

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA EN EL SECTOR MERIDIONAL DE LA BAHÍA DE CÁDIZ (*)

HISTORIC EVOLUTION OF THE COASTLINE IN THE SOUTHERN SECTOR OF THE CADIZ BAY

Carlos ALONSO VILLALOBOS, C. (), F. Javier GRACIA PRIETO (***) y Javier BENAVENTE GONZÁLEZ, J. (***)**

() Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Centro de Arqueología Subacuática. Avda. Duque de Nájera, 3. 11002 Cádiz. Consejería de Cultura. Junta de Andalucía. Correo electrónico: carlos.alonso.v@juntadeandalucia.es**

(*) Dpto. de Ciencias de la Tierra; Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales; Universidad de Cádiz. 11510 Puerto Real. Correos electrónicos: javier.gracia@uca.es, javier.benavente@uca.es**

BIBLID [1138-9435 (2009) 11, 1-286]

Resumen.

Los cambios paleogeográficos que han afectado históricamente a la Bahía interna de Cádiz han estado condicionados por la variación relativa del nivel del mar, por los cambios climáticos, por la actuación puntual de eventos energéticos (tsunamis, temporales marítimos) y por la actividad humana. Los cambios climáticos han sido especialmente determinantes, ya que han controlado la frecuencia de llegada de los temporales marítimos erosivos, así como la instalación de condiciones meteorológicas que favorecen el desarrollo de sistemas dunares activos.

Palabras clave: paleogeografía, Época Romana, Época Moderna, geomorfología, arqueología, Bahía de Cádiz

Abstract.

The historical palaeogeographical changes recorded in the inner Cadiz Bay have been conditioned by the relative sea level variations, by climatic changes, by the local effects of energetic events (tsunamis, sea storms), and by human activity. Climatic changes have been especially determinant because they have controlled the arrival of erosive sea storms, or the incoming of meteorological conditions that favour the development of active dune systems.

Key-words: palaeogeography, Roman Epoch, Modern Epoch, geomorphology, archaeology, Cadiz Bay

Sumario:

1. Introducción. 2. La transgresión Flandriense en la Bahía de Cádiz (18.000 - 4.500 a.C.). 3. La colmatación sedimentaria de la Bahía interna. 4. La erosión y el retroceso costero del sector exterior. 5. Discusión y conclusiones: causas de la transformación del paisaje costero gaditano. 6. Agradecimientos. 7. Bibliografía

1. Introducción.

El litoral es sin duda una de las zonas naturales más dinámicas, frágiles y complejas del planeta. Hasta hace unas décadas era normal en la investigación histórico-arqueológica que los yacimientos costeros se interpretaran desde la perspectiva de la realidad paisajística reciente, olvidándose de las importantes transformaciones habidas en estos medios a lo largo de los siglos. Sin embargo, en los últimos años son cada vez más numerosos los equipos de investigación que plantean la necesidad de conocer su evolución para restituir sincrónicamente el paleopaisaje de cada momento histórico y llegar a conocer los asentamientos humanos en su originario contexto territorial. Para el caso de los medios litorales, esta nueva tendencia de estudio se ha centrado en la problemática de localización e identificación de antiguas zonas portuarias del Mediterráneo, en muchos casos descontextualizadas del ambiente costero, fluvial y/o lagunar en el que fueron creadas (véase al respecto Morhange, 2000; Fouche, 2003).

A escala histórica (miles de años) la evolución morfológica de la línea de costa ha estado controlada por las oscilaciones del nivel del mar y por los movimientos tectónicos recientes. Para periodos cronológicos de menor duración (cientos de años), los cambios costeros se ven condicionados por la influencia que las oscilaciones climáticas han tenido sobre los procesos físicos litorales (oleaje, corrientes, mareas, vientos, etc.) y continentales (erosión hídrica y aportes sedimentarios fluviales a la costa, etc.), en paralelo a los cuales no se pueden olvidar los efectos generados por la neotectónica local y, puntualmente, por fenómenos físicos de muy alta energía y de origen diverso, tanto climático (temporales marítimos), como geológico (tsunamis). Un leve pero significativo cambio climático puede llegar a generar, además de una posible ligera variación en la posición del nivel del mar, una acusada modificación de la dinámica de vientos y corrientes litorales, desencadenando fuertes transformaciones en el paisaje costero. Una subida de apenas 30 cm en la posición de la lámina de agua marina provocaría la erosión y el retroceso de playas y cordones litorales, a la vez que una expansión de las zonas inundables de marismas (espacios de elevada vulnerabilidad), reduciendo la capacidad productora de estos ecosistemas incluso hasta el punto de hacerlos inhabitables. Esta situación, y su inversa, han sido una constante a lo largo de los últimos miles de años. Como consecuencia de ello y de la incidencia de la neotectónica, muchos antiguos

asentamientos humanos se encuentran en la actualidad geográficamente descontextualizados, (el complejo arqueológico sumergido napolitano de Baia, en Italia; templos grecorromanos en Alejandría, Egipto; parte la ciudad moderna de Port Royal, en Jamaica; etc.), apartados de la posición litoral en la que fueron construidos.

Para restituir paleogeográficamente estos ambientes costeros la investigación geoarqueológica se ha basado principalmente en la información obtenida de registros sedimentarios extraídos mediante sondeos geotécnicos (véase al respecto Arteaga *et al.*, 1995). En la actualidad, este tipo de estudios multidisciplinarios se están abriendo a nuevas técnicas de análisis (geofísicas, geoquímicas, paleobiológicas, paleoambientales, etc.) a través de las cuales es posible no sólo restituir la paleotopografía costera desde una perspectiva sincrónica, sino, y principalmente, conocer la tendencia evolutiva de estos paisajes costeros a través de una óptica integral de análisis temporal y espacial.

En el año 1992, al iniciarse el Proyecto General de Investigación *Carta Arqueológica Subacuática de la Bahía de Cádiz* (Proyecto 3/92 aprobado por la Dirección General de Bienes Culturales de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, dirigido por M. Gallardo, C. Alonso, C. García, y J. Martí), se consideró imprescindible valorar la descontextualización que a lo largo de los siglos habían padecido muchos e importantes yacimientos del entorno, motivo por el que entre sus objetivos se incluyó la revisión y actualización de datos existentes sobre la paleotopografía de la bahía gaditana. A partir de 1997, con la inclusión de varios integrantes de este proyecto en el equipo del Centro de Arqueología Subacuática (CAS) del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (IAPH), buena parte de estas líneas de investigación pasaron a vincularse a la programación del CAS, incluyendo el conocimiento histórico de los cambios litorales, o la valoración de la relación riesgos-vulnerabilidad del patrimonio cultural emplazado en la franja litoral.

Por otro lado, desde 1992 el grupo de trabajo de Geomorfología Litoral (Dpto. de Ciencias de la Tierra) de la Universidad de Cádiz venía desarrollando colaboraciones con diversos arqueólogos de los museos municipales de El Puerto de Santa María y Jerez, y más recientemente, en colaboración con el Departamento de Historia, Geografía y Filosofía de la Universidad de Cádiz, se continúa trabajando en el análisis geológico y geomorfológico de yacimientos neolíticos y calcolíticos en el litoral de la provincia (Gracia, 2008), entre los que destacamos los de La Mesa de Chiclana (Gracia, 1999) y de El Retamar, en Puerto Real (Gracia *et al.*, 2002 b).

A partir de 1995, fruto la estrecha colaboración entre el grupo de Geomorfología Litoral y el Centro de Arqueología Subacuática, vieron la luz varios proyectos de investigación financiados por la Junta de Andalucía, encaminados a analizar las implicaciones paleoambientales de yacimientos de época antigua de la Bahía de Cádiz, proyectos que, desde 1998, se extendieron a otros lugares del litoral atlántico gaditano (Alonso y Gracia, 2004). Finalmente, en 2003 se constituyó el Grupo de Geología y Geofísica Litoral y Marina de la

Junta de Andalucía, heredero de las investigaciones hasta el momento efectuadas en la línea de restituir la evolución holocena del litoral gaditano.

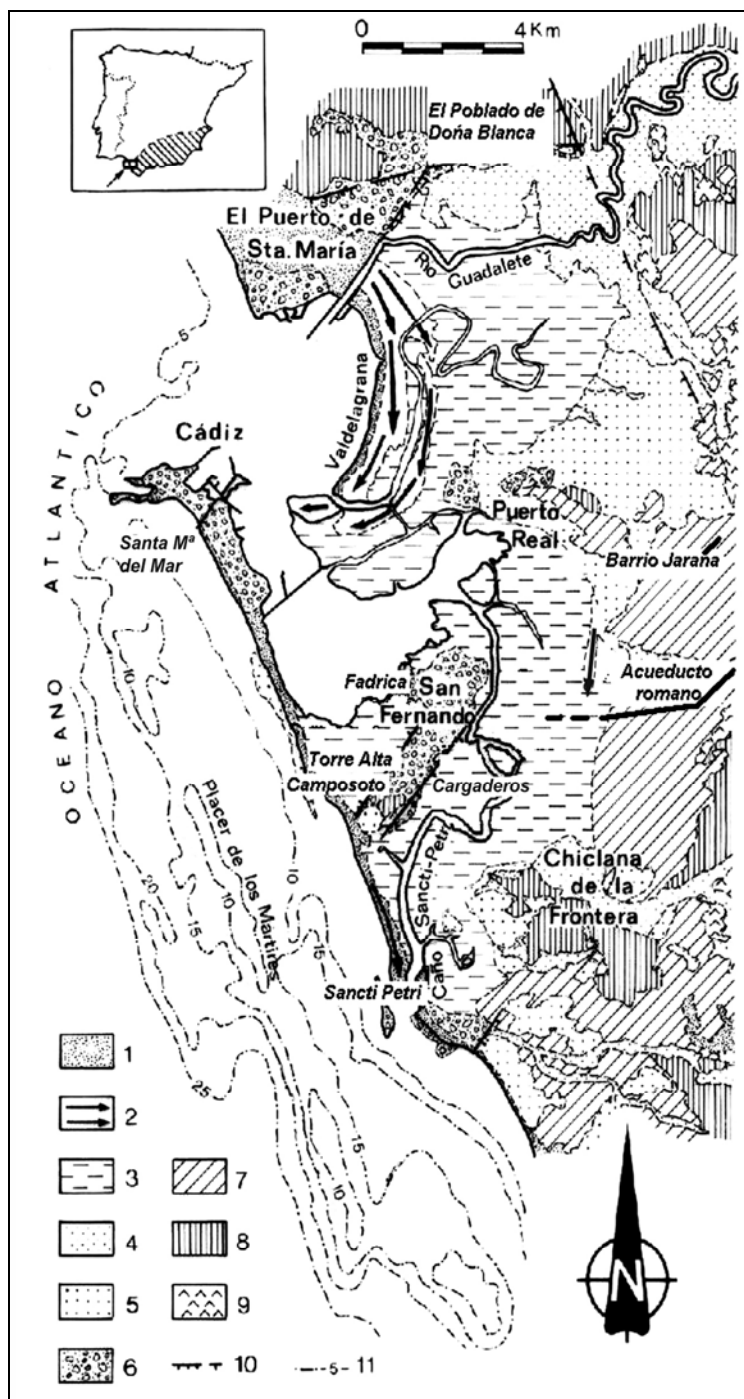


Figura 1. Mapa geomorfológico de la Bahía de Cádiz

Leyenda: 1.- Playas, dunas. 2.- Flechas litorales holocenas e históricas. 3.- Marismas. 4.- Depósitos aluviales holocenos. 5.- Depósitos pleistocenos. 6.- Depósitos litorales plio-pleistocenos ("Roca Ostionera"). 7.- Arenas pliocenas. 8.- Otras unidades terciarias. 9.- Yesos y arcillas triásicas. 10.- Falla normal. 11.- Isobatas (en m).

Entre los trabajos más recientes desarrollados en el marco de estas colaboraciones cabe destacar el origen y la evolución geológica y neotectónica de la Bahía de Cádiz y de su entorno (Gracia *et al.*, 1999, 2003, 2008) (Figura 1); el estudio geoarqueológico del Coto de la Isleta, en

Chiclana (Gracia *et al.*, 1995); el análisis morfológico y evolutivo de los paleocauces del río Guadalete (Llave *et al.*, 1997a y b); las prospecciones geoarqueológicas entre Torregorda y Sancti Petri, en San Fernando (Alonso *et al.*, 1997; Gracia *et al.*, 2000b); el estudio cartográfico y evolutivo de la Flecha de Valdelagrana, en El Puerto de Santa María (Gracia *et al.*, 2000a; Rodríguez Polo *et al.*, 2008); la caracterización geoarqueológica de los depósitos litorales holocenos de Barrio Jarana, en Puerto Real (Gracia *et al.*, 1999 y 2000c); la evolución histórica de las marismas de la bahía interna de Cádiz y la evolución de su uso salinero desde época antigua (Alonso *et al.*, 2001, 2003, 2004a y b); el análisis geoarqueológico de los mantos eólicos en la ciudad de Cádiz (Alonso y Gracia, 2004), o la caracterización de los riesgos litorales en la Bahía de Cádiz, tanto actuales como históricos (Benavente *et al.*, 2000 y 2002; Gracia *et al.*, 2006a y b).

Nuestro proyecto de investigación parte de los resultados de estudios multidisciplinarios de tipo geológico, neotectónico, geomorfológico, eustático, paleoclimático e histórico, cuyas conclusiones han permitido elaborar propuestas de interpretación para los paleoindicadores geoarqueológicos que se conservan tanto en el litoral emergido como sumergido. Como paso previo se ha elaborado un minucioso análisis microespacial de la zona en base a la fotointerpretación aérea y de satélite, gracias al cual ha sido posible elaborar cartografías geomorfológicas detalladas a las que se han superpuesto tanto la información obtenida de un exhaustivo trabajo de documentación sobre la cartografía histórica (siglo XVI hasta la actualidad), como los resultados de un concienzudo reconocimiento arqueológico de diversas zonas en las que eran evidentes anomalías morfológicas de origen incierto. Todo ello ha permitido determinar, tanto los momentos en que se encontraban emergidas y ocupadas cada una de las zonas que componen nuestro espacio de estudio, como la naturaleza de los procesos actuantes sobre su configuración y los usos que el ser humano ha realizado de cada uno de ellos a lo largo de los siglos. El presente trabajo muestra una síntesis de los resultados alcanzados por nuestro equipo a raíz del análisis geoarqueológico y multidisciplinar del sector meridional de la Bahía gaditana.

2. La transgresión Flandriense en la Bahía de Cádiz (18.000 - 4.500 a.C.)

A lo largo del Cuaternario la distribución de ambientes en la Bahía de Cádiz (Figura 1) estuvo ligada a diversas oscilaciones eustáticas, alternando épocas regresivas con desarrollo de llanuras aluviales, y épocas transgresivas con la formación de depósitos detríticos litorales (Zazo *et al.*, 1996; Dabrio *et al.*, 1998). Durante los episodios eustáticos cuaternarios de alto nivel del mar estos relieves conformaron islas de diversa entidad, como las que ocupan las actuales ciudades de Cádiz (+ 14 m) y San Fernando (+ 29 m), o bien promontorios rocosos, como el de El Puerto de Santa María (Punta de Santa Catalina, + 10 m) o el de Puerto Real (Cerro de Ceuta, + 22 m).

Atendiendo a los efectos de los cambios climáticos habidos tras el último periodo glacial y a las variaciones eustáticas asociadas, para los últimos 20.000 años es posible distinguir dos momentos evolutivos bien diferenciados: uno entre 18.000 y 4.500 a.C. (transgresión flandriense) y otro del 4.500 a.C. a la actualidad (evolución tardiholocena e histórica).

Hace unos 18.000 años, el paisaje costero de la Bahía gaditana era muy diferente del actual. Con un nivel del mar mucho más bajo, la línea de costa se encontraba bastante alejada de nuestras actuales playas, dibujándose en la mitad norte de la Bahía una gran llanura aluvial costera asociada al río Guadalete (Dabrio *et al.*, 1998). Con el comienzo del presente interglacial y como consecuencia de la fusión de las grandes masas de hielo acumuladas en los casquetes polares, entre el 14.000 y 4.800 a.C. se produjo una rápida y progresiva subida del nivel del mar que llegó a alcanzar su máximo hace unos 6.500 años (Zazo *et al.*, 1994) inundando las llanuras litorales y provocando el retroceso de la línea de costa y de la desembocadura del Guadalete, así como la progresiva transformación de los ambientes aluviales en medios transicionales y, posteriormente, en ambientes claramente marinos. Esta gradación aparece bien reflejada en las columnas de los sondeos realizados en la mitad norte de la Bahía. Estos muestran que hace unos 9.600 años B.P. se produjo el cambio de una sedimentación fluvial a un dominio transicional, dando paso a un ambiente claramente estuarino en torno a los 8.900 años B.P. y a un depósito de marisma asociado al máximo flandriense entre los 6.500 y el 6.200 años B.P (Dabrio *et al.*, 2000; Lario, 1996).

Cercano al momento final de esta transgresión, con un nivel del mar algo inferior al actual (cuando éste se encontraba por ejemplo unos 3 metros bajo la actual cota de pleamar media), el entorno de la bahía gaditana presentaría un paisaje con más tierra emergida que en la actualidad. En esa situación todo el rosario de bajos rocosos que rodean la actual Cádiz (Las Puercas, Chapitel, Los Cochinos, etc., por el Norte y las rasas costeras de Santa Catalina y San Sebastián, así como la larga línea de arrecife que bordea Cádiz por el Oeste, entre Santa María del Mar y Sancti Petri) debieron de estar emergidos (Figura 1), conformando una “isla mayor” gaditana muy superior en anchura y longitud a la actual. Por el Sur, el islote de Sancti Petri se encontraría unido a la zona de Torre Bermeja, por una amplia plataforma rocosa que hoy conforma un lecho marino somero del que emergen bajos rocosos (Moguerano, la Pulpera, Rompetimones, etc.). Sobre ellas se debieron desarrollar los glacis que, desde Torre Bermeja, drenan hacia el Noroeste en dirección al islote de Sancti Petri. En esta situación el Caño de Sancti Petri conectaría con el mar por el norte del islote, tal y como han confirmado los registros de geopulser y sonar efectuados en el marco del proyecto de colaboración entre el CAS-IAPH y un equipo de la UCA y el Instituto Oceanográfico de Fuengirola coordinados por J. Hernández (Univ. de Vigo) y C. Alonso.

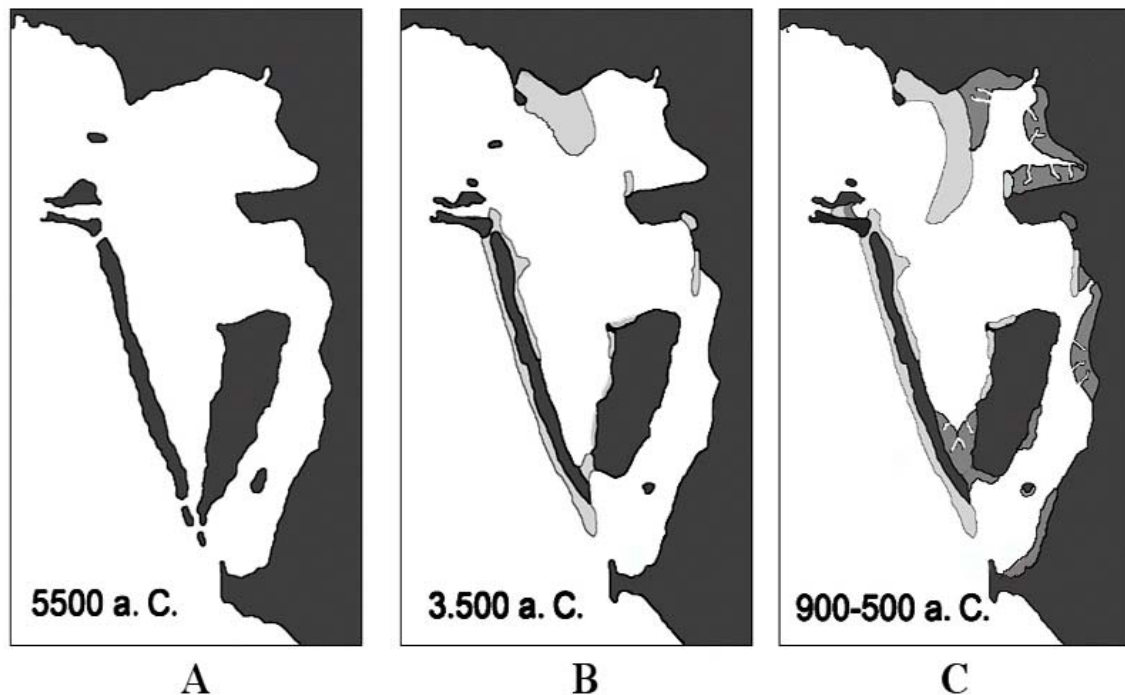


Figura 2. Evolución paleogeográfica esquemática de la Bahía de Cádiz entre el 5.500 a.C. y el 500 a. C.

Entre el 6.800 y el 6.000 B.P. se alcanzó el máximo transgresivo (Figura 2A), que en la Bahía de Cádiz dejó su huella en forma de una serie de playas y depósitos marinos colgados por encima del nivel del mar actual (Barrio Jarana y Puente Melchor, en Puerto Real; Gracia *et al.*, 1999). Al este de Puerto Real se localiza el yacimiento neolítico de El Retamar (Figura 3), asentado sobre una duna remontante de levante, cuyo arranque basal está representado por un replano situado a unos 4 m por encima del actual nivel del mar, probablemente la antigua playa que le sirvió de área fuente. La datación de los restos incluidos en el depósito dunar (6.780 +/- 80 años BP) permite deducir que la sedimentación arenosa litoral en el interior de la Bahía de Cádiz se produjo en etapas muy tempranas, prácticamente coincidentes con el máximo eustático flandriense (Gracia *et al.*, 2002).

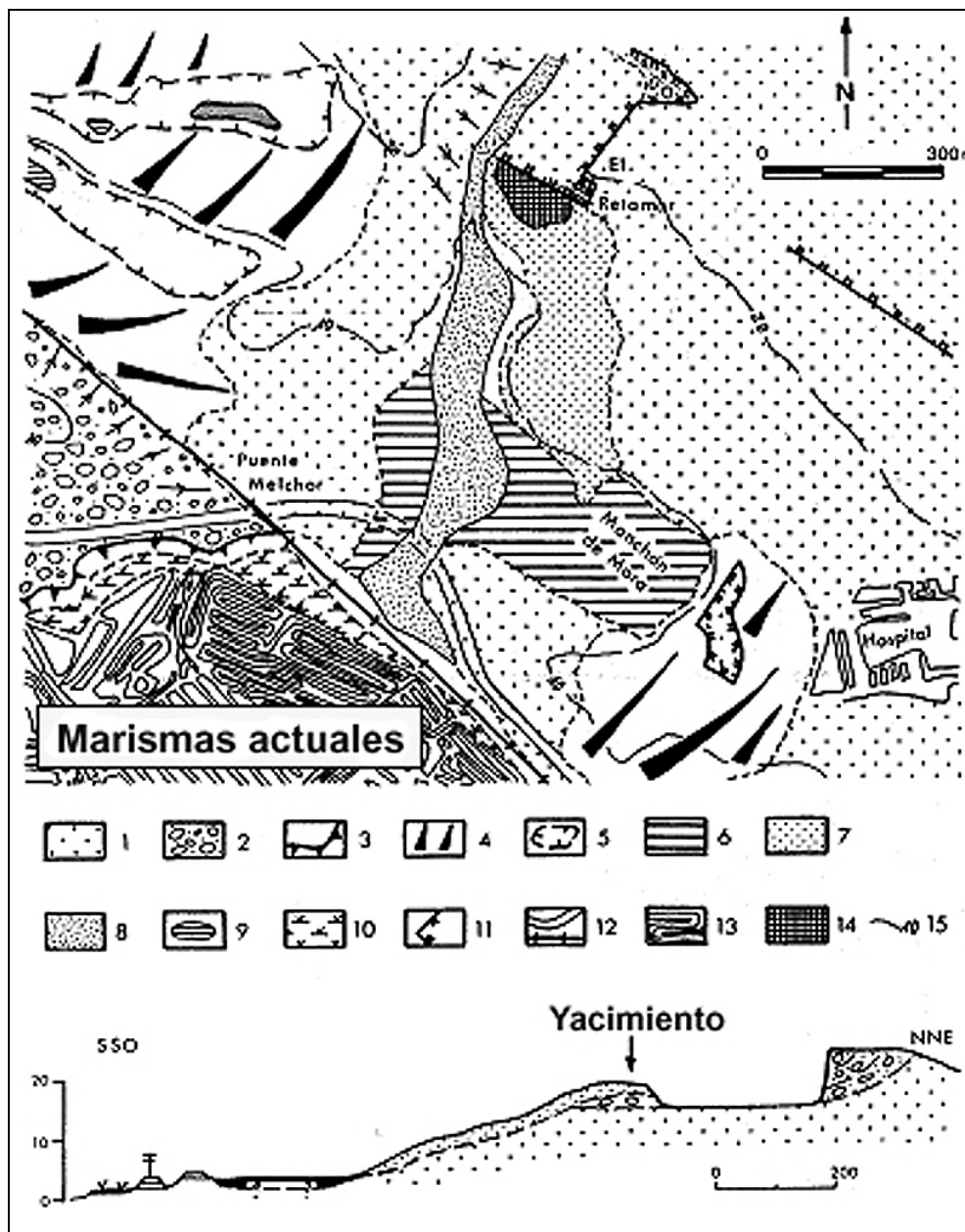


Figura 3. Mapa geomorfológico y corte geológico del yacimiento de “El Retamar” (Gracia, *et al.* 2002).

Leyenda: 1.- Arenas pliocenas. 2.- Conglomerados plio-pleistocenos. 3.- Escarpe estructural. 4.- Glacis pleistoceno. 5.- Depresión cerrada, dolina. 6.- Llanura aluvial (sobre posible paleoplaya). 7.- Depósito eólico holoceno. 8.- Fondo de valle. 9.- Laguna estacional. 10.- Marisma con vegetación. 11.- Cantera. 12.- Vías de comunicación. 13.- Salinas. 14.- Yacimiento de “El Retamar”. 15.- Curvas de nivel (eq. 10 m).

Con posterioridad a ese momento el nivel del mar registró varias oscilaciones leves favoreciendo el crecimiento de flechas litorales como la de Valdelagrana (al Norte), la de Barrio Jarana (en Puerto Real) y la de la Punta del Boquerón o de Sancti-Petri (al Sur de San Fernando) (Figuras 2 B y C). Según Zazo *et al.* (1996), la primera de estas flechas se desarrolló durante dos fases de progradación: una en época fenicia (hace unos 3.000 años) y otra romana

(hace unos 2.050-1.820 años), si bien desde época medieval presenta una notable estabilización con retrabajamiento del propio sedimento que la conforma (Rodríguez Polo *et al.*, 2008). La segunda se desarrolló en un momento aún por definir con exactitud, aunque diversos indicios permiten deducir que se generó en épocas claramente prerromanas. La progradación de estas flechas propició la formación de ambientes estuarinos y de marismas (Figura 4) cuya colmatación se vio favorecida, posiblemente desde época romana, por el incremento del aporte sedimentario de los ríos debido a una intensa deforestación para el cultivo y uso de la madera con fines diversos y por un probable descenso leve del nivel del mar a finales de la época medieval (Gracia *et al.*, 1995). Así, al abrigo de estas flechas y de la propia isla gaditana comenzaron a desarrollarse, desde época muy temprana, ambientes estuarinos y marismeños (Dabrio *et al.* 2000; Alonso *et al.*, 2003a y 2004), conformándose desde entonces los dos tipos de paisajes que caracterizan la Bahía: sistemas de marismas con predominio de procesos sedimentarios en el sector interior, y sistemas de barreras arenosas generadas por la acción del oleaje y de las corrientes en la zona externa, más expuestos a los agentes marinos. La evolución histórica de ambos tipos de ambientes ha sido, lógicamente, muy contrastada, tal y como se analiza en los siguientes epígrafes.

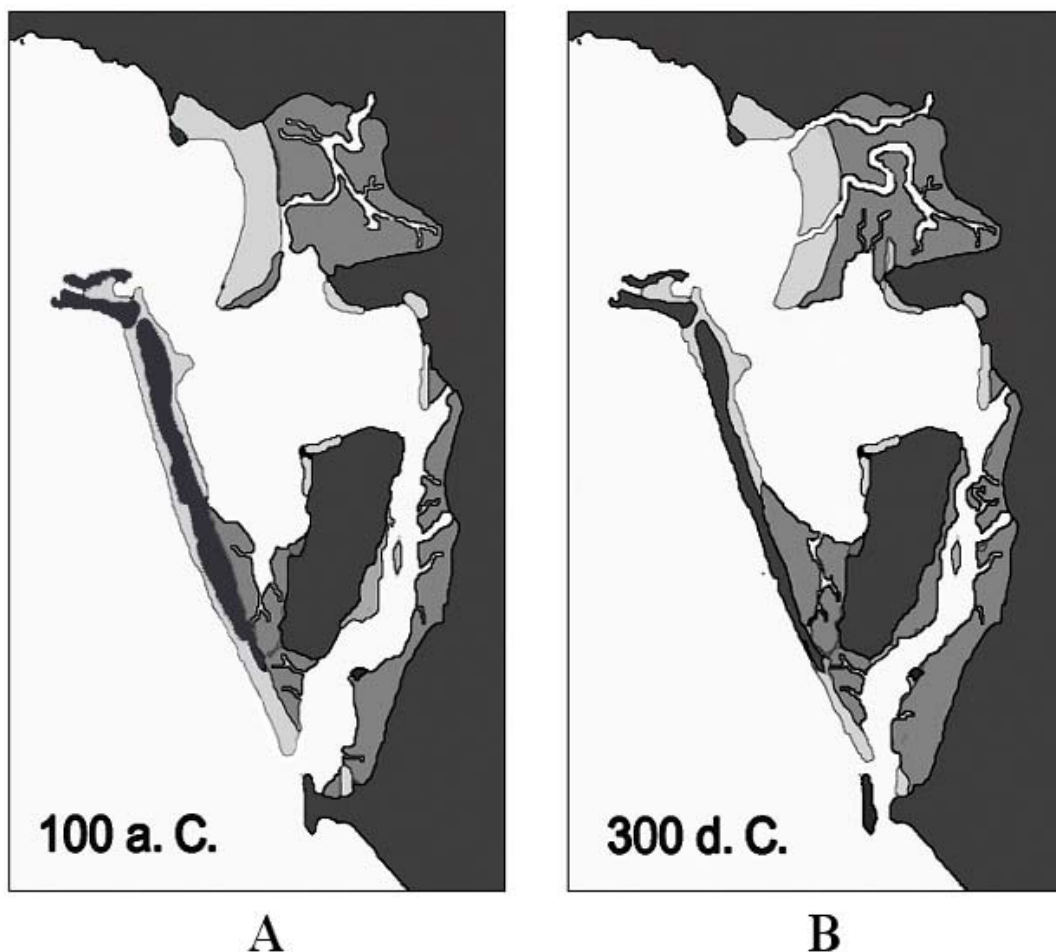


Figura 4. Evolución paleogeográfica esquemática de la Bahía de Cádiz entre el 100 a. C. y el 300 d. C.

3. La colmatación sedimentaria de la Bahía interna

Si bien hasta el presente la investigación histórico-arqueológica venía admitiendo que la Bahía de Cádiz era un amplio espacio navegable durante la Antigüedad, los estudios geoarqueológicos que hemos practicado apuntan que, para esa época, diferentes sectores de este entorno presentaban un avanzado estado de colmatación como consecuencia del desarrollo de marismas. El análisis espacial y microtopográfico detallado de los sectores Suroeste (Camposoto) y Sureste (Gallineras) de San Fernando, ha permitido identificar una serie de indicadores arqueológicos que permiten caracterizar la tendencia agradante y progradante de estas marismas (Alonso *et al.*, 2003a y 2004), tendencia igualmente confirmada y datada para momentos posteriores gracias a la información obtenida tanto de diversos sondeos geotécnicos practicados en el marco del proyecto Antípolis (Arteaga *et al.*, 2001; Barragán, 2001), como de la revisión de los resultados de diversas excavaciones practicadas en la zona.

Si bien la existencia en Barrio Jarana (Puerto Real) de un cordón litoral activo entre 900 y 500 a.C. muestra que para dicho momento este sector de la Bahía interna se encontraba escasamente colmatado para época fenicia (Gracia *et al.*, 1999a), otras zonas de la Bahía se encontraban ya en proceso de colmatación (Alonso y Gracia, 2004). Atendiendo a la narración de los geógrafos clásicos, entre el siglo VI a.C. y el cambio de era, el archipiélago gaditano estaba conformado por tres islas. La principal, situada entre las otras dos, era alargada y se encontraba orientada en sentido E-O (respecto de este error de orientación, véase García Bellido, 1963:75). En su extremo occidental se emplazaba la ciudad, mientras que en el opuesto (la zona de Sancti Petri según todos los autores) los colonizadores sirios fundaron el templo de Melqart. A poniente y levante respectivamente de esta isla principal existían otras dos: una, localizada “en la parte que mira a la (tierra firme) de la Hispania”, de 1000 pasos de longitud y mil de anchura según Plinio (*N.H.* IV, 120), probablemente la misma que en el poema de la Ora Marítima de Avieno (v. 310) se describe separada del continente por un brazo de mar de cinco estadios; la otra, a poniente según el mismo texto de Avieno (v. 310), dedicada al culto a Venus. Sin entrar en la polémica sobre la denominación e identificación de cada una de ellas, llama la atención el concepto de *isla* utilizado por los autores de estos textos. En ellos hacen referencia a un solo canal mareal (de cinco estadios) situado al este de San Fernando, separando esta isla de la tierra firme frontera (la zona de Barrio Jarana-Tres Caminos, entre Puerto Real y Chiclana). No citan sin embargo la existencia de ningún otro canal entre las islas de las actuales San Fernando y Cádiz (la principal según todos los autores), o entre ésta y la emplazada más a poniente. Es posible que esta omisión se deba a motivos narrativos, dado el carácter generalista de las citadas obras, pero también podría deberse, tal y como confirman los estudios geoarqueológicos, a que el paisaje que nos describen los autores antiguos presentaba ya un avanzado estado de colmatación y a que el concepto *isla* (tal como aún seguimos empleando al referirnos, por ejemplo, a la Isla de León) se empleaba para describir, genéricamente, cualquier promontorio o zona elevada próxima a la costa, sobresaliente en un paisaje llano como el de las

marismas, independientemente de la posibilidad de navegación o comunicación natural que hubiese entre ellos.

Debido a múltiples causas (variaciones en la tendencia climática, incremento demográfico, deforestación con fines agrícolas y de obtención de leña y madera para las florecientes industrias alfarera y de construcción naval, etc.), entre los siglos V y II a.C. debió producirse en la zona interior de la Bahía una aceleración del proceso de colmatación (Figuras 2 C y 4 A). La existencia en el entorno de Camposoto (San Fernando) de centros de producción de ánforas activos durante los siglos VI y V a.C.; el hallazgo junto a éstos de ánforas cargadas con pescado salado y preparadas para su transporte (Gago *et al.*, 2000), o la presencia de restos anfóricos (en algunos casos ejemplares completos) dispersos entre Camposoto (Figura 5, imágenes de la izquierda) y río Arillo sobre las contiguas marismas emergidas (Alonso *et al.*, 2004, 2003a y Barragán, 2001), son indicadores indiscutibles que confirman para ese momento el avanzado estado de colmatación de esta zona, así como la posible navegabilidad de la misma a través de una red de caños mareales que permitía la salida de los siempre pesados contenedores cerámicos empleados para la comercialización de las salazones. Un siglo después, el abandono de la actividad industrial alfarera en este sector y su desplazamiento más hacia el Norte, primero a la zona de Torre Alta (Figura 1), a escasos 2 Km al norte de la anterior (González, 2001), y poco después (durante la época imperial romana), a la de Fadraca (Figura 1), aún más alejada en esa misma dirección, parecen mostrar la progresiva transformación de un paisaje que se vuelve cada vez más marismeño (Alonso *et al.*, 2004, 2003a).

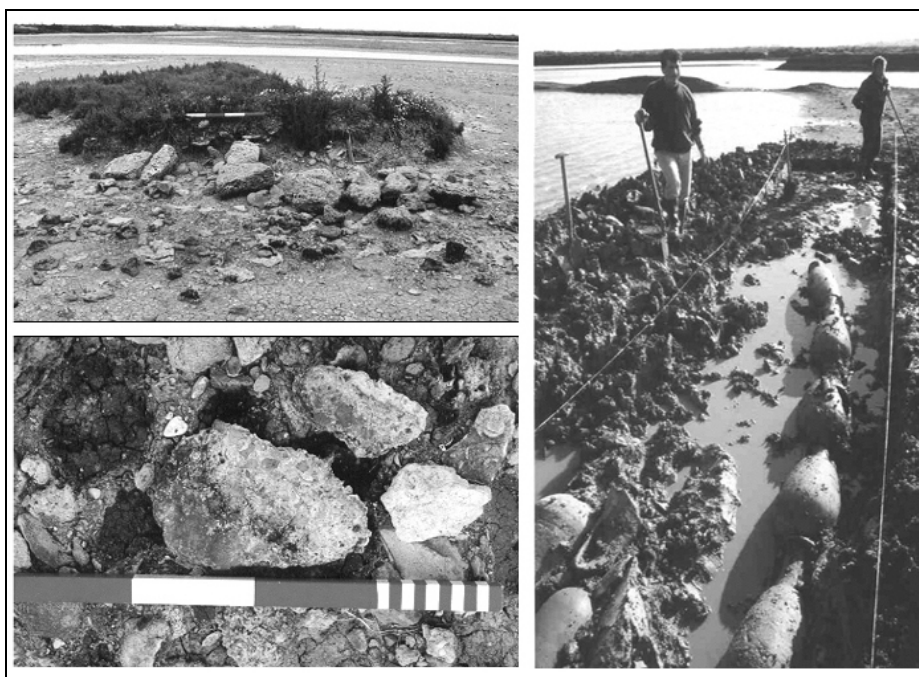


Figura 5. Restos de estructuras salineras (posiblemente romanas) localizadas en el sector de Camposoto (izquierda) y de los Cargaderos (derecha) en San Fernando. El hallazgo sobre las actuales marismas de Tres Caminos (Puerto Real) de un tramo del acueducto romano construido para abastecer de agua potable a la romana Gades (Figura 1), y la

técnica empleada en el mismo para su cimentación (reposando sobre postes de madera clavados en el fango), vienen a mostrar igualmente que durante esa época todo ese sector estaba ocupado por una amplia marisma emergida que progradaba hacia el Suroeste. Sin duda, ésta y otras estructuras constructivas litorales debieron desempeñar una función de trampa sedimentaria, contribuyendo al proceso de cegamiento de muchos de los caños.

Como han demostrado las prospecciones arqueológicas, estos amplios espacios marismeños fueron ocupados desde antiguo por el ser humano. El uso de los mismos debía sin duda estar en relación con las tres actividades extractivas y económicas propias de este medio: el marisqueo, la pesca-acuicultura y la producción de sal. Por Estrabón (III 5, 11) sabemos que los gaditanos, en época fenicia, comerciaban con los habitantes de las *Cassiterides*, cambiando plomo y estaño por sal y diversos productos manufacturados. En época romana, Plinio (*N. H.*, XXXI, 81 a XXXI, 83) y Rutilius Namatianus (*De reditu suo*, I, 475-478) informan parcamente de los sistemas productivos empleados para la obtención de sal marina en latitudes meridionales y que, si bien hasta el presente permanecían desconocidos desde una perspectiva arqueológica, parecen diferir muy poco de los que se continúan empleando en nuestras tradicionales salinas de evaporación solar (Alonso *et al.*, 2004 y 2003a)

Sobre las marismas gaditanas es frecuente el hallazgo de ánforas fenicias, púnicas y romanas, tanto aisladas como formando estructuras (Figura 5). Estos indicadores arqueológicos demuestran que, indiscutiblemente, esos espacios marismeños se encontraban emergidos ya desde antiguo. Algunos de ellos conforman alineaciones de ánforas machihembradas (cortadas por la base) que servían con claridad para funciones de desagüe o drenaje (Bernal, 2005). Sin embargo otros, constituidos por varias alineaciones de ánforas adosadas (también machihembradas entre sí, aunque no cortadas por su extremo) reposando en un lecho de postes y estacas de madera clavados sobre los limos de una paleomarisma ya emergida en época romana (Figura 5, derecha), trazan potentes estructuras de decenas de metros de longitud que, cubiertas por fango y capas de piedras para facilitar el drenaje, debían cumplir una función diferente, relacionada con explotaciones dedicadas a la obtención de sal y/o el cultivo de peces (Alonso *et al.*, 2004 y 2003a). Haciendo paralelismo entre el sistema constructivo empleado para la roturación y el labrado de una salina tradicional atlántica y la funcionalidad de cada uno de sus compartimentos, se observa una estrecha similitud entre algunas de estas estructuras y los muros de contención construidos para separar los esteros de las primeras unidades de evaporación. Es más, en la actualidad, algunas de estas estructuras anfóricas, como es el caso de Los Cargaderos, en San Fernando, están emplazadas en medio de la marisma, a varios cientos de metros de “tierra firme”, cumpliendo precisamente esa función: muro o dique de contención de la salina de San Cayetano activa hasta hace unas décadas.

Según hemos podido comprobar a través del análisis de diferentes levantamientos topográficos de precisión practicados en la Bahía de Cádiz entre los siglos XVIII y XIX (agradecemos a L. Ménanteau las facilidades prestadas para la consulta de esta rica, preciosa y

curiosa información), los deslindes, estructuras y formas del paisaje salinero gaditano parecen haber pervivido a lo largo de los últimos cuatro siglos. La posterior antropización de este medio, debida especialmente a la necesidad de roturar nuevas y amplias salinas allá donde no había, y de construir embarcaderos, caminos, puentes, estructuras defensivas costeras, etc., influyó para que, tras la época romana, el proceso de colmatación de la Bahía Interna continuase ininterrumpidamente (Figura 4 B). Así lo recogen, incluso, diferentes informes técnicos de principios del XIX realizados para dar a conocer los efectos negativos que esas obras públicas estaban generando sobre la dinámica litoral de la Bahía (Benot, 1885).

4. La erosión y el retroceso costero del sector exterior.

A lo largo de la franja litoral comprendida entre Cádiz y Sancti Petri son múltiples los indicadores geoarqueológicos que demuestran la erosión y el retroceso histórico de los ambientes costeros naturales (Alonso *et al.* 1997). Los factores responsables de esta tendencia evolutiva son tanto directos, ligados a eventos puntuales muy energéticos y a procesos relacionados con la propia dinámica litoral, como indirectos, asociados a condicionantes morfoestructurales de carácter neotectónico muy reciente.

Rastreando en la documentación histórica es posible encontrar referencias desde al menos el siglo XII relativas a que la antigua ciudad de Cádiz fue “tragada por el mar” (véase al respecto Martínez, 1974: 69), tradición que se ha ido mantenido a lo largo de los siglos (Alonso *et al.*, 1997; Campos, 1992). Tanto los tsunamis como los grandes temporales son eventos de alta energía que han contribuido históricamente a transformar la morfología costera. Como efecto de los mismos, en los cordones litorales y marismas gaditanas se puede reconocer la presencia tanto de escarpes erosivos muy recientes, como de característicos depósitos sedimentarios de alta energía formados por acumulaciones de bloques y gravas de gran calibre, asociados a cantos perforados e imbricados hacia tierra (Benavente *et al.*, 2000; Gracia *et al.*, 2006). Durante las obras efectuadas para el soterramiento de la vía del tren a su paso por la ciudad de Cádiz, hemos podido documentar en la zona del barrio de La Laguna, uno de estos depósitos generados, según la información arqueológica, por el tsunami asociado al terremoto de 1755 (agradecemos a D. Bernal y L. Lorenzo, encargados del seguimiento arqueológico de la obra, la colaboración prestada para su estudio). La presencia de este tipo de depósitos dispersos por toda la costa atlántica andaluza y portuguesa refleja la amplitud espacial de estos episodios energéticos. Además, el estudio y datación de algunos ha permitido estimar su recurrencia histórica, con registros que se remontan incluso a la época prerromana (Alonso y Gracia, 2004; Alonso *et al.*, 2003a, b y c; Luque *et al.*, 2000; Gracia *et al.*, 2006a y b; Arteaga y González Martín, 2004).

Obviamente, las posibles consecuencias de un tsunami (o igualmente del poder energético de una gran tormenta) habrían sido devastadoras sobre cualquier comunidad costera y su economía en ese momento. Por ejemplo, asociado al tsunami del 1 de noviembre de 1755

se produjo la destrucción de buena parte de las estructuras enclavadas en primera línea de costa, incluida parte de las robustas murallas y baluartes defensivos de la propia ciudad de Cádiz, de gran parte de la flota e infraestructura portuaria, de las instalaciones salineras, caminos, puentes y pasos costeros, etc., erosionándose además amplias zonas litorales (Campos, 1992). Por el momento, la parquedad de los datos y lo incipiente de nuestro trabajo en esta línea, sólo nos permiten apuntar hipótesis, sobre las que debemos seguir profundizando.

Las evidencias más directas de retroceso costero en la Bahía de Cádiz vienen representadas por tres indicadores arqueológicos actualmente descontextualizados de su posición original:

- Un conjunto de siete tumbas de sillares (presumiblemente prerromanos) localizado y excavado a principios del siglo XX en la zona intermareal de la playa de Santa María del Mar (Quintero, 1927: 8).
- La presencia, sumergida, de esculturas y estructuras en la zona de Sancti Petri.
- La localización, también en la franja intermareal, del antiguo acueducto romano que abastecía de agua potable a Gades.

El estudio de este último (Alonso *et al.*, 1997) ha permitido concluir que entre los siglos II y XII se produjo un importante retroceso de la línea de costa, que llegó a afectar a su propio trazado (Figura 4 B). Este retranqueo sin duda se vio favorecido por las características morfológicas que debían imperar entonces en el sector sumergido de la playa (fondo arenoso y uniforme, sin presencia de bajos o arrecifes que lo defendiesen frente a la acción del oleaje). Con posterioridad al siglo XII el tramo Cádiz - Torregorda parece encontrarse estabilizado, debido quizás al afloramiento tras esa primera fase erosiva de depósitos pleistocenos subyacentes, muy cementados y que conforman la actual plataforma rocosa costera que, desde entonces, protege esta costa disipando la energía de las olas.

Otro indicador geoarqueológico del retroceso de este litoral lo encontramos bajo la actual playa de Camposoto, entre Torregorda y la Punta del Boquerón. En este sector los temporales invernales más energéticos hacen aflorar un depósito arcilloso correspondiente a una antigua marisma situada ligeramente por encima del nivel del mar actual. Lógicamente, la formación de ésta sólo es posible en un ambiente restringido, lo que permite deducir la existencia mar adentro de un antiguo cordón o isla barrera, hoy desaparecida, frente a la actual playa de Camposoto. La existencia de esta antigua barrera arenosa ha podido ser confirmada mediante registros sísmicos (Geopulse) obtenidos en una campaña de geofísica marina realizada en estas aguas en el marco de un proyecto de colaboración entre el CAS-IAPH y un equipo de la UCA y el Instituto Oceanográfico de Fuengirola, coordinados por J. Hernández (Univ. de Vigo) y C. Alonso, si bien, por el momento, desconocemos su edad exacta y el periodo de tiempo durante el cual se produjo ese importante retroceso costero. No obstante, un texto de

Philostrato (véase García Bellido, 1963: 97) informa que, entre los siglos I y III, los terrenos sobre los que se construyó el Templo de Hércules quedaron aislados de la tierra a la que estaba unida (Figuras 4 A y B). Muy probablemente, con anterioridad al cambio de era, la flecha de Sancti Petri se ubicaba más al Oeste, anclada sobre el actual bajo rocoso de Sancti Petri – Torregorda (Placer de los Mártires). Posteriormente la flecha sufrió un rápido retroceso y el substrato rocoso del extremo meridional de la flecha quedó desconectado de tierra, formando la actual isla de Sancti Petri.

La razón del rápido retroceso de la flecha arenosa posiblemente esté relacionado con hundimiento tectónico del nivel de playa conglomerática pleistocena de Torregorda - Sancti Petri, que le servía de sustento y de protección (Gracia *et al.*, 2008). La actividad diapírica de la isla de San Fernando, unida a la reactivación de las numerosas fallas y fracturas neotectónicas que surcan el sector Torregorda – Cerro de los Mártires, debieron ser responsables de un proceso de hundimiento tectónico de una zona de debilidad en la que confluyen varias fallas recientes con distintas direcciones (Gracia *et al.*, 1999, 2008). El resultado debió de ser un pequeño descenso topográfico de la zona, seguramente asociado a uno o varios eventos sísmicos, suficiente para provocar el desequilibrio morfosedimentario de la flecha y su retroceso. Las pruebas parecen claras; baste recordar cómo, en medio de una zona de cuyos fondos se han recuperado piezas escultóricas de gran porte (por voladura del Bajo de Rompetimones debido a los problemas que ofrecía para la navegación del caño; García Bellido, 1963), se detectó a dos metros de profundidad la presencia de una estructura sumergida, construida con sillares unidos con grapas de plomo que servía de basamento a una gran estatua romana de bronce (una representación divinizada de un emperador romano con coraza que actualmente puede contemplarse en la sección de Arqueología del Museo Provincial de Cádiz). Por cuestiones técnicas parece lógico pensar que la unión de los sillares mediante grapas de plomo se efectuó en un momento en el que ese entorno estaba emergido, permitiendo de esa manera el vaciado del plomo fundido sobre las entalladuras de las grapas labradas en los sillares, y que la posterior transformación de la fisonomía costera de esta zona ha dejado los restos en su actual posición sumergida.

El estudio geofísico del fondo marino en la zona interior del cercano Caño de Sancti Petri nos permitió igualmente caracterizar la existencia, a la altura de la rampa de la marina seca del puerto deportivo de Sancti Petri, de una gran estructura pétreo sumergida que lo atraviesa. Dado que la cartografía de la zona (amplia y variada con posterioridad al siglo XVI) no recoge más que referencias de un antiguo puente de barca que servía para salvar el caño a esta altura, parece lógico pensar que esta estructura pétreo tiene un origen anterior. Pensamos que podría tratarse de uno de los antiguos pasos o puentes de época romana que se citan en la literatura de la época en relación con los topónimos *Ad Pontem* o *Ad Herculem*. No obstante, esperamos que los resultados de futuras investigaciones pongan claridad sobre el origen de la misma, si bien

este es un dato de gran interés para la restitución paleopaisajística de este sector de la Bahía durante la antigüedad.

5. Discusión y conclusiones: causas de la transformación del paisaje costero gaditano.

A la vista de los resultados obtenidos en nuestros estudios geoarqueológicos, podemos concluir que la evolución de este paisaje costero, tanto en ambientes restringidos como expuestos, está íntimamente asociada a la interacción que, a lo largo de los últimos miles de años, han tenido cuatro procesos principales: oscilaciones relativas del nivel del mar por causas tectonoeustáticas, cambios climáticos, más recientemente, la actividad antrópica, y el efecto erosivo de procesos de alta energía (tsunamis y los temporales).

Las **oscilaciones tectonoeustáticas** cuaternarias han dejado numerosos registros en la costa gaditana, en general bien conocidos (Zazo, 1980; Dabrio *et al.*, 2000). Sin embargo, todavía son necesarias nuevas investigaciones que permitan encontrar otros indicadores erosivos y sedimentarios con los que completar un esquema que en la actualidad consideramos excesivamente simplista y que no permite por el momento elaborar reconstrucciones paleogeográficas detalladas o fiables. Las todavía numerosas incógnitas acerca de la evolución pleistocena del litoral gaditano se multiplican en el caso de la Bahía de Cádiz, donde existen abundantes afloramientos de depósitos cuaternarios insuficientemente estudiados y que requieren de una reinterpretación estratigráfica y paleoambiental mucho más minuciosa. De igual modo, una importante fuente de datos paleogeográficos reside en la zona sumergida de la Bahía de Cádiz, bajo los sedimentos marinos holocenos y actuales. El substrato rocoso pre-Holoceno de los fondos de la Bahía, tradicionalmente considerado en sentido amplio como Plio-Pleistoceno (“Roca Ostionera”), en realidad está constituido por diferentes unidades sedimentarias de diversa naturaleza y edad, cuya interpretación cronológica y paleoambiental es difícil pero necesaria de cara a una correcta reconstrucción de la evolución pleistocena de la Bahía de Cádiz.

Los efectos de la neotectónica local tampoco han sido suficientemente investigados hasta el momento a pesar de su importancia, ya que pueden haber alterado la posición real del nivel de máxima inundación marina con posterioridad a la transgresión flandriense, condicionando lecturas erróneas en una simple observación de campo. Es por ello que en todo momento estamos obligados a referirnos a la posición **relativa** del nivel del mar, eludiendo cualquier tipo de generalización, por pequeña que nos parezca la zona de estudio. Debería evitarse la comparación o correlación simplista con modelos eustáticos elaborados en áreas costeras distantes o en márgenes continentales alejados del Golfo de Cádiz, ya que esta práctica ha supuesto en más de un caso la caracterización cronológica errónea de unidades sedimentarias y la elaboración de modelos evolutivos que introducen más confusión que claridad a la ya de por sí compleja historia cuaternaria de la Bahía de Cádiz.

Por su parte, los **cambios climáticos** tienen una repercusión regional más amplia y afectan a la cobertera vegetal, a la evolución de las cuencas fluviales y a la estabilidad (progradación/retroceso) de cuerpos litorales. En este sentido, es muy útil comparar fuentes de datos de muy diversa naturaleza de cara a la reconstrucción de la evolución paleoclimática del Golfo de Cádiz durante el Cuaternario y especialmente durante el Holoceno. En el marco de nuestras investigaciones se ha efectuado un análisis comparativo entre las tendencias evolutivas presentes en las gráficas polínicas obtenidas tanto de la bahía gaditana (López *et al.*, 2002), como de zonas más septentrionales de Europa (Bravard y Magny, 2002), y las que se observan en las fases de progradación/agradación de los cuerpos litorales en el sur de Andalucía (Lario, 1996: 145-147), y los episodios de aluvionamiento de los ríos andaluces (Borja, 1992). Los resultados de este análisis han puesto de manifiesto, tanto la estrecha relación existente entre todos ellos, como el paralelismo de la tendencia general con muchos de los modelos de curvas climáticas propuestas a nivel continental (Vignes *et al.*, 2002) (Figura 6). Si bien las curvas climáticas reflejan ligeras oscilaciones térmicas que a nivel global no parecen tener grandes repercusiones, la persistencia de este tipo de oscilaciones a lo largo de dilatados espacios de tiempo debió influir sobre la tendencia en la posición y movilidad estacional de los núcleos ciclónicos y de los anticiclones atlánticos, generando zonalmente modificaciones en la dinámica atmosférica y en el régimen de vientos y de oleaje. Estas fluctuaciones históricas del clima marítimo fueron probablemente las causantes de las diversas fases de retroceso erosivo de la línea de costa manifestadas en el registro geoarqueológico.

Yacimientos neolíticos como el de El Retamar (Figura 3), asentado sobre una duna remontante de levante, vienen a confirmar la presencia de un primer momento (hacia el 4.500 a.C.), próximo al máximo transgresivo flandriense, en el que la situación climática favorecía el desarrollo de este tipo de cuerpos eólicos, y una segunda etapa en la que la situación climática favoreció la edafización de los mismos y su ocupación humana (Gracia *et al.*, 2002). En época histórica se aprecia, con posterioridad al siglo VIII a.C., que los asentamientos fenicios enclavados sobre paleodunas son abandonados y recubiertos nuevamente por potentes capas eólicas. Hacia el siglo V a.C., sin embargo, se observa una tendencia a la aceleración del proceso de colmatación sedimentaria en la Bahía de Cádiz, que en la curva climática coincide con un momento de enfriamiento asociado, tal y como señalan estudios sobre fases de aluvionamiento en el sur de Andalucía (Borja, 1992: 391), a un periodo de mayor pluviosidad que favorecería la erosión de las cabecera de las cuencas, el aporte sedimentario fluvial y su acumulación en las zonas de desembocadura.

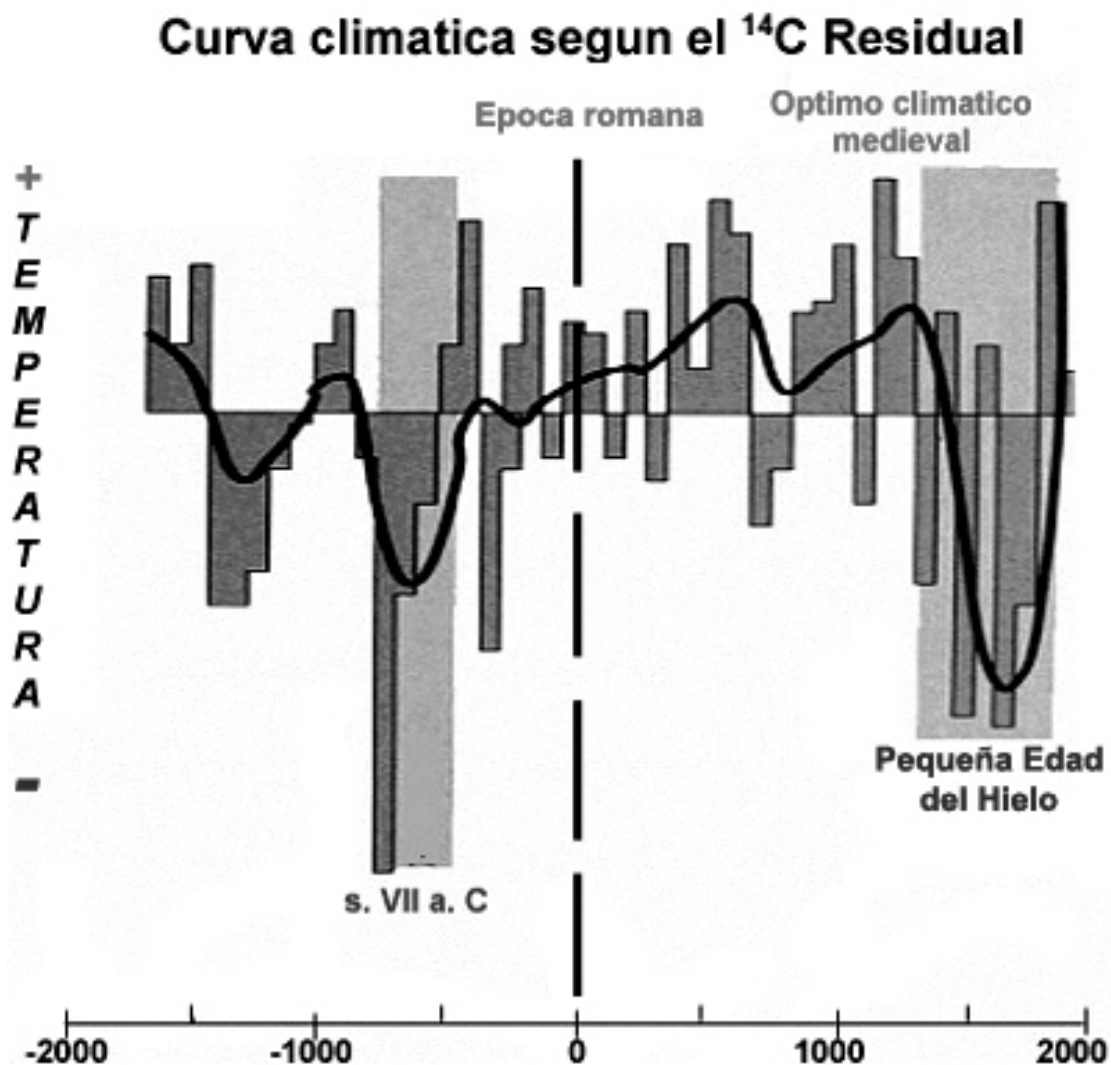


Figura 6. Tendencia evolutiva de la curva climática para los últimos 4000 años (adaptado de Vignes *et al.*, 2002).

En múltiples yacimientos del entorno gaditano se aprecia que esta etapa fría favoreció la edafización de anteriores mantos eólicos y la ocupación de espacios abiertos que, posteriormente, se verán nuevamente invadidos por mantos eólicos de levante, ya hacia el final de la época medieval (Borja, 1992: 402). Este segundo momento, más cálido y de reactivación de vientos de levante, se observa a lo largo de todo el litoral gaditano. En los sectores occidentales de las ensenadas de Valdevaqueros, Bolonia, Barbate, y en la propia bahía gaditana, existen yacimientos romanos y medievales (principalmente factorías de salazones y necrópolis) cubiertos por mantos eólicos. Sin embargo, estos mismos espacios fueron nuevamente ocupados por el ser humano durante la denominada Pequeña Edad del Hielo, marcando una nueva etapa de “descenso térmico” (posiblemente manifestada en nuestras latitudes únicamente por un aumento en la pluviometría media anual) y, nuevamente invadido con posterioridad por potentes dunas de levante desarrolladas durante los últimos tres siglos.

Un corte estratigráfico de 9 metros de potencia que pudimos estudiar en la calle Escalzo de Cádiz (Figura 7), en una zona totalmente expuesta a los diferentes vientos y que durante la Antigüedad fue utilizada casi exclusivamente como necrópolis, ha servido para confirmar zonalmente esta alternancia entre momentos cálidos, durante los que se desarrollaron cuerpos eólicos de levante, y otros menos cálidos, en los que se favoreció la edafización y ocupación humana de este solar.

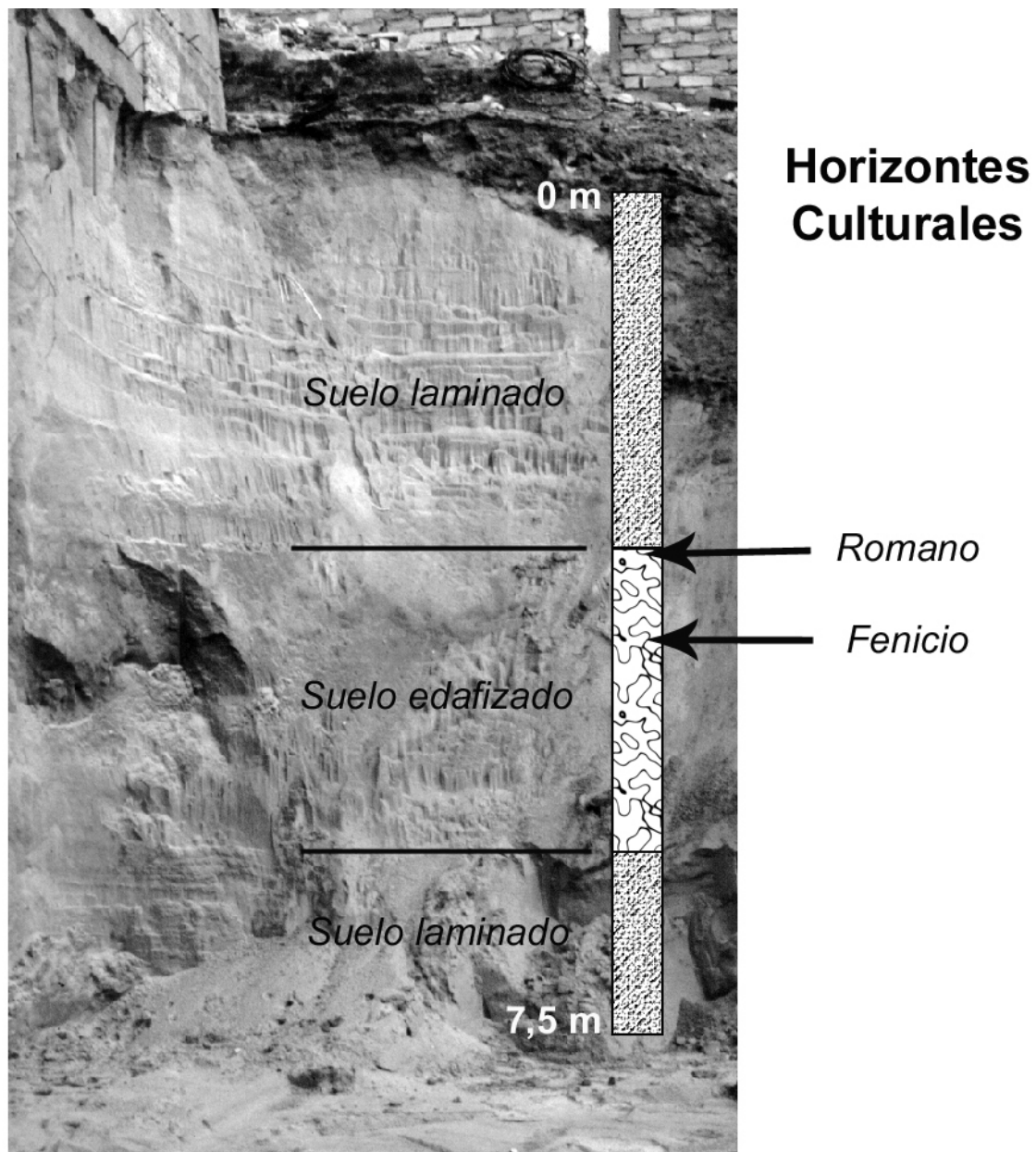


Figura 7. Corte estratigráfico efectuado para cimentación en un solar de la Calle Escalzo (Cádiz)

Por último, como ya se ha apuntado con anterioridad, la influencia de la **actividad humana** sobre la estabilidad de los ambientes litorales fue creciente históricamente. Las fases de deforestación en las cuencas de los ríos Guadalete e Iro se remontan a la época romana y han

supuesto episodios de aporte sedimentario importante a la Bahía de Cádiz. Sin embargo, la combinación histórica entre los diferentes usos de los relieves circundantes a la Bahía por parte del ser humano y los distintos cambios climáticos ocurridos en los últimos 2.000 años ha podido dar como resultado situaciones sinérgicas de suma de efectos (como probablemente debió de ocurrir durante el s. XIX), o bien de compensación de los mismos (como pudo suceder durante la baja Edad Media).

La colmatación sedimentaria de la bahía interna se vio por otro lado acentuada como consecuencia de las labores de roturación salinera. En las últimas décadas, a los efectos de la actuación humana (fundamentalmente con la construcción de embalses en la cuenca del río Guadalete) se ha sumado una progresiva subida del nivel del mar, desencadenando un proceso erosivo prácticamente generalizado de la línea de costa externa de la Bahía de Cádiz, especialmente acentuado en torno a las estructuras portuarias que interfieren sobre la dinámica litoral natural (Puerto Sherry, espigones del río Guadalete, etc.).

6. Agradecimientos

Este trabajo es una aportación al proyecto de investigación CGL2008-00458/BTE, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y por fondos F.E.D.E.R., así como al grupo de investigación P.A.I. RNM 328 de la Junta de Andalucía.

7. Bibliografía

- ALONSO, C., GALLARDO, M., MARTÍ, J., GRACIA, F.J., GHERSI, F. y ALZAGA, M., 1997: "La sismotectónica de época histórica y su influencia en la Bahía de Cádiz". En *XXIV Congreso Nacional de Arqueología* 4, pp. 651-660. Cartagena.
- ALONSO, C. y GRACIA, F.J., 2004: "La paleotopografía costera y el asentamiento de puertos, fondeaderos y zonas de producción del litoral gaditano durante la antigüedad". En L. De Maria y R. Turchetti (eds.): *Evolución paleoambiental de los puertos y fondeaderos antiguos en el Mediterráneo Occidental*. Proyecto europeo ANSER (*Anciennes routes maritimes Méditerranéennes*), Programa Europeo Interreg III B Medocc. Rubbettino, Roma, pp. 167-195.
- ALONSO, C., GRACIA, F.J. y BENANVENTE, J., 2004: Las marismas, alfares y salinas como indicadores para la restitución paleotopográfica de la Bahía de Cádiz durante la antigüedad. En *XVI Encuentros de Historia y Arqueología: Las industrias alfareras y conserveras fenicio-púnicas de la Bahía de Cádiz*. Exmo. Ayto. de San Fernando, pp. 263-287.
- ALONSO, C., GRACIA, F.J. y MÉNANTEAU, L., 2003a: "Las salinas de la Bahía de Cádiz durante la antigüedad: visión geoarqueológica de un problema histórico". *Spal* 12, pp. 317-332.

- ALONSO, C.; GRACIA, F. J.; MÉNANTEAU, L.; OJEDA, R.; BENAVENTE, J.; MARTÍNEZ, J. A. 2003b: "Paléogéographie de l'anse de Bolonia (Tarifa, España) à l'époque romaine". En E. FOUACHE (Ed.). *The Mediterranean World Environment and History. IAG Working Group on Geo-archaeology Symposium Proceedings. Environmental Dynamics and History in Mediterranean area (Paris, Université de Paris-Sorbona, 24-26 Avril, 2002)*. París, Elsevier, pp. 407-417.
- ALONSO, C., MÉNANTEAU, L., NAVARRO, M., MILLE, S. y GRACIA, F.J., 2001: "Antropización histórica de un espacio natural. Las salinas de la Bahía de Cádiz". *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 35, pp. 172-185.
- ALONSO, C., OJEDA, R., MÉNANTEAU, L. y GRACIA, J. F., 2003c: "Análisis geoarqueológico del sector meridional de Baelo Claudia (Tarifa, Cádiz)". *PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 43, pp. 58-74.
- ARTEAGA, C. Y GONZÁLEZ MARTÍN, J.A., 2004: "Presencia de materiales marinos y dunares sobre un alfar romano en la Bahía de Algeciras (Cádiz, España)". En G. Benito y A. Díez Herrero (eds.): *Contribuciones recientes sobre Geomorfología*. Actas VIII Reun. Nac. Geomorfología, Toledo. C.S.I.C.- S.E.G., vol. I, pp. 393-400.
- ARTEAGA, O., SCHULZ, H.D. y ROOS, A.M., 1995: "El problema del Lacus Ligustinus: investigaciones geoarqueológicas en torno a las Marismas del Guadalquivir". En *Tartessos 25 años después 1968-1993. Actas del Congreso Conmemorativo del V Simposio Internacional de Prehistoria Peninsular*. Excmo. Ayuntamiento Jerez de la Frontera, pp. 99-135.
- ARTEAGA, O., KÖLLING, A., KÖLLING, M., ROSS, A.M., SCHULZ, H.Y. y SCHULZ, H.D., 2001: "El puerto de Gadir. Investigación geoarqueológica en el casco antiguo de Cádiz". *Revista atlántica-mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social* 4, pp. 345-415.
- BARRAGÁN MALLOFRET, D., 2001: "*Investigación geoarqueológica en San Fernando, Cádiz*". Memoria de Licenciatura, inédita. Sevilla.
- BENAVENTE, J., GRACIA, F.J., MARTÍNEZ, J.A., REYES, J.L., ANFUSO, G. y ALONSO, C., 2000: "Riesgos litorales en la Bahía de Cádiz". En J.R. DE ANDRÉS – F.J. GRACIA: *Geomorfología Litoral. Procesos activos*. Monografías de la S.E.G. nº 7, I.T.G.E. y Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, pp. 219-225. Cádiz.
- BENAVENTE, J., MARTÍNEZ, J.A., GRACIA, F.J., REYES, J.L. y DEL RÍO, L., 2002: "Procesos de desbordamiento en la flecha litoral de Sancti-Petri (Bahía de Cádiz): riesgos asociados". En E. SERRANO *et alii*: *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología. Patrimonio, montaña y dinámica territorial*. Dpto. Geografía, Universidad de Valladolid, pp. 23-32. Valladolid.
- BENOT, E., 1885: *Memoria sobre la limpia de la bahía de Cádiz y con más especialidad del Caño del Arsenal*. Cádiz (Imprenta de la Revista Médica), 228 pp.

- BERNAL, D., SÁEZ, A. M., MONTERO, R., DÍAZ, J. J., SÁEZ, A., MORENO, D. y TOBOSO, E. J., 2005: "Instalaciones fluvio-marítimas de drenaje con ánforas romanas: A propósito del embarcadero flavio del Caño de Sancti Petri (San Fernando, Cádiz)". *Spal* 14, pp. 179-230.
- BORJA, F., 1992: *Cuaternario reciente, Holoceno y periodos históricos del SW de Andalucía. Paleogeografía de medios litorales y fluvio-litorales de los últimos 30 000 años*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- BRAVARD, J. P. y MAGNY, M., 2002: *Les fleuves ont une histoire. Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15.000 ans*. Éditions errances. s. l.
- CAMPOS, M.L., 1992: *El riesgo de tsunamis en España. Análisis y valoración geográfica*. Monografías Instituto Geográfico Nacional, 9. Madrid.
- CORZO, R., 1980: "Paleotopografía de la Bahía de Cádiz". *Gades* 5, pp. 5-14.
- DABRIO, C.J., ZAZO, C., LARIO, J., GOY, J.L., SIERRO, F.J., BORJA, F., GONZÁLEZ, J.A. y FLORES, J.A., 1998: "Holocene incised-valley fills and coastal evolution in the Gulf of Cádiz (Southern Spain)". *INQUA. Mediterranean and Black Sea Shoreline SubComm. Newsletter* 20, pp. 45-48. Madrid.
- DABRIO, C.J., ZAZO, C., GOY, J.L., SIERRO, F.J., BORJA, F., LARIO, J., GONZÁLEZ, J.A. y FLORES, J.A., 2000: "Depositional history of estuarine infill during the last postglacial transgression (Gulf of Cadiz, Southern Spain)". *Marine Geology* 162, pp. 381-404.
- GAGO, M.H., CLAVAIN, I., MUÑOZ, A., PERDIGONES, L. y FRUTO, G., 2000: "El complejo industrial de salazones gaditano de Camposoto, San Fernando (Cádiz): Estudio preliminar". *Habis* 31, pp. 37-61.
- FOUCHE, E. (Ed.), 2003: *The Mediterranean World Environment and History. IAG Working Group on Geo-archaeology Symposium Proceedings. Environmental Dynamics and History in Mediterranean area (Paris, Université de Paris-Sorbonne, 24-26 Avril, 2002)*. París, Elsevier.
- GARCÍA BELLIDO, A., 1963: "Hércules Gaditano". *Archivo Español de Arqueología* 107-108, pp. 70-153.
- GONZÁLEZ, B., TORRES QUIRÓS, J., HIGUERAS-MILENAS, A. y LAGOSTENA, L., 2001: "Los inicios de la producción anfórica en la bahía gaditana en época republicana. La intervención de urgencia en la Avda. Pery Junquera (San Fernando, Cádiz)". En *Congreso Internacional "Ex Baetica Amphorae". Conservas, aceite y vino de la Bética en el Imperio Romano*. (Écija y Sevilla, 17 al 20 de diciembre de 1998), pp. 175-186. Gráfica Sol, Écija.
- GRACIA, F.J., 1999: "Geomorfología de La Mesa y terrazas del río Iro y Arroyo de la Cueva". En J. RAMOS: *Excavaciones arqueológicas en La Mesa (Chiclana de la Frontera, Cádiz)*. Serie Monogr. Arqueol. Chiclana de la Frontera 1, pp. 31-39.

- GRACIA, F.J., 2008: "Geomorfología y estratigrafía del Pleistoceno y Holoceno en la banda atlántica de Cádiz". En J. RAMOS (ed.): *La ocupación prehistórica de la campiña litoral y banda atlántica de Cádiz*. Arqueología Monografías, Junta de Andalucía, pp. 53-68.
- GRACIA, F.J., ALONSO, C., BENAVENTE, J. y LÓPEZ, F., 2000a: "Origen y evolución de la Bahía de Cádiz". En J.R. DE ANDRÉS y F.J. GRACIA: *Geomorfología Litoral. Procesos activos*. Monogr. S.E.G. nº 7, ITGE y Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, pp. 211-215. Cádiz.
- GRACIA, F.J., ALONSO, C., BENAVENTE, J. y LÓPEZ, F., 2000b: "Evolución histórica de la línea de costa en la Bahía de Cádiz". En J.R. DE ANDRÉS - F.J. GRACIA: *Geomorfología Litoral. Procesos activos*. Monogr. S.E.G. nº 7, ITGE y Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, pp. 225-234. Cádiz.
- GRACIA, F.J., ALONSO, C., GALLARDO, M., GILES, F., RODRÍGUEZ, J., BENAVENTE, J. y LÓPEZ, F., 1999: "Aplicación de la Geoarqueología al estudio de cambios costeros postflandrienses en la Bahía de Cádiz". En V. ROSSELLÓ: *Geoarqueología i Quaternari litoral. Memorial María Pilar Fumanal*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia, pp. 357-366. Valencia.
- GRACIA, F.J., ALONSO, C., GALLARDO, M., GILES, F., BENAVENTE, J. y LÓPEZ, F., 2000c: "Evolución eustática postflandriense en las marismas del Sur de la Bahía de Cádiz". *Geogaceta* 27, pp. 71-74.
- GRACIA, F.J., ALONSO, C.; BENAVENTE, J., ANFUSO, G. y DEL RÍO, L., 2006a: "The different coastal records of the 1755 tsunami waves along the South Atlantic Spanish coast". *Zeitschrift für Geomorphologie SupplBd.* 146, pp. 195-220.
- GRACIA, F.J., ALONSO, C.; BENAVENTE, J., ANFUSO, G., DEL RÍO, L., MEDINA, J.M. y MUÑOZ, J.J., 2006b: "Direcciones de llegada del tsunami de 1755 a la costa gaditana a partir de datos geomorfológicos y arqueológicos". En A. PÉREZ ALBERTI y J. LÓPEZ BEDOYA (Eds.): *Geomorfología y territorio*. Universidad de Santiago de Compostela, pp. 1023-1037.
- GRACIA, F.J., GALLARDO, M., GILES, F., ALONSO, C., MARTÍ, J., BENAVENTE, J., REYES, J.L. y ABAD, E., 1995: "Los niveles Holoceno-históricos del Coto de la Isleta (Chiclana de la Frontera, Bahía de Cádiz)". En T. ALEIXANDRE y A. PÉREZ GONZÁLEZ: *Reconstrucción de paleoambientes y cambios climáticos durante el Cuaternario*. Monogr. del Centro de CC. Medioambientales, C.S.I.C. 3, pp. 409-422. Madrid.
- GRACIA, F.J., MARTÍNEZ DEL POZO, J.A. y BENAVENTE, J., 2002: "Evolución geomorfológica del entorno de El Retamar". En J. RAMOS y M. LAZARICH: *Memoria de la excavación arqueológica en el asentamiento del VIº Milenio a.n.e. de*

- "El Retamar" (*Puerto Real, Cádiz*). Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, Serie Monogr. Arqueología nº 3, pp. 15-21. Sevilla.
- GRACIA, F.J., RODRÍGUEZ VIDAL, J., BELLUOMINI, G., CÁCERES, L.M., BENAVENTE, J. y ALONSO, C., 2003: "Rapid coastal diapiric uplift in Cádiz Bay (SW Spain). Implications on OIS 3 sea level reconstruction". En *INQUA-IGCP Project 437 Intern. Conf. on Coastal Environmental Change During Sea-Level Highstands: A Global Synthesis with implications for management on future coastal change*. GI²S Coast, Research Publ. 4. Otranto/Taranto, pp. 113-116. Puglia.
- GRACIA, F.J., RODRÍGUEZ VIDAL, J., BELLUOMINI, G., CÁCERES, L.M., BENAVENTE, J. y ALONSO, C. 2008: "Diapiric uplift of an MIS 3 marine deposit in SW Spain. Implications in Late Pleistocene sea level reconstruction and palaeogeography of the Strait of Gibraltar". *Quaternary Science Reviews* 27 (23-24), pp. 2219-2231.
- LARIO, J., 1996: "*Ultimo y presente interglacial en el área de conexión Atlántico-Mediterráneo (Sur de España). Variaciones del nivel del mar, paleoclima y paleoambientes*". Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- LLAVE, E., HERNÁNDEZ, F.J., ALONSO, C., GALLARDO, M., MARTÍ, J. y LÓPEZ, F., 1997a: "El cauce del río Guadalete en la Bahía de Cádiz durante el Cuaternario terminal". En *2º Simposio sobre el margen continental ibérico atlántico*. Universidad de Cádiz, pp. 169-170. Cádiz.
- LLAVE, E., HERNÁNDEZ, F.J., ALONSO, C., GALLARDO, M., VÁZQUEZ, J.T. y LÓPEZ, F., 1999: "Caracterización y evolución del paleocauce del río Guadalete en la Bahía de Cádiz durante el Cuaternario terminal". *Geogaceta* 26, pp. 43-46.
- LLAVE, E., HERNÁNDEZ, F.J. y LÓPEZ, F., 1997b: "Estructuras estratigráficas de las unidades sedimentarias cuaternarias en la Bahía de Cádiz". En *2º Simposio sobre el margen continental ibérico atlántico*. Universidad de Cádiz, pp. 153-154. Cádiz.
- LÓPEZ, J. A., LÓPEZ, P. y MARTÍN, M., 2002: "Paleoecology and Holocene environmental change from a saline lake in South-West Spain: protohistorical and prehistorical vegetation in Cádiz Bay". *Quaternary International* 93-94 (2002), pp. 197-206.
- LUQUE, L., LARIO, J., ZAZO, C., GOY, J.L., DABRIO, C.J., SILVA, P.G. y BARDAJÍ, T., 2000: "Sedimentary record and tsunami hazard in the Gulf of Cádiz (Spain)". En *3º Simp. sobre el Margen Ibérico Atlántico*, Univ. do Algarve, Faro, pp. 371-372.
- MARTÍNEZ, P., 1974: "*Perfil del Cádiz hispano-árabe*". Caja de Ahorros, Cádiz.
- MORHANGE, C., 2000: "Ports antiques et paléoenvironnements littoraux". *Méditerranée* Tome 94, nº 1.2.
- QUINTERO, P., 1927: "*Excavaciones en Cádiz. Memoria de las excavaciones practicadas en 1928*". Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades. Tipografía de Archivos. Madrid.

- RODRÍGUEZ POLO, S., GRACIA, F.J., BENAVENTE, J. y DEL RÍO, L. 2008: "Geometría y evolución reciente de los cordones litorales holocenos de la flecha de Valdelagrana (Bahía de Cádiz)". En J. BENAVENTE y F.J. GRACIA (Eds.): *Trabajos de Geomorfología en España, 2006-2008*. S.E.G. y Univ. de Cádiz, pp. 339-342.
- VIGNES, J. D., BAILON, S., CUISIN, J. y DESSE-BERSET, N., 2002: "Sensibilité des microvertébrés aux fluctuations hygrométriques tardiglaciaires et holocènes: deux séquences en zone méditerranéenne humide (Grítulu et Monte di Tuda, Haute-Corse)". En BRAVARD, J. P. y MAGNY, M.: *Les fleuves ont une histoire. Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15.000 ans*. Éditions errances.s.l.
- ZAZO, C., GOY, J.L., LARIO, J. y SILVA, P.G., 1996: "Littoral zone and rapid climatic changes during the last 20.000 years. The Iberia study case". *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl.Bd. 102, pp. 119-134.
- ZAZO, C., GOY, J.L., SOMOZA, L., DABRIO, C., BELLUOMINI, G., IMPROTA, S., LARIO, J., BARDAJÍ, T. y SILVA, P.G., 1994: "Holocene sequence of relative sea level fluctuations in relation to the climatic trends in the Atlantic-Mediterranean linkage coast". *Journal of Coastal Research* 10(4), pp. 933-945.