F. & Kelletat, D. (2003). Analysis of tsunami deposits at cabo de Trafalgar, Spain, using GIS and GPS technology. *Essener Geographische Arbeiten*, 35, 11-25.
- Whelan, F. & Kelletat, D. (2005). Boulder deposits on the Southern Spanish Atlantic Coast: possible evidence for the 1755 AD Lisbon Tsunami? *Sci. Tsu. Haz.*, 23, 25-38.
- Zitellini, N., Chierici, F., Sartori, R. & Torelli, L. (1999). The Tectonic Source of the 1755 Lisbon Earthquake and Tsunami. *Annali di Geofisica*, 42 (1), 49-55.
- Zitellini, N., Mendes, L., Cordoba, D., Dañobeitia, J.J., Nicolich, R., Pellis, G., Ribeiro, A., Sartori, R., Torelli, L. & BIGSETS Team, (2001). Source of the 1755 Lisbon Earthquake and Tsunami investigated. *EOS. Transactions of AGU*, 82 (26), 285-291.
- Zitellini, N., Rovere, M., Terrinha, P., Chierici, F., Matias, L. & BIGSETS Team, (2004). Neogene through Quaternary tectonic reactivation of SW Iberian Passive Margin. *Pure and Applied Geophysics*, 161, 565-587.