



## Eventos marinos y asentamientos costeros en el suroeste de Iberia

### *Marine events and coastal settlements in Southwestern Iberia*

Rodríguez-Vidal, J.<sup>(1)</sup>; Campos Carrasco, J.M.<sup>(2)</sup> y Cáceres Puro, L.M.<sup>(1)</sup>

(1) Departamento de Geodinámica y Paleontología, Facultad de Ciencias Experimentales y Campus Internacional CEIMAR, Universidad de Huelva, Avda. Tres de Marzo, s/n. 21071, Huelva, España. jrvidal@dgeo.uhu.es, mcaceres@dgeo.uhu.es

(2) Departamento de Historia I, Facultad de Humanidades, Universidad de Huelva, Avda. Tres de Marzo s/n., 21071, Huelva, España. campos@uhu.es

### Resumen

La costa es una de las zonas más dinámicas del sistema terrestre, donde se produce la interacción de los procesos terrestres y marinos. Los cambios en el nivel relativo del mar, la evolución costera y los fenómenos extremos, como tormentas y tsunamis, son de gran interés local y global. La forma en que las culturas pasadas han hecho frente a los cambios ambientales y a los riesgos naturales proporciona importantes lecciones para la respuesta humana a los cambios futuros. Es frecuente que algunos estudio geoarqueológicos actuales, con enfoques geomorfológicos, paleoambientales y sedimentológicos, carezcan de la adecuada integración de datos arqueológicos e históricos. Este número especial de la revista *Cuaternario y Geomorfología* tiene como objetivo proporcionar una plataforma multidisciplinar que sirva para definir el estado actual de la ciencia geoarqueológica, en relación con los eventos marinos pasados de alta energía registrados en la costa ibérica del golfo de Cádiz. Confiamos que las contribuciones que aquí se presentan estimulen un fructífero debate sobre estos nuevos enfoques interdisciplinarios y se mejore el conocimiento sobre la interacción entre los asentamientos humanos costeros y los riesgos geológicos pasados.

**Palabras clave:** Prehistoria, Historia, tsunami, tormenta, poblamiento, Golfo de Cádiz.

### Abstract

One of the most dynamic parts of the earth system is where terrestrial processes interact with marine processes on the coast. Changes in relative sea level, coastal evolution and extreme events such as storms and tsunamis are of local and global interest. Such events hinder individual well-being and intensify/enhance environmental degradation. In a changing world, in which climate and sea-level change impact on human



habitats, geoarchaeological research is highly relevant. The way past cultures coped with environmental change and natural hazards provide important lessons for human responses to future environmental changes. Geomorphological, palaeoenvironmental and sedimentological approaches in geoarchaeological studies frequently lack the integration of archaeological and historical data. This special issue of the journal "Cuaternario y Geomorfología" therefore aims to provide a multidisciplinary platform to define the present state of geoarchaeological science throughout the Iberian coast of the Gulf of Cádiz. All the contributions will stimulate the debate on new approaches to study human-environmental interaction and address research themes such as 'palaeo-geohazards' (e.g. tsunami, earthquake and coastal and fluvial flooding).

**Keywords:** Prehistory, History, tsunami, storm, peopling, Gulf of Cádiz.

## 1. Introducción

Desde tiempos prehistóricos, la riqueza minera de la conocida como Faja Pirítica Ibérica ha favorecido un floreciente y prolongado asentamiento humano de las regiones interiores del golfo de Cádiz, tanto de Sierra Morena (p.e. Cabezo Juré, Sáez *et al.*, 2003) como en la Tierra Llana de su piedemonte, llegando incluso a las inmediaciones de la antigua línea de costa (p.e. Valencina de la Concepción, Nocete *et al.*, 2008). El poder y riqueza de estos pueblos nativos atrajo a pobladores del Levante mediterráneo, como los fenicios y griegos, deseosos de compartir y comerciar con sus recursos naturales, a la par que colonizar puntos costeros estratégicos que favoreciesen su perduración cultural y comercial en la región (Gómez *et al.*, 2015). Esta actividad minera extractiva, así como su industria metalúrgica asociada, se vieron complementadas con la propia de estas costas tan ricas y productivas en agricultura y pesquería, tanto de la pesca s.s. como de toda una industria vinculada a ella, p.e. salinera, alfarera o culinaria (Ruiz Mata *et al.*, 2006). Ambos conjuntos de actividades convivieron y se complementaron en ciertos periodos de tiempo, hasta que finalmente se impuso la explotación de los recursos agrícolas y marinos, perdurando hasta la época tardoantigua (Campos *et al.*, 2015 y Bernal *et al.*, 2015).

Este poblamiento tan generalizado e intenso de la región suratlántica ibérica y sus relaciones interculturales y económicas con el

resto del Mediterráneo, ha dado lugar a una riqueza documental que no poseen otras regiones costeras del planeta. Son casi 7000 años de registro cultural continuado que nos ayuda a comprender la ocupación humana de los paisajes ribereños, su explotación y la adaptación de sus asentamientos a un medio dinámicamente cambiante, relacionado con la fase final del último ascenso marino del Presente Interglaciario (Figura 1). El registro geoarqueológico se convierte así en un instrumento fundamental para interpretar los cambios climáticos y ambientales regionales, así como nos ayuda a explicar la adaptación y uso de los distintos pobladores al medio natural y la ubicación o translocación de algunos de sus asentamientos.

El rápido ascenso eustático, registrado en el estuario del río Guadiana (Delgado *et al.*, 2012) y evaluado en 7 mm/año para el periodo entre 14 y 7 mil años B.P., favoreció una costa irregular y recortada (Rodríguez-Vidal, 1987a), con estuarios amplios (Guadalquivir) y profundos (Guadiana) en función de la importancia de los ríos y la morfología de sus valles inundados (Figura 1). A pesar de la naturaleza areniscosa y lábil de la mayoría de los afloramientos geológicos costeros, las primeras evidencias de barreras litorales emergidas no comienzan hasta hace unos 5000 años en Doñana (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2014a) y 4000 en la bahía de Cádiz (Dabrio *et al.*, 2000), consecuencia de la somerización sedimentaria del fondo de los estuarios y del retroceso erosivo de los promontorios acantilados. Así

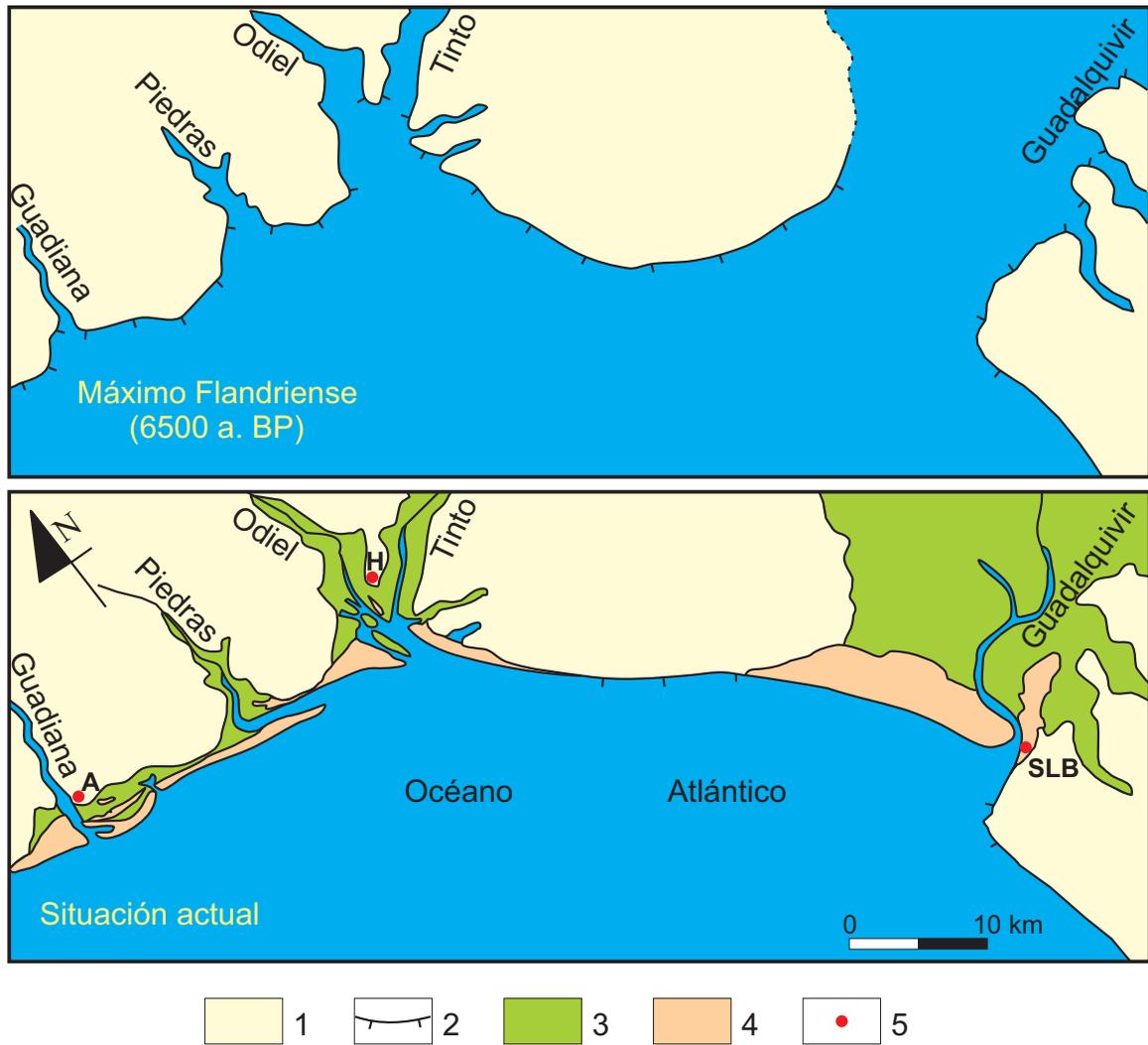


Figura 1. Reconstrucción morfológica de la línea de costa entre los ríos Guadiana y Guadalquivir: A) fase final del último ascenso marino del Presente Interglaciario, hace unos 6500 años; B) situación actual. Leyenda: 1. sustrato geológico, 2. acantilados postflandrienses, 3. marismas holocenas, 4. barreras litorales holocenas, 5. poblaciones (A. Ayamonte, H. Huelva, SLB. Sanlúcar de Barrameda).

Figure 1. Morphological reconstruction of the shoreline between the Guadiana and Guadalquivir rivers: A) Present Interglacial highstand, about 6500 years ago; B) Current configuration. Legend: 1. geological substrate, 2. post-Flandrian cliff, 3. Holocene marshland, 4. Holocene coastal barrier, 5. town (A. Ayamonte, H. Huelva, SLB. Sanlúcar de Barrameda).

pues, el progresivo cambio de paisaje desde amplios estuarios claramente marinos dominados por el oleaje, pasando por estuarios mixtos fluvio-marinos con amplias lagunas litorales (p.e. *Lacus Ligustinus* de los romanos) y llanuras mareales, hasta su historia reciente de extensa llanura fluvial con marismas salobres, ha supuesto una permanente

adaptación de los asentamientos costeros a los cambios dinámicos de la paleogeografía (Alonso *et al.*, 2014; Rodríguez-Vidal *et al.*, 2014b), así como de los usos en la explotación de los recursos naturales.

Estos cambios en la regularización del paisaje costero se produjeron a lo largo de varios

cientos y miles de años, por lo que no afectaron a la vida de las personas o, incluso, a las de varias generaciones. Sólo los eventos de carácter catastrófico excepcional, como tsunamis, o las inundaciones extraordinarias fluviales (Benito *et al.*, 2015) y marinas (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2003), de carácter periódico, pudieron afectar a los asentamientos costeros y a sus pobladores, infligiendo grandes pérdidas económicas y humanas y llegando, incluso, a suponer el abandono de las poblaciones; tal como se ha puesto de manifiesto en otras alejadas regiones costeras (Goff y McFadgen 2003). Estos cambios traumáticos sólo pueden detectarse si combinamos de forma adecuada y simultánea las investigaciones geológicas y arqueológicas, observando el paisaje y su evolución de manera regional y abandonando los estudios excesivamente localistas y muy especializados.

Este número monográfico de la revista *Cuaternario y Geomorfología* pretende ser una primera piedra en este camino interdisciplinar, donde los registros geoarqueológicos del suroeste peninsular deben ser observados desde una nueva perspectiva más amplia en su concepción y donde se planteen las primeras cuestiones históricas integradas en la evolución de un paisaje dinámico y cambiante a distintas escalas de espacio y tiempo.

## 2. Planteamientos metodológicos

Explorar nuevos caminos, así como iniciar nuevas disciplinas, necesita del uso de métodos tradicionales y de la experimentación con otros novedosos, que ayuden a progresar en el conocimiento científico de la materia en cuestión.

### 2.1. Métodos de datación

La correcta cronología de los eventos naturales y humanos es una necesidad fundamental en la adecuada interpretación de la historia durante el Holoceno, sobre todo en este periodo medio-final que nos ocupa de los últimos 7000 años.

En tiempos históricos, las evidencias y restos arqueológicos, como la tipología cerámica, pueden constituirse en sí mismas como un criterio cronológico o “fósil-guía”. El uso frecuente del fuego por los humanos aporta también una evidencia fechable en los niveles de excavaciones arqueológicas, que suele datarse por medio del análisis radiocarbónico (AMS), con rangos de error bastante bajos y con resultados muy útiles en la interpretación histórica de asentamientos de larga duración (Nocete *et al.*, 2011).

En antiguos ambientes costeros la abundancia de restos faunísticos marinos en los registros geológicos y arqueológicos también es un instrumento fundamental en la interpretación cronológica de eventos o de secuencias de procesos naturales y humanos. Los restos de conchas marinas son muy abundantes en dichos registros y son frecuentemente utilizados como criterios paleoambientales y como útiles cronológicos, mediante su análisis radiocarbónico.

El problema que se plantea con la fauna marina, para el Holoceno reciente, es la calibración de sus edades a las fechas del calendario (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2010). El reservorio de radiocarbono oceánico es deficitario en comparación con el atmosférico y, como consecuencia, existe un desfase de  $^{14}\text{C}$  entre muestras equivalentes con carbono de procedencia marina y continental (Soares, 2015). Las edades radiocarbónicas de muestras contemporáneas, procedentes de ambos medios, conservan un registro de los reservorios pasados y de su evolución temporal. La cuantificación del efecto reservorio radiocarbónico marino ( $\Delta R$ ) es muy importante en la correcta calibración de las edades de  $^{14}\text{C}$  procedentes de muestras marinas. Para esta zona del golfo de Cádiz, las investigaciones de la última década han proporcionado valores de  $\Delta R$  variables con el tiempo y con las diferentes zonas litorales, desde el cabo de San Vicente hasta el estrecho de Gibraltar (Soares y Martins, 2010; Martins y Soares, 2013). El trabajo que presenta Soares (2015) en este número de la revista, actualiza los valores de

$\Delta R$  en la costa atlántica ibérica meridional durante los últimos 3000 años; así, en la costa de Barlovento (Portugal) el valor medio es de  $69 \pm 17$  años  $^{14}\text{C}$ ,  $26 \pm 14$  años  $^{14}\text{C}$  en la costa de Sotavento (Portugal) y  $-108 \pm 31$  años  $^{14}\text{C}$  en la costa de Andalucía occidental. También este trabajo reconoce un pico máximo en los valores del registro de  $\Delta R$  de la costa de Sotavento, fechado en el  $866 \pm 50$  BP, que podría relacionarse con el evento frío ( $\approx 800$  años BP) de época Medieval.

Tal vez, en los próximos años, nos veamos obligados a utilizar de forma habitual varios métodos analíticos de manera complementaria, en unos casos para fechar distintos tipos de sedimentos y, en otros, para corroborar y contrastar resultados aparentemente erróneos o que generan poca confianza. Un buen ejemplo de esto último es el estudio de las tsunamitas del terremoto de 1755 d.C. en la costa del Algarve (Cunha *et al.*, 2010) donde, gracias a los análisis de luminiscencia se pudo confirmar la edad de este depósito, en contraste con las edades proporcionadas por el radiocarbono, bastante más antiguas. Más recientemente, ha ocurrido algo parecido con el descubrimiento de un posible tsunami de hace unos 4000 años en la costa de Cádiz (Koster y Reicherter, 2014), gracias al estudio multidisciplinar de los afloramientos litorales.

## 2.2. Nuevas escalas de intensidades de terremotos y tsunamis

Una de las líneas geológicas que se han abierto recientemente y que presentan un futuro más prometedor es la Arqueosismología y Paleosismología. En la mayor parte de los sismos ocurridos con anterioridad al siglo X d.C. la información documental histórica que se posee es muy escasa o inexistente, adoleciendo, en muchos casos, de falta de rigor histórico. Bajo estas circunstancias, los efectos producidos por las ondas sísmicas en las antiguas construcciones monumentales y los marcadores geológicos impresos en la superficie del terreno y en las formaciones super-

ficiales, permiten disponer de una variada y rica información sobre la intensidad y magnitud del fenómeno.

El trabajo que Silva *et al.* (2015) presentan en este número muestra cómo el actual estado de conocimiento paleo-arqueosismológico de algunos terremotos pasados sobrepasa con creces la información documental histórica, permitiendo la multiplicación de los puntos de información macrosísmica mediante el uso de la escala ESI-07 (*Environmental Seismic Intensity Scale*; Guerrieri y Vittori, 2007). Consecuentemente el análisis geológico de los terremotos antiguos mejora su conocimiento y análisis paramétrico, permitiendo futuros avances en la evaluación de la peligrosidad sísmica de las zonas afectadas. Este trabajo recoge tres ejemplos de terremotos antiguos (218-209 a.C., 60-40 d.C. y 1048 d.C.) ocurridos en zonas litorales del sur y suroeste de la Península Ibérica con la intención de ilustrar el uso de datos geológicos y arqueológicos en la caracterización macrosísmica de los mismos. De forma paralela, Lario *et al.* (2014) han actualizado y mejorado el registro de efectos ambientales de los tsunamis y paleotsunamis (*Tsunami Environmental Effects-TEE*), con una escala que incorpora datos cuantitativos sobre su registro erosivo y sedimentario.

## 2.3. Resiliencia costera a grandes eventos

En la costa atlántica ibérica del golfo de Cádiz afloran depósitos neógenos de la cuenca del Guadalquivir y de otras pequeñas cuencas marginales, tanto hacia el estrecho de Gibraltar como hacia el cabo de San Vicente. Las elevadas tasas de erosión costera en dichos materiales han facilitado una rápida regularización de la línea de costa a lo largo de los últimos 6000 años del presente alto eustático y, simultáneamente, el relleno progresivo de estuarios, bahías y ensenadas (Figura 1). El registro de eventos de olas extremas (*Extreme Wave Event – EWE*) ha quedado interestratificado en este relleno sedimentario sumergido (Dabrio *et al.*, 2000) o en morfo-

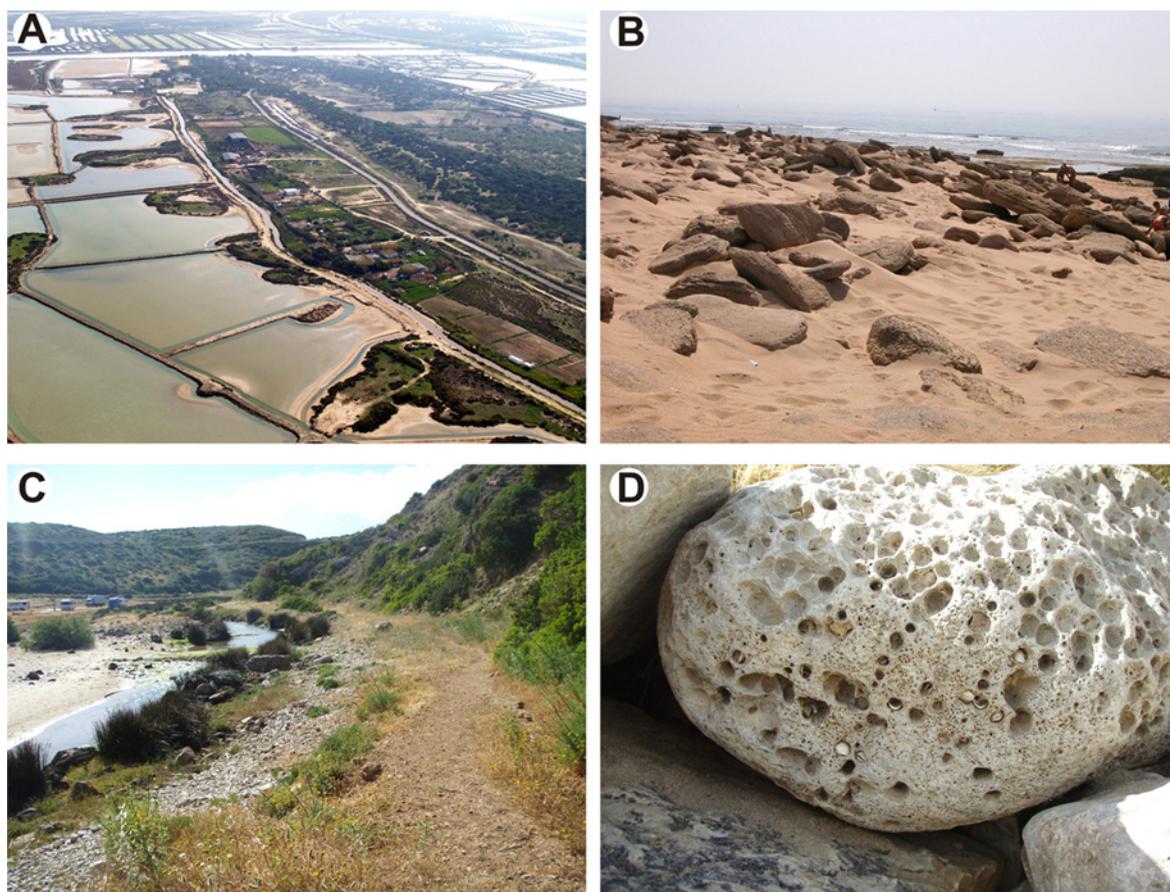


Figura 2. Ejemplos de indicadores sedimentarios de tsunamis en la costa del golfo de Cádiz. A) abanicos de desbordamiento relictos en la bahía de Cádiz; B) campo de bloques marinos imbricados en la costa del cabo de Trafalgar (Cádiz); C) terraza de cantos marinos y acantilado fósil en la desembocadura de Boca do Rio (Algarve occidental); D) bloque redondeado con perforaciones de organismos marinos (Boca do Rio).

Figure 2. Examples of tsunami sedimentary markers on the coast of the Gulf of Cádiz. A) relict washover fans in the Bay of Cádiz; B) imbricated marine boulder field in the coast of Cape of Trafalgar (Cadiz); C) marine terrace and cliff at the mouth of Boca do Rio (Western Algarve); D) marine boulder with lithophagid borings (Boca do Rio).

logías de superficie, como cantiles, cordones estuarinos o dunas transgresivas (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2011) (Figuras 2 y 3).

La elasticidad de este medio costero para adaptarse a los eventos marinos extremos, y recuperar sus pautas dinámicas y morfológicas habituales, es lo que se conoce como resiliencia costera (Long *et al.*, 2006). A pesar del amplio conocimiento que se posee de la evolución holocena de algunos estuarios atlánticos y de la distribución

geográfica y arqueológica de sus principales asentamientos humanos, aun carecemos de datos precisos sobre las repercusiones dinámicas de estos EWEs en el paisaje y en la historia del poblamiento. Es decir, nos sigue faltando información sobre la resiliencia costera a estos eventos y sus repercusiones socioeconómicas. Confiemos que trabajos futuros se preocupen de esta interesante temática, de gran importancia para la planificación presente y futura de la franja litoral atlántica.

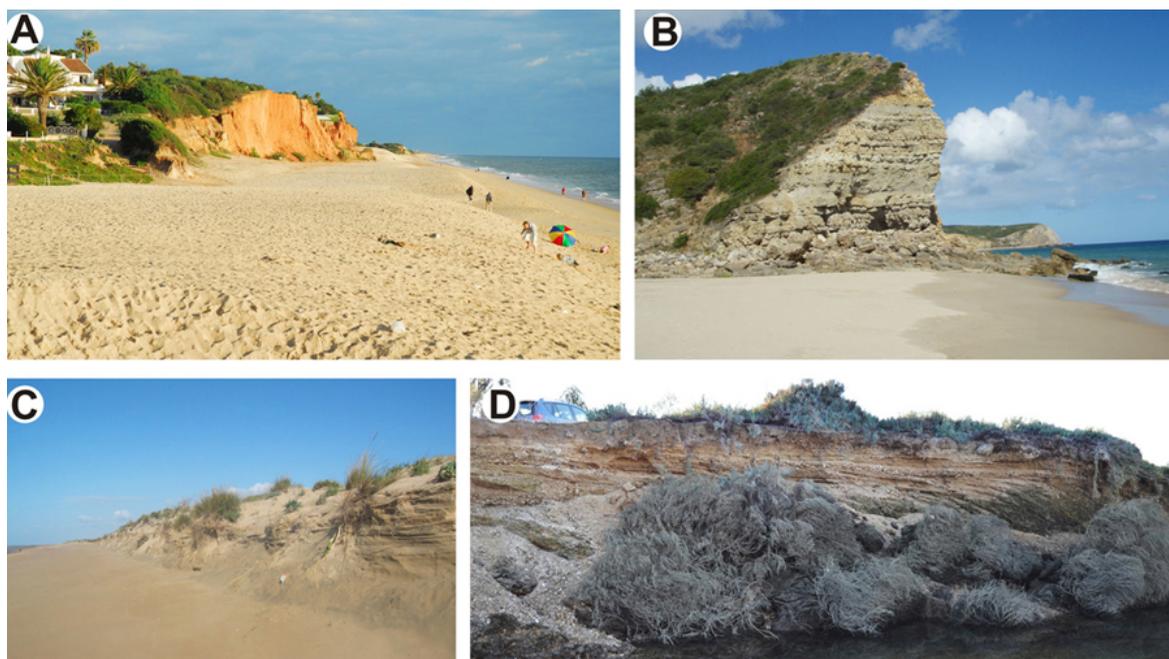


Figura 3. Ejemplos de indicadores morfosedimentarios de tormentas en la costa del golfo de Cádiz. A) acantilado reciente en arenas pliocenas (Faro, Algarve); B) acantilado activo en margas mesozoicas (Algarve occidental); C) acantilado activo en dunas litorales (Huelva); D) secuencia de tempestitas del Holoceno reciente (Huelva).

Figure 3. Examples of storm morpho-sedimentary markers on the coast of the Gulf of Cádiz. A) recent cliff in Pliocene sands (Faro, Algarve); B) active cliff in Mesozoic marl (Western Algarve); C) active cliff in present foredune (Huelva); D) Late Holocene tempestite sequence (Huelva).

### 3. Registro geológico de eventos costeros de alta energía

Siempre ha existido un interés, entre los investigadores en ciencias de la Tierra, por los eventos extraordinarios y su registro sedimentario, aunque sus publicaciones nunca han resaltado como noticias de interés social. El evento geológico de mayor difusión y repercusión mediática global tal vez haya sido la “extinción de los dinosaurios”, motivada por la caída de un bólide kilométrico en las aguas del primitivo Caribe, al final del Cretácico. La inundación marina de las regiones continentales, cercanas al impacto, debió ser la mayor que nunca haya existido, pero poco se ha escrito sobre este fenómeno. Sólo la vivencia reciente de grandes inundaciones tsunamigénicas y sus efectos, como las ocurridas en las costas del océa-

no Índico (2004 *Indian Ocean tsunami*) y de Japón (2011 *Tohoku-oki tsunami*) han disparado el interés mundial por este fenómeno catastrófico y, consecuentemente, han hecho crecer exponencialmente las publicaciones científicas.

Pero ¿qué repercusiones tuvieron estos grandes eventos marinos en los asentamientos humanos históricos y prehistóricos? ¿Cómo influyeron en la mentalidad de cada época y en su consiguiente continuidad y desarrollo económico? En las costas atlánticas del golfo de Cádiz, el terremoto de Lisboa de 1 de noviembre de 1755, con su consiguiente tsunami, está ampliamente documentado en la mayor parte de sus aspectos científicos y sociales, aunque aún carecemos de datos precisos sobre localización, mecanismo focal y magnitud ( $M_w \approx 8,5$ ).

Si existen, por tanto, en esta región atlántica, mecanismos geodinámicos capaces de generar grandes terremotos tsunamigénicos, a los que podrían acompañar deslizamientos submarinos (Gràcia *et al.*, 2010) ¿qué período de recurrencia tendrían y con qué magnitud se producirían? ¿Existen en el registro geológico evidencias de estos grandes eventos pasados?

A lo largo de las costas europeas, son numerosos los ejemplos de *EWEs* durante el Holoceno. Tal vez el más antiguo registrado sea el deslizamiento submarino de hace unos 7300 años en las costas del Mar de Noruega (*Storegga tsunami slide*, Bondevick *et al.*, 1997) que provocó grandes inundaciones en los pequeños asentamientos costeros del Mar del Norte (Bondevick, 2003), con máxima altura supuesta de olas de 10-15 m, y registros sedimentarios hasta en las costas escocesas (Long *et al.*, 1989).

En la ribera mediterránea, los grandes asentamientos costeros han sido más frecuentes y antiguos que en la atlántica, pero el registro de grandes inundaciones marinas sólo se circunscribe a la cuenca Levantina (Marriner y Morhange, 2007; Anthony *et al.*, 2014), por lo que las costas españolas carecen de registros significativos. Los dos eventos más importantes y catastróficos en la historia del poblamiento costero mediterráneo son la explosión del volcán Santorini (Mar Egeo), que afectó a las costas de la civilización Minóica tardía ( $\approx 1600$  a.C. cal.  $^{14}\text{C}$ , Bruins *et al.*, 2008), y el gran terremoto submarino del 365 d.C. en la costa suroccidental de Creta (Shaw *et al.*, 2008), que destruyó la mayoría de las ciudades costeras del Levante mediterráneo e inundó todas las tierras del Bajo Nilo, incluso la ciudad de Alejandría. El estudio geoarqueológico de estos detallados registros, en los emplazamientos de dichas ciudades costeras, ha dado lugar a la definida como “arqueología de tsunamis”, bien estudiada en estas riberas mediterráneas.

La costa atlántica del golfo de Cádiz carece, por ahora, de estos yacimientos arqueológicos

de tsunamis, ya que la recurrencia de dichos eventos es temporalmente muy amplia; tal vez entre 1200 y 1500 años (Lario *et al.*, 2011) o entre 700 y 1000 años (Ruiz *et al.*, 2013), según los tipos de análisis realizados. Es posible que los registros de estos eventos no sean exclusivamente sísmicos y que, en caso de serlos, se deban a fuentes localizadas en lugares diferentes. Todo esto evidencia la falta de trabajos concretos de arqueología sísmica en yacimientos singulares de larga ocupación (Silva *et al.*, 2015) o de estudios arqueosísmicos en regiones clave, como la bahía de Cádiz (Alonso *et al.*, 2015) y el estuario del Guadalquivir (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2015).

#### 4. Registro arqueológico de eventos costeros e implicaciones humanas

Con anterioridad al terremoto-tsunami de Lisboa, en 1755, han existido otros *EWEs* que han quedado registrados en los sedimentos estuarinos y en el paisaje costero del golfo de Cádiz. Sin embargo, los grandes asentamientos humanos históricos o prehistóricos, o sus áreas industriales anejas, no reflejan en los registros de excavaciones fenómenos de inundación marina extraordinaria. Es evidente que las excavaciones arqueológicas son actividades muy anteriores a los estudios geológicos de tsunamis o de Arqueosismicidad y no existe, por tanto, una adecuada interconexión entre disciplinas. Sólo algunos lugares excepcionales, como las ciudades romanas de *Baelo Claudia* (Silva *et al.*, 2015) y *Carteia* (Arteaga *et al.*, 2015), comienzan a mostrar este tipo de estudios geoarqueológicos, con una coincidencia temporal (60-40 d.C.) en la actividad sísmico-tsunamigénica del estrecho de Gibraltar.

El registro morfosedimentario de los *EWEs* en las costas del golfo de Cádiz es la disciplina que, hasta ahora, más datos ha aportado a los estudios de inundaciones marinas catastróficas. Diferenciar los registros típicos de tsunamis y grandes episodios de tormentas es aun difícil en este tipo de ambientes costeros, ya

que los sedimentos removilizados pueden ser semejantes en ambos casos (Lario *et al.*, 2010). Los eventos tsunamigénicos mayores dejaron, sin embargo, una impronta regionalmente más generalizada que las tormentas (Figuras 2 y 3), llegando a afectar a costas muy alejadas, depositaron su rastro sedimentario varios cientos de metros hacia el interior continental, preferentemente a lo largo de cursos fluviales, y se distribuyeron en todo tipo de ambientes costeros. Para entender mejor estos cambios bruscos en el paleopaisaje es necesario reconstruirlos cartográficamente; es decir, hay que hacer una geomorfología histórica, con detalladas reconstrucciones de fases erosivo-sedimentarias y su precisa situación cronológica.

Aunque los registros sedimentarios emergidos y sumergidos son geográficamente abundantes, y cada vez mejor estudiados, el origen, importancia e implicaciones de cada uno de ellos aún está por definir. El EWE tsunamigénico más antiguo, hasta ahora registrado, es un evento ocurrido hace unos 4000 años, con marcadores en la costa gaditana de Barbate (Koster y Reicherter, 2014) y la zona de Doñana (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2015). En esos momentos, la geografía costera era muy recortada, los estuarios eran de clara influencia marina, y sólo existían pequeñas flechas litorales en las bocanas y algunas llanuras mareales en zonas internas y protegidas (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2014a). Los asentamientos humanos litorales eran escasos y poco significativos (Borja *et al.*, 1999), dedicándose a labores de pesca y a la extracción de sal (Escacena *et al.*, 1996). A falta de denominación concreta, y como este gran evento afectó al poblamiento humano costero de principios de la Edad del Bronce, se podría definir regionalmente como “Evento Atlántico del Bronce Inicial” (*Early Bronze Atlantic Event*). Sus efectos debieron influir en economías florecientes de la época, como el asentamiento de Valencina, emporio metalúrgico del Bajo Guadalquivir en el Tercer Milenio a.C. (Nocete *et al.*, 2008) y en la destrucción de pequeños poblados situados en las bocanas de los antiguos estuarios.

Otro evento marino de gran energía fue el inicialmente sugerido en el estuario de Huelva (Rodríguez-Vidal, 1987b), entre hace 2500 y 2000 años. Posteriormente, varias publicaciones han evidenciado este evento en distintos lugares de la costa atlántica (Luque *et al.*, 2001, 2002; Silva *et al.*, 2015, entre otros), hasta que finalmente ha sido asimilado a un tsunami que se produjo a finales del siglo III a.C., posiblemente entre el 218 y 209 a.C. (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2011), coincidiendo con la Segunda Guerra Púnica. Silva *et al.* (2015) proponen denominarlo como “*Lacus Ligustinus Earthquake*”, utilizando para ello el nombre del antiguo lugar geográfico donde se han recogido la mayor parte de sus evidencias geológicas (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2011).

Las implicaciones sísmicas y los riesgos sobre las poblaciones costeras también han sido tratados por estos mismos autores. De todas formas, este evento Púnico se presentó en un momento clave de la historia, con ciudades y centros industriales fenicio-púnicos bien asentados en la costa y con una nueva fuerza bélica que le disputa, y finalmente le arrebató, la supremacía militar en la región. Los daños en todos estos asentamientos costeros debieron ser muy considerables (Gómez *et al.*, 2015) y, tal vez, decisivos en el ocaso de los antiguos pobladores y en el devenir de la nueva colonización romana. Siempre se ha dicho que “la historia la escriben los vencedores”; en este caso los vencedores, tal vez de manera interesada, omitieron escribir sobre su afortunada alianza con las “fuerzas divinas” de la naturaleza. Confiemos que futuras excavaciones geoarqueológicas ayuden a dilucidar estas cuestiones históricas tan fundamentales.

Estos dos grandes eventos han servido de precedentes al terremoto histórico de Lisboa de 1755, bien estudiado por multitud de investigadores portugueses y españoles y que marcó un antes y un después en el conocimiento científico de las Ciencias de la Tierra; sobre todo porque afectó a las poblaciones e infraestructuras de dos de las potencias más importantes de la época. Como bien

conocemos, la población con mayores pérdidas económicas y humanas fue Lisboa, a la que habría que añadir la importante ciudad portuaria de Cádiz, pero muchas otras poblaciones y asentamientos costeros fueron también seriamente dañados o destruidos. Dos ejemplos singulares españoles son el de Isla Cristina (Huelva) y Conilete (Cádiz): el primero de ellos fue destruido por la inundación y tuvo que reconstruirse en una zona cercana más protegida (Ruiz *et al.*, 2013) y el segundo fue arrasado y abandonado definitivamente (Luque, 2008).

Si suponemos que estos tres eventos fueron sismogénicos, de magnitud parecida ( $M_w \approx 8,5$ ) y generados por el mismo mecanismo sismotectónico, podríamos suponer que la recurrencia de estos grandes eventos es de unos 2000 años en el golfo de Cádiz, tal como ya supusieron hace algunos años Luque *et al.* (2001). Evidentemente, desconocemos todos estos parámetros e, incluso, es muy posible que las zonas sísmicas sean diferentes y que algunos tsunamis hayan sido debidos a deslizamientos submarinos o amplificadas por la acción conjunta de ambos fenómenos.

La costa del estrecho de Gibraltar es otra zona geográfica que, además de sufrir las inundaciones ya descritas de los tsunamis de génesis atlántica, se vio sometida a otros eventos tsunamigénicos de origen local. Los asentamientos romanos de *Baelo Claudia*, al oeste de Tarifa, y *Carteia*, en la bahía de Algeciras, son dos ejemplos estudiados por Silva *et al.* (2015) y Bernal *et al.* (2015), y Arteaga *et al.* (2015), respectivamente. Los registros geoarqueológicos nos muestran una historia de eventos sísmicos y, posiblemente, tsunamigénicos que influyeron en la historia, economía y perduración de estas ciudades; al mismo tiempo, las excavaciones geoarqueológicas futuras, en estas ciudades industriales, deben de ser herramientas fundamentales en la interpretación del registro de eventos marinos en las costas del estrecho de Gibraltar.

A partir del siglo I d.C. esta costa atlántica ya había alcanzado un grado considerable de

regularización y las bocanas de los estuarios estaban sólidamente protegidas por barreras arenosas de elevada consistencia y estabilidad. De todas maneras, estas barreras siguen registrando eventos marinos importantes, aunque de menor magnitud que los anteriormente reseñados. Un ejemplo de estos eventos se pone en evidencia en la bahía de Cádiz, donde Alonso *et al.* (2015) comprueban sensibles cambios morfológicos en la flecha de Valdelagrana durante una época que podría ser coincidente con el tsunami del 881 d.C. Otro ejemplo, de mayor trascendencia histórica, es el *EWE* que debió ocurrir a mediados del siglo III d.C., tal vez causante de la crisis y casi desaparición de la industria de pesquería romana (Campos *et al.*, 2015; Bernal *et al.*, 2015) que, posteriormente, volvió a resurgir con gran vitalidad.

Las tormentas extraordinarias, o los ciclos de ellas, aunque todavía poco estudiadas, también se incluirían dentro de las olas de energía extrema (*EWE*) que inundarían las costas bajas atlánticas. Estos eventos serían más previsibles para los pobladores costeros y de menor peligrosidad para las poblaciones principales, aunque, indudablemente, puertos de escasa entidad e industrias vinculadas a la pesca podrían haber sido destruidas por estas tormentas extremas. Las evidencias morfosedimentarias de estos ciclos de tormentas (Figura 3) son las formaciones de nuevas playas y “uñas” progradantes en las flechas litorales, como las del Rompido y Doñana (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2003); las barreras estuarinas agradantes, como las de Isla Saltés en Huelva (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2014b); o las islas barrera y flechas barrera con abanicos de desbordamiento, como las de Isla Formosa en el Algarve (García *et al.*, 2010) y Valdelagrana en la bahía de Cádiz (Benavente *et al.*, 2006), respectivamente.

## 5. Perspectivas futuras

El registro geoarqueológico es la herramienta básica de la que disponemos para interpre-

tar el pasado cercano, aunque nuestro conocimiento se ajusta más a la realidad cuando somos capaces de reconstruir la evolución costera en una dimensión espacio-temporal. La actual situación de la línea de costa, en un alto nivel eustático Postglaciar, dirige y registra los cambios morfológicos a medio y largo plazo, pero también es capaz de registrar las modificaciones de corto periodo, debidas a eventos de energía extrema.

Mucho nos queda por recorrer para interpretar adecuadamente estos registros pero, como ya se ha dicho antes, necesitamos de equipos interdisciplinarios que contribuyan con su experiencia a una mejor comprensión de las evidencias que la naturaleza nos ofrece.

Desde el punto de vista de la física de los terremotos, a pesar de los grandes esfuerzos realizados hasta ahora, aún no se ha conseguido precisar la localización ni el mecanismo sismotectónico responsable de los terremotos submarinos de mayor magnitud. De igual manera, un evento tan importante y cercano como el de Lisboa de 1755 aún carece de precisión en algunos de sus parámetros fundamentales, como son la altura y penetración de las olas del tsunami en el continente y su variación a lo largo de todo el litoral atlántico.

Los estudios de los registros sedimentarios de estos eventos extraordinarios (Figura 2) proporcionan, por ahora, el mayor volumen de información, tanto en las costas portuguesas como españolas. Tal vez se echan en falta trabajos similares en las costas atlánticas marroquíes (Kaabouben *et al.*, 2009; Medina *et al.*, 2011), donde la orientación oeste de sus playas, abiertas a la llegada directa de las olas de poniente, y la abundancia de lagoones y marismas han debido almacenar un registro detallado de estos importantes eventos. Es en estos lugares donde se debería fomentar los estudios multiproxi de tsunamis, ya que deben haber registrado la mayor parte de los eventos marinos extraordinarios, herramientas útiles en la reconstrucción de su recurrencia temporal.

Estos estudios sedimentarios deben de complementarse con cartografías temporales y reconstrucciones del relieve y paisaje de cada episodio singular, tratando de evidenciar los cambios que estos eventos producen y cómo influyen y dirigen las pautas evolutivas del litoral (Silva *et al.*, 2015). Cartografías de este tipo son fundamentales en la definición y comprensión del paisaje histórico humano y en la modelización adecuada de la inundación tsunamigénica de las paleocostas (Abril *et al.*, 2013; Periañez y Abril, 2014). Estas modelizaciones son muy importantes para las interpretaciones de la Geomorfología y la Arqueología regional, pero deben, a su vez, ser el fiel reflejo de la información que ambas disciplinas le aportan y no un diseño individualizado y desconectado de la realidad paleogeográfica.

Los estudios arqueológicos regionales deben, igualmente, redirigir sus objetivos y considerar la posibilidad de que estos grandes eventos marinos hayan podido quedar registrados en los asentamientos humanos excavados. No sólo en importantes ciudades costeras, como Doña Blanca, *Baelo Claudia* o *Carteia*, sino en áreas de elevada industrialización histórica, como los estuarios del Tinto-Odiel, Guadalquivir y Guadalete-bahía de Cádiz. Las futuras excavaciones deberían tener en cuenta esta nueva perspectiva, aunque las antiguas también deberían ser nuevamente reconsideradas.

El conocimiento científico de estos eventos marinos extremos es, por sí mismo, muy importante, y la reciente proliferación de artículos científicos así lo indica; sobre todo, después de los últimos grandes tsunamis del siglo XXI. Pero este registro es mayormente necesario para el manejo y gestión de los espacios litorales atlánticos, tanto en el presente como en el futuro cercano. Resiliencia y vulnerabilidad son nuevos términos que deben tenerse en consideración, sobre todo en un espacio geográfico tan dinámicamente activo y sujeto a continuas presiones humanas como es la costa del golfo de Cádiz.

## Agradecimientos

Los editores invitados de este número especial de la revista queremos agradecer a las Juntas Directivas de AEQUA y SEG, así como a los editores principales de *Cuaternario y Geomorfología*, las facilidades que nos han ofrecido para sacar a la luz este volumen. Agradecemos a CEIMAR-Huelva la financiación de la edición completa y su clara apuesta por el fomento de la investigación marina en el sur de la península Ibérica. Este trabajo es una contribución a los proyectos MICINN-FEDER CGL2010-15810, HAR2012-36008 y CEI-Patrimonio 2014 (Marismas del Odiel-PatrimoniUN10).

## Bibliografía

- Abril, J.M.; Periañez, R.; Escacena, J.L. (2013). Modeling tides and tsunami propagation in the former Gulf of Tartessos, as a tool for Archaeological Science. *Journal of Archaeological Science*, 40, 4499-4508.
- Alonso, C.; Gracia, J.; Rodríguez-Polo, S. (2014). Modelo de evolución histórica de la flecha-barrera de Valdelagrana (bahía de Cádiz). En: *Avances de la Geomorfología en España 2012-2014* (S. Schnabel; A. Gómez Gutiérrez, eds.). Sociedad Española de Geomorfología y Universidad de Cáceres, Cáceres, 574-587.
- Alonso, C.; Gracia, F.J.; Rodríguez-Polo, S.; Martín Puertas, C. (2015). El registro de eventos energéticos marinos en la Bahía de Cádiz durante épocas históricas. *Cuaternario y Geomorfología*, en este número.
- Anthony, E.J.; Marriner, N.; Morhange, C. (2014). Human influence and the changing geomorphology of Mediterranean deltas and coasts over the last 6000 years: From progradation to destruction phase? *Earth-Science Reviews*, 139, 336-361.
- Arteaga, C.; Blánquez, J.; Roldán, L. (2015). Consideraciones paleogeográficas en la bahía de Algeciras. Acerca de un posible tsunami en la *Carteia* romana. *Cuaternario y Geomorfología*, en este número.
- Benavente, J.; Del Río, L.; Gracia, F.J.; Martínez del Pozo, J.A. (2006). Coastal flooding hazard related to storms and coastal evolution in Valdelagrana spit (Cadiz Bay Natural Park, SW Spain). *Continental Shelf Research*, 26, 1061-1076.
- Benito, G.; Macklin, M.G.; Cohen, K.M.; Herget, J. (2015). Past hydrological extreme events in a changing climate. *Catena*, en prensa. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.12.001>
- Bernal, D.; Expósito, J.A.; Díaz, J.J.; Bustamante, M.; Lara, M.; Vargas, J.M.; Jiménez-Camino, R.; Calvo, M.; Luaces, M.; Pascual, M.A.; Blanco, E.; Hoyo, L.; Retamosa, J.A.; Durante, A.; Muñoz, N.; Bellido, A. (2015). Evidencias arqueológicas de desplomes parentales traumáticos en las termas marítimas de Baelo Claudia. *Cuaternario y Geomorfología*, en este número.
- Bondevik, S. (2003). Storegga tsunami sand in peat below the Tapes beach ridge at Harøy, western Norway, and its possible relation to an early Stone Age settlement. *Boreas*, 32, 476-483.
- Bondevik, S.; Svendsen, J.I.; Johnsen, G.; Mangerud, J.; Kaland, P.E. (1997). The Storegga tsunami along the Norwegian coast, its age and runup. *Boreas*, 26, 29-53.
- Borja, F.; Zazo, C.; Dabrio, C.J.; Díaz del Olmo, F.; Goy, J.L.; Lario, J. (1999). Holocene aeolian phases and human settlements along the Atlantic coast of southern Spain. *The Holocene*, 9, 333-339.
- Bruins, H.J.; MacGillivray, J.A.; Synolakis, C.E.; Benjamini, C.; Keller, J.; Kisch, H.J.; Klügel, A.; van der Plicht, J. (2008). Geoarchaeological tsunami deposits at Palaikastro (Crete) and the Late Minoan IA eruption of Santorini. *Journal of Archaeological Science*, 35, 191-212.
- Campos, J.; Bermejo, J.; Rodríguez-Vidal, J. (2015). La ocupación del litoral onubense en época romana y su relación con eventos marinos de alta energía. *Cuaternario y Geomorfología*, en este número.
- Cunha, P.P.; Buylaert, J.P.; Murray, A.S.; Andrade, C.; Freitas, M.C.; Fatela, F.; Munha, J.M.; Martins, A.A.; Sugisaki, S. (2010). Optical dating of clastic deposits generated by an extreme marine coastal flood: The 1755 tsunami deposits in the Algarve (Portugal). *Quaternary Geochronology*, 5, 329-335.
- Dabrio, C.J.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Sierro, F.J.; Borja, F.; Lario, J.; González, J.A.; Flores, J.A. (2000). Depositional history of estuarine infill during the last postglacial transgression (Gulf of Cadiz, Southern Spain). *Marine Geology*, 162, 381-404.
- Delgado, J.; Boski, T.; Nieto, J.M.; Pereira, L.; Moura, D.; Gomes, A.; Sousa, C.; García-Tenorio, R. (2012). Sea-level rise and anthropogenic activities recorded in the late Pleistocene/Holocene sedimentary infill of the Guadiana Estuary

- (SW Iberia). *Quaternary Science Reviews*, 33, 121-141.
- Escacena, J.L.; Rodríguez de Zuloaga, M.; Ladrón de Guevara, I. (1996). *Guadalquivir salobre. Elaboración prehistórica de sal marina en las antiguas bocas del río*. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla, 313 pp.
- García, T.; Ferreira, O.; Matias, A.; Dias, J.A. (2010). Overwash vulnerability assessment based on long-term washover evolution. *Natural Hazards*, 54, 225-244.
- Goff, J.R.; McFadgen, B.G. (2003). Large earthquakes and the abandonment of prehistoric coastal settlements in 15th century New Zealand. *Geoarchaeology*, 18, 609-623.
- Gómez, F.; Arruda, A.M.; Rodríguez-Vidal, J.; Cáceres, L.M.; Ruiz, F. (2015). Eventos marinos de alta energía y cambios traumáticos en los asentamientos costeros del suroeste de la Península Ibérica. *Cuaternario y Geomorfología*, en este número.
- Gràcia, 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. *Quaternary Science Reviews*, 9-10, 1156-1172.
- Guerrieri, L.; Vittori, E. (2007, Eds.). Environmental Seismic Intensity Scale 2007—ESI 2007. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, Vol. 74, Servizio Geologico d'Italia. Dipartimento Difesa del Suolo, APAT, Roma, Italy, 54p.
- Kaabouben, F.; Baptista, M.A.; Iben Brahim, A.; El Mouraouah, A.; Toto, A. (2009). On the Moroccan tsunami catalogue. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1227-1236.
- Koster, B.; Reicherter, K. (2014). Sedimentological and geophysical properties of a ca. 4000 year old tsunami deposit in southern Spain. *Sedimentary Geology*, 314, 1-16.
- Lario, J.; Luque, L.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Spencer, C.; Cabero, A.; Bardají, T.; Borja, F.; Dabrio, C.J.; Civis, J.; González-Delgado, J.A.; Borja, C.; Alonso-Azcárate, J. (2010). Tsunami vs. storm-surge deposits: a review of the sedimentological and geomorphological records of extreme wave events (EWE) during the Holocene in the Gulf of Cadiz, Spain. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 3, 301-316.
- Lario, J.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Silva, P.G.; Bardají, T.; Cabero, A.; Dabrio, C.J. (2011). Holocene palaeotsunamis catalogue of SW Iberia. *Quaternary International*, 242, 196-209.
- Lario, J.; Bardají, T.; Silva, P.G.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Cabero, A. (2014). The coastal record of tsunamis in the INQUA ESI-2007 scale. En: *Una aproximación multidisciplinar al estudio de las fallas activas, los terremotos y el riesgo sísmico* (J.A. Álvarez-Gómez; F. Martín González, eds.), Instituto Geológico y Minero de España, Lorca (Murcia), 113-116.
- Long, D.; Smith, D.E.; Dawson, A.C. (1989). A Holocene tsunami deposit in eastern Scotland. *Journal of Quaternary Science*, 4, 61-66.
- Long, A.; Waller, M.P.; Plater, A.J. (2006). Coastal resilience and late Holocene tidal inlet history: The evolution of Dungeness Foreland and the Romney Marsh depositional complex (U.K.). *Geomorphology*, 82, 309-330.
- Luque, L. (2008). El impacto de eventos catastróficos costeros en el litoral del Golfo de Cádiz. *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 10, 131-153.
- Luque, L.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Dabrio, C.; Silva, P.G. (2001). Tsunami deposits as palaeoseismic indicators: examples from the Spanish coast. *Acta Geológica Hispánica*, 36, 197-211.
- Luque, L.; Lario, J.; Civis, J.; Silva, P.G.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Dabrio, C.J. (2002). Sedimentary record of a tsunami during Roman times, Bay of Cádiz, Spain. *Journal of Quaternary Science*, 17, 623-631.
- Marriner, N.; Morhange, C. (2007). Geoscience of ancient Mediterranean harbours. *Earth-Science Reviews*, 80, 137-194.
- Martins, J.M.M.; Soares, A.M.M. (2013). Marine radiocarbon reservoir effect in Southern Atlantic Iberian Coast. *Radiocarbon*, 55, 1123-1134.
- Medina, F.; Mhammdi, N.; Chiguer, A.; Akil, M.; Jaaidi, E.B. (2011). The Rabat and Larache boulder fields; new examples of high-energy deposits related to storms and tsunami waves in north-western Morocco. *Natural Hazards*, 59, 725-747.
- Nocete, F.; Queipo, G.; Saez, R.; Nieto, J.M.; Inácio, N.; Bayona, M.R.; Peramo, A.; Vargas, J.M.; Cruz-Auñón, R.; Gil-Ibarguchi, J.I.; Santos, F.J. (2008). The smelting quarter of Valencina de la Concepción (Seville, Spain): the specialised copper industry in a political centre of Guadalquivir Valley during the Third millennium BC (2750-2500 BC). *Journal of Archaeological Science*, 35, 717-732.
- Nocete, F.; Sáez, R.; Bayona, M.R.; Peramo, A.; Inacio, N.; Abril, D. (2011). Direct chronometry (<sup>14</sup>C AMS) of the earliest copper metallurgy in the Guadalquivir Basin (Spain) during

- the Third millennium BC: first regional database. *Journal of Archaeological Science*, 38, 3278-3295.
- Periañez, R.; Abril, J.M. (2014). A numerical modeling study on oceanographic conditions in the former Gulf of Tartessos (SW Iberia): Tides and tsunami propagation. *Journal of Marine Systems*, 139, 68-78.
- Rodríguez-Ramírez, A.; Ruiz, F.; Cáceres, L.M.; Rodríguez-Vidal, J.; Pino, R.; Muñoz, J.M. (2003). Analysis of the recent storm record in the south-western Spain coast: implications for littoral management. *The Science of the Total Environment*, 303, 189-201.
- Rodríguez-Ramírez, A.; Pérez-Asensio, J.N.; Santos, A.; Jiménez-Moreno, G.; Villarías-Robles, J.J.R.; Mayoral, E.; Celestino-Pérez, S.; Cerrillo-Cuenca, E.; López-Sáez, J.A.; León, A.; Contreras, C. (2015). Atlantic extreme wave events during the last four millennia in the Guadalquivir estuary, SW Spain. *Quaternary Research*, 83, 24-40.
- Rodríguez-Vidal, J. (1987a). Recent geomorphological evolution in the Ayamonte-Mazagón sector of the South Atlantic coast (Huelva, Spain). *Trabajos Neógeno-Cuaternario*, 10, 259-264.
- Rodríguez-Vidal, J. (1987b). Modelo de evolución geomorfológica de la flecha litoral de Punta Umbría, Huelva, España. *Cuaternario y Geomorfología*, 1, 247-256.
- Rodríguez-Vidal, J.; Soares, A.M.M.; Ruiz, F.; Cáceres, L.M. (2010). Comment on "Formation of chenier plain of the Doñana marshland (SW Spain): Observations and geomorphic model by A. Rodríguez-Ramírez and C.M. Yáñez-Camacho, in *Marine Geology* (2008), 254, 187-196". *Marine Geology*, 275, 292-295.
- Rodríguez-Vidal, J.; Ruiz, F.; Cáceres, L.M.; Abad, M.; González-Regalado, M.L.; Pozo, M.; Carretero, M.I.; Monge Soares, A.M.; Gómez, F. (2011). Geomarkers of the 218–209 BC Atlantic tsunami in the Roman *Lacus Ligustinus* (SW Spain): a palaeogeographical approach. *Quaternary International*, 242, 201-212.
- Rodríguez-Vidal, J.; Bardají, T.; Zazo, C.; Goy, J.L.; Borja, F.; Dabrio, C.J.; Lario, J.; Cáceres, L.M.; Ruiz, F.; Abad, M. (2014a). Coastal dunes and marshes in Doñana National Park. En: *Landscape and Landforms of Spain, World Geomorphological Landscapes* (F. Gutiérrez; M. Gutiérrez, eds.). Springer, Dordrecht, 229-238.
- Rodríguez-Vidal, J.; Abad, M.; Cáceres, L.M.; González-Regalado, M.L.; Clemente, M.J.; Ruiz, F.; Izquierdo, T.; Toscano, A.; Gómez, P.; Campos, J.; Bermejo, J.; Martínez-Aguirre, A. (2014b). Relleno morfosedimentario y poblamiento humano del estuario de los ríos Tinto y Odiel (Huelva) durante la segunda mitad del Holoceno. En: *Avances de la Geomorfología en España 2012-2014* (S. Schnabel; A. Gómez Gutiérrez, eds.). Sociedad Española de Geomorfología y Universidad de Cáceres, Cáceres, 604-607.
- Ruiz, F.; Rodríguez-Vidal, J.; Abad, M.; Cáceres, L.M.; Carretero, M.I.; Manuel, M.; Rodríguez-Llanes, J.M.; Gómez-Toscano, F.; Izquierdo, T.; Font, E.; Toscano, A. (2013). Sedimentological and geomorphological imprints of Holocene tsunamis in southwestern Spain: An approach to establish the recurrence period. *Geomorphology*, 203, 97-104.
- Ruiz Mata, D.; Ruiz Gil, J.A.; López Amador, J.J. (2006). La pesca en época prerromana en la bahía de Cádiz (Apéndice sobre las factorías de salazones en el Puerto de Santa María). En: *Historia de la pesca en el ámbito del Estrecho*. I Conferencia Internacional, Puerto de Santa María. IFAPA Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa y Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, vol. I, 273-337.
- Sáez, R.; Nocete, F.; Nieto, J.M.; Capitán, M.A.; Rovira, S. (2003). The extractive metallurgy of copper from Cabezo Juré, Huelva, Spain: chemical and mineralogical study of slags to the Third Millennium B.C. *The Canadian Mineralogist*, 41, 627-638.
- Shaw, B.; Ambraseys, N.N.; England, P.C.; Floyd, M.A.; Gormans, G.J.; Higham, T.F.G.; Jackson, J.A.; Nocquet, J.-M.; Pain, C.C.; Piggott, M.D. (2008). Eastern Mediterranean tectonics and tsunami hazard inferred from the AD 365 earthquake. *Nature Geoscience*, 1, 268-276.
- Silva, P.G.; Bardají, T.; Roquero, E.; Martínez-Graña, A.; Perucha, M.A.; Huerta, P.; Lario, J.; Giner-Robles, J.L.; Rodríguez-Pascua, M.A.; Pérez-López, R.; Cabero, A.; Goy, J.L.; Zazo, C. (2015). Seismic paleogeography of coastal zones in the Iberian Peninsula: Understanding ancient and historic earthquakes in Spain. *Cuaternario y Geomorfología*, en este número.
- Soares, A.M.M. (2015). Radiocarbon dating of marine shells from the Gulf of Cadiz: The marine radiocarbon reservoir effect, its variability during the Holocene and palaeoenvironmental inferences. *Cuaternario y Geomorfología*, en este número.
- Soares, A.M.M.; Martins, J.M.M. (2010). Radiocarbon dating of marine samples from Gulf of Cadiz: the reservoir effect. *Quaternary International*, 221, 9-12.