

Caracterización y evolución del paleocauce del río Guadalete en la bahía de Cádiz durante el cuaternario terminal

Guadalete river paleochannel characterization and evolution in the Bay of Cádiz during the late quaternary

E. Llave(*), F.J. Hernández-Molina(*), C. Alonso(**), M. Gallardo(**), J.T. Vázquez(*) y F. López-Aguayo(*)

(*) Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias del Mar. Univ. de Cádiz. 11510 Puerto Real. Cádiz.

(**) Centro de Arqueología Subacuática. I.A.P.H. Balneario de la Palma. 11004 Cádiz.

ABSTRACT

Late Quaternary paleochannel and fluvial deposits characterization in the Bay of Cadiz have been carried out by geophysical, cores, and archeological data. They are located over alluvial deposits of regressive and lowstands systems tracts, and below the coastal deposits of transgressive systems tracts belong to the last depositional sequence. Paleochannels were generated during the sea level fall and lowstand position in the last glaciation stage, but fluvial sedimentary infill was produced after, as the sea level rose, during the transgression. Paleochannel and fluvial deposits have been also affected by several tectonic episodes which influence its position, internal structure and lateral movement, during and after its sedimentation.

Key words: seismic stratigraphy, late Pleistocene-Holocene, morphosedimentary evolution, Bay of Cadiz

Geogaceta, 26 (1999), 43-46

ISSN: 0213683X

Introducción

La Bahía de Cádiz se localiza al SO de la Península Ibérica, en el sector oriental del Golfo de Cádiz (Fig. 1 y 2). Los materiales aflorantes que la circundan, son mayoritariamente de edad Plio-Cuaternario: arcillas, arenas, calcarenititas y conglomerados. Estos dos últimos constituyen la denominada "roca ostionera" de edad Plioceno superior-pleistoceno inferior (Zazo, 1980) y representan el substrato consolidado de la Bahía, (IGME, 1986; Llave, 1998).

El río Guadalete es el único curso fluvial de importancia que desemboca en la Bahía (Fig. 1). Su trazado ha ido cambiando de posición durante el Cuaternario terminal como consecuencia de los cambios ambientales, tectónicos y paleogeográficos. El conocimiento de esta evolución ha sido objeto de numerosas hipótesis y controversias. Las primeras hipótesis sobre la reconstrucción reciente de la Bahía son planteadas por Gavala (1927, 1959), basándose tanto en el registro estratigráfico emergido como en documentos históricos. Posteriormente, diversos autores han realizado estudios estratigráficos sobre la evolución paleogeográfica de la parte emergida de la Bahía (Zazo, 1980; Dabrio *et al.*, 1995a y b; Lario, 1996; Zazo, *et al.*, 1996 a, b; Dabrio *et al.*, 1998) constatando, con datos de sondeos, la existencia de 2 paleocauces del río Guadalete a diferentes profundidades en el subsuelo: a) uno superior de edad Holoceno, con depósitos fluviales a 10-12 m de profundidad y localiza-

do en la vertical de la desembocadura del actual río San Pedro. b) Otro inferior con depósitos fluviales localizados entre Pº Real y El Pº de Sª María a unos 30-35 m de profundidad. Paralelamente a estos estudios geológicos se han desarrollado otros estudios histórico-arqueológicos destacando las aportaciones de Ponce (1976, 1985); Corzo (1980); Ramírez (1982); Muñoz (1995-1996); y Cobos *et al.*, (1995-1996). Estos autores aportan datos de la existencia de un canal que, en época antigua, atravesaba la zona norte de la actual ciudad de Cádiz en sentido E-O. Dicho canal fue interpretado por Ramírez (1982) como un brazo de mar que se disponía sobre el antiguo trazado del río Guadalete. Esta hipótesis, bien documentada en su momento, fue confirmada posteriormente y es admitida en la actualidad por la generalidad de los investigadores. Recientemente Llave (1998), a partir de datos geofísicos y sondeos de la Bahía Marítima, plantean una evolución paleogeográfica, tectónica y paleoceanográfica, confirmando la existencia de un paleocauce en el relleno estratigráfico.

En este trabajo se presenta la localización, caracterización y distribución espacial del paleocauce del río Guadalete en la Bahía Marítima durante el Cuaternario terminal, a partir del análisis de estratigrafía sísmica y secuencial sobre perfiles sísmicos de alta y muy alta resolución (3.5 kHz, Geopulse y Uniboom). Estos datos se han obtenido a partir de 8 campañas oceanográficas (Fig.1), en las que se han recopilado un total de 1175,7 km de perfiles sísmicos que permiten tener una densa malla geofís-

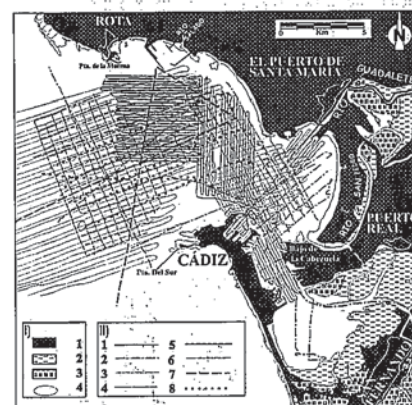


Fig. 1.- Localización del área de estudio y situación de los perfiles sísmicos. (I): 1.- Tierra firme; 2.- Marismas o Bahía Anfibia; 3.- Salinas o Bahía Terrestre; y 4.- Afloramientos de roca en la zona intermareal. (II): Campañas oceanográficas: 1.- Nereida-1985; 2.- Badiz-95; 3.- CA-014-95; 4.- Bahía-95, Geopulse; 5.- Bahía-95, 3.5 kHz; 6.- Estudio Geofísico Marino-1994; 7.- GC-86-1 (1994-1995); y 8.- Bahía-96.

Fig. 1.- Study area sketch with seismic profiles location. (I): 1.- Mainland; 2.- Marshes or Amphibian Bay; 3.- Saltworks or Land Bay; and 4.- Rock Outcrops on intertidal zone; (II): Oceanographic cruises 1.- Nereida-1985; 2.- Badiz-95; 3.- CA-014-95; 4.- Bahía-95, Geopulse; 5.- Bahía-95, 3.5 kHz; 6.- Estudio Geofísico Marino-1994; 7.- GC-86-1 (1994-1995); and 8.- Bahía-96.

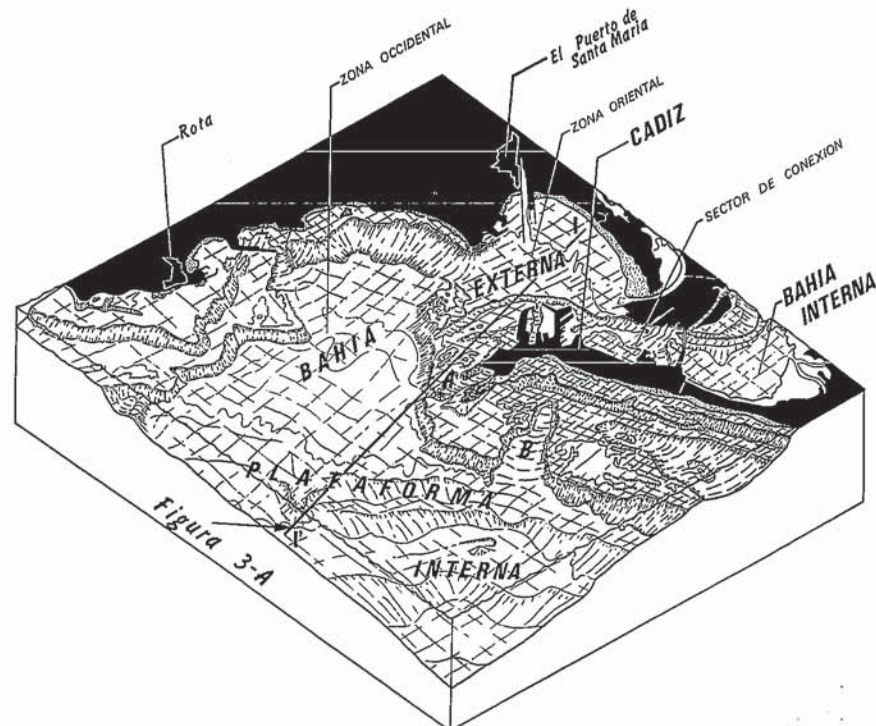


Fig. 2.- Sectores y zonas diferenciados en la Bahía de Cádiz. Datos batimétricos tomados de Parrado (1997). Mediante la línea I-I' se ilustra la posición del esquema estratigráfico y estructural presentado en la Fig. 3-A.

Fig. 2.- Sectors and zones in the Bay of Cadiz. Bathymetrical data from Parrado (1997). Stratigraphical and structural sketch location of Fig. 3-A is remark by the I-I' line.

sica en la Bahía, así como en la plataforma interna. El posicionamiento de las campañas se llevó a cabo mediante Trisponder en las tres primeras y con GPS diferencial en las cinco restantes. Además, se ha realizado un análisis estratigráfico y litológico a partir de sondeos en el interior de la Bahía (JPBC, 1989) así como de todos los datos arqueológicos que actualmente se conocen.

Caracterización estratigráfica y sedimentológica del paleocauce y depósitos fluviales asociados

En el relleno sedimentario cuaternario de la Bahía de Cádiz se han podido diferenciar 5 grandes unidades sísmicas que caracterizan a 3 cortejos sedimentarios diferentes (Fig. 3a): un cortejo regresivo y de bajo nivel, un cortejo transgresivo y un cortejo de alto nivel (Llave, 1998). En dicho relleno sedimentario se constata la presencia de un paleocauce y su relleno fluvial (unidad sísmica 2), estratigráficamente sobre depósitos aluviales más antiguos (unidad sísmica 1) que conforman el cortejo regresivo, y bajo depósitos costeros más recientes (unidad sísmica 3) que conforman el cortejo transgresivo. Presenta una geometría muy clara de relleno de un canal asimétrico. El análisis de las facies sísmicas del relleno sedimentario

del paleocauce manifiesta una configuración de los reflectores en general progradante-oblicua (Fig. 3b), con una estratificación cruzada de gran ángulo (tipo *epsilon*) que indican acreción lateral. Los depósitos manifiestan una respuesta acústica de media a alta (Fig. 3b). La correlación de esta unidad con los sondeos realizados en la bahía (JPBC, 1989) determina que la unidad 2 está compuesta por sedimentos de tamaño de grano grueso (arenas y gravas) con alternancia de niveles de arcillas de escaso espesor.

El trazado del paleocauce se localiza en las zonas oriental y occidental de la Bahía Externa y en el sector de conexión entre la Bahía Externa e Interna con depocentros no a los 12 m (Figs. 2 y 4a). Se observa como el trazado del paleocauce atraviesa la ciudad de Cádiz desde su Muelle comercial al E de la ciudad, hacia la playa de la Caleta al O, continuando hacia la plataforma interna entre la Punta de la Nao y la Punta de Sur (Fig. 4a). Hacia la plataforma continental el trazado del paleocauce continuaría, y podría correlacionarse con el paleocauce descrito por Lobo (1995) en idéntica posición estratigráfica. Presenta una morfología en planta meandriforme. El relleno sedimentario, en el Muelle de Cádiz y en sus proximidades, se estructura en dos unidades sedi-

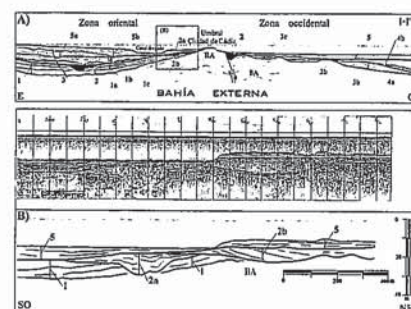


Fig. 3.- (A): Esquema estratigráfico y estructural del relleno sedimentario de la Bahía de Cádiz entre la zona oriental y la zona occidental (dirección E-O). Se resalta la posición del paleocauce (unidad 2). (B): Perfil sísmico de Geopulse, localizado en el Muelle de Cádiz y donde se observan las dos subunidades 2a y 2b.

Fig. 3.- (A): Stratigraphical and structural sketch of the sedimentary infill of the Bay of Cadiz between the eastern and western zones (E-W direction). Position of paleochannel is remarked (seismic unit 2). (B): Geopulse seismic profile inside the harbour of Cadiz. Subunits 2a and 2b are located.

mentarias menores (subunidades 2a y 2b) (Fig. 3a,b), que constituyen la superposición vertical de 2 paleocauces, cuyas facies sísmicas son idénticas a las anteriormente descritas.

Subunidad 2a

Subunidad más antigua, compuesta por arenas de tamaño de grano fino a medio y niveles diferenciados de arcillas. Se localiza en la Bahía Externa y en el sector de conexión entre la Bahía Externa e Interna, con depocentros de unos 10 m en la zona oriental de la Bahía Externa y en el Muelle de Cádiz (Figs. 2 y 4b). Aparece basculada por el efecto de fracturas de componente normal y dirección ONO-ESE y NE-SO. El análisis de la batimetría de la Bahía de Cádiz permite determinar una depresión batimétrica muy marcada al O de la Caleta prolongándose entre la Punta de la Nao y la Punta del Sur (A en la Fig. 2), que se corresponde con la zona en la que se encuentra el paleocauce, y constituye la expresión morfológica en superficie de su prolongación hacia la plataforma.

Subunidad 2b

Presenta progradaciones con menor ángulo de inclinación y una respuesta acústica más reflectiva que la subunidad 2a (Fig. 3b). Está compuesta por gravas y arenas, con escasas intercalaciones arcillosas. Se localiza exclusivamente en el sector de conexión entre la Bahía Externa e Interna, con pequeños depocentros de unos 8 m en el Muelle de Cádiz (Figs. 2 y 4c). La subunidad 2b se superpone a la 2a, y su distribución indica una migración hacia el Sur del paleocauce entre el depósito de 2a y 2b (Fig. 4b,c). El análisis de la batimetría de la

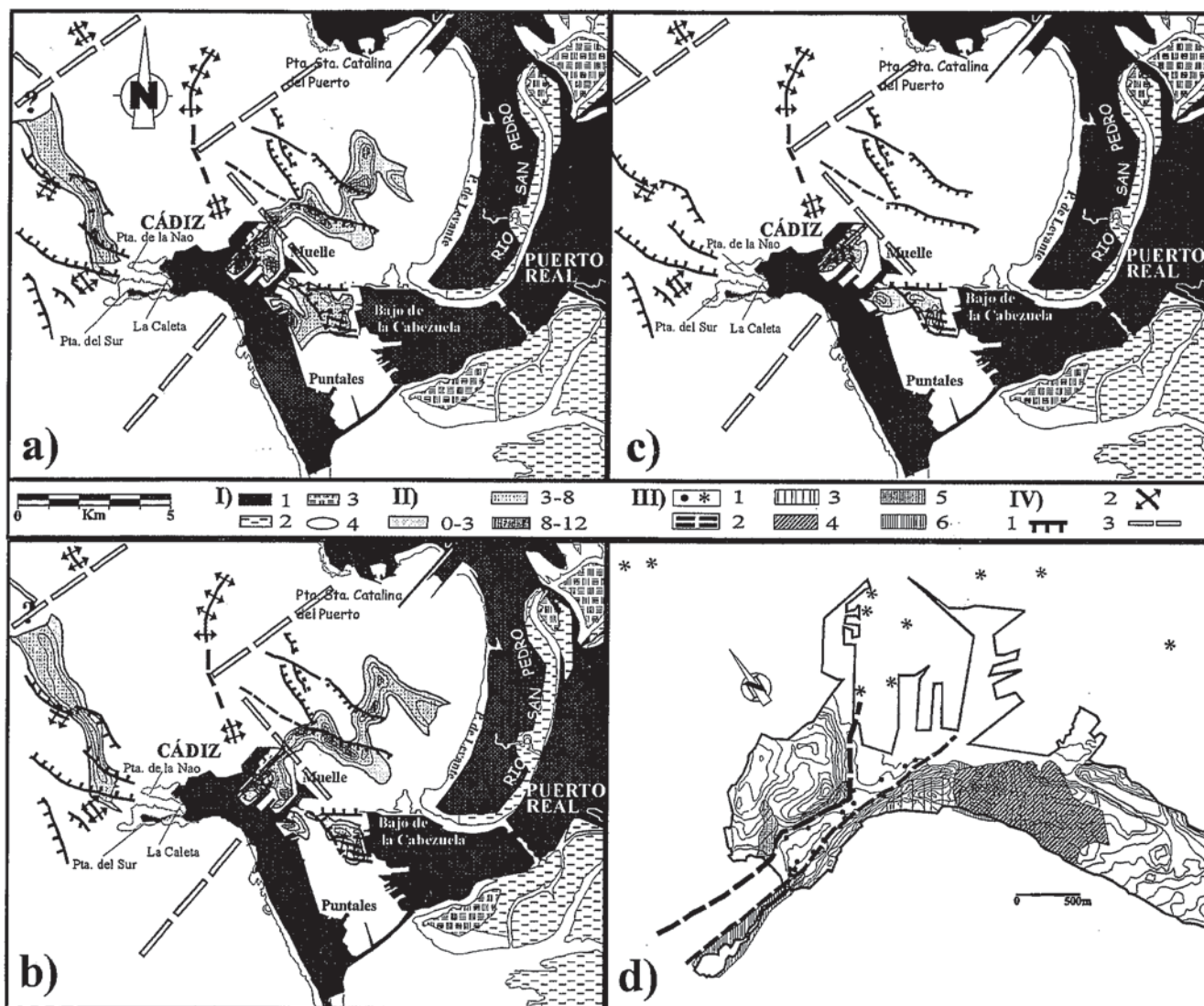


Figura 4.- (I): 1.- Tierra firme; 2.- Marismas o Bahía Anfibia; 3.- Salinas o Bahía Terrestre; y 4.- Afloramientos de roca en la zona intermareal- (II): Espesor de las unidades (en m.). a) Mapa de isopacas de la unidad sísmica 2; b) Mapa de isopacas de la subunidad 2a; c) Mapa de isopacas de la subunidad 2b; y d) Trazado del paleocauce atravesando la ciudad de Cádiz. (III): 1.- Datos de sondeos en la ciudad y bahía de Cádiz que confirman la existencia de paleocanal; 2.- curvas de nivel topográficas; 3.- Límites del paleocanal; 3.- zona urbana romana; 4.- Necrópolis; 5.- industrias de salazones; 6.- industrias líticas; (IV): 1.- Falla normal; 2.- Anticlinal; 3.- Direcciones morfoestructurales inferidas.

Fig. 4.- (I): 1.- Mainland; 2.- Marshes or Amphibian Bay; 3.- Saltworks or Land Bay; and 4.- Rock Outcrops on intertidal zone; (II): Units thickness in metres; a) Unit 2 isopachs map; b) Subunit 2a isopachs map; c) Subunit 2b isopachs map; and d) Paleochannel from Guadalete river layout across the city of Cádiz. (III): 1.- Drillings in the paleochannel and in the Bay of Cádiz; 2.- Limits of the paleochannel; 3.- Rome urban zone; 4.- Necropolis; 5.- Salting industries; and 6.- Stone industries; (IV): 1.- Normal fault; 2.- Anticline; 3.- Deduced morphoestructural directions.

Bahía de Cádiz permite determinar una depresión batimétrica muy marcada al O de la ciudad y en una posición más meridional que la Punta del Sur (B en la Fig. 2), que pudiera constituir la prolongación hacia la plataforma continental del trazado del paleocauce determinado para 2b.

Control tectónico sobre el paleocauce

El basamento acústico (techo de la roca ostionera) está afectado por pliegues anticlinales y sinclinales de bajo ángulo con una dirección predominante NNO-SSE que afectan a los depósitos de las unidades 1 y 2 (Fig.3a), y

condicionan la ubicación de los depocentros de todo el relleno sedimentario (Llave, 1998). Además, existen tres sistemas de fracturas en la Bahía Marítima, los dos sistemas de fallas más representativos que afecta al basamento, tiene componente normal y dirección NO-SE y otra NE-SO (Llave, 1998), habiéndose descrito en tierra por Baena, *et al.*, (1987) y Gracia *et al.* (1999). El tercer sistema presenta una dirección ONO-ESE, es de actividad más reciente y afecta al relleno sedimentario hasta la unidad holocena más reciente (unidad 5a. Fig.3a), aunque parece ser menos importante en la estructuración tectónica de la Bahía (Llave, 1998). La ciudad de Cádiz se asienta sobre un

alto morfológico del basamento acústico producido por un pliegue anticlinal de dirección NNO-SSE (Fig.3a). Sobre el flanco oriental, en el entorno del Muelle de Cádiz, el paleocauce se estructura por la superposición de las subunidades 2a y 2b. La diferenciación de estas dos subunidades parece haber estado condicionada por la progresiva deformación asociada a dicho pliegue. Así como por la actuación de los sistemas de fracturas de dirección NO-SE y NE-SO, sobre todo por el segundo (Llave, 1998). El resultado de estas deformaciones habrían producido el basculamiento de la subunidad 2a durante el depósito fluvial, y el posterior depósito discor-

dante y migración hacia el S de la subunidad 2b (Fig. 3a y 4).

Génesis y evolución del Paleocauce durante el Pleistoceno-Holoceno

La existencia de un paleocauce en el relleno estratigráfico de la Bahía es evidente, y su trazado podría correlacionarse con los depósitos fluviales (a_1 y a_2) del Pleistoceno terminal-Holoceno descritos por varios autores en al Bahía Anfibia y Terrestre (Dabrio *et al.*, 1995a, b; Lario, 1996; Zazo, *et al.*, 1996 a; y Dabrio *et al.*, 1998), que hacia el O, atravesando la actual ciudad de Cádiz, se correlacionaría con el antiguo curso fluvial y posterior canal marítimo constatado por los sondeos y trabajos arqueológicos realizados en la ciudad de Cádiz. Su desarrollo puede ser atribuido al descenso del nivel de base de los ríos como consecuencia del descenso eustático que aconteció durante la última glaciación (20.000-18.000 años B.P.). Durante este periodo, el nivel eustático alcanzó su posición más baja (-120 m), la plataforma continental se encontraba emergida, lo que favoreció el encajamiento de los cursos fluviales sobre los depósitos previos, hecho constatado en todo el Golfo de Cádiz (Lobo, 1995; Hernández-Molina, *et al.*, 1994). Posteriormente, durante la transgresión que tuvo lugar 14.000-6.800 años B.P., tuvo lugar una rápida migración de la línea de costa hacia tierra (transgresión Flandriense), la subida del nivel de base de los ríos, así como el relleno, la colmatación y el posterior abandono de los cauces fluviales. Como consecuencia del ascenso eustático, sobre los depósitos fluviales se disponen depósitos costeros asociados a la transgresión, que fosilizan los depósitos fluviales previos. Durante la transgresión Flandriense, con posterioridad al depósito de la subunidad 2a, habría que considerar un episodio tectónico generado por los sistemas de fracturas de componente normal y dirección ONO-SSE y NE-SO que generarían la discontinuidad limitante entre 2a y 2b así como la migración hacia el S del paleocauce.

Durante el máximo eustático Holoceno alcanzado alrededor de los 6800 años B.P. (Hernández-Molina, 1994; Lario, 1996; Zazo, *et al.*, 1996 a,b; Dabrio *et al.*, 1998; Llave, 1998) la posición del trazado del paleocauce y su desembocadura se situaría más hacia el interior, constituyendo el entorno de la Bahía un amplio estuario que condicionaría una paleogeografía muy diferente de la actual (Gavala, 1927, 1959; y Zazo, 1980). Posteriormente, desde el máximo eustático Holoceno hasta la actualidad, la estabilidad del nivel del mar permitió la progradación de los aportes del río Guadalete sobre la Bahía hasta alcanzar su configuración actual (Llave, 1998). Durante el Holoceno superior, tras el máximo eustático, sobre el alto morfológico en el que actualmen-

te se encuentra la ciudad de Cádiz se desarrolló una isla dividida al menos en 2 grandes partes separadas por un brazo de mar o canal marino que ponía en contacto la Bahía con la zona actual de la Caleta (Ponce, 1976, 1985; Ramírez, 1982; Llave, 1998; Alonso *et al.*, a y b). Los historiadores Cobos *et al.* (1995-1996), plantean la evolución de dicho canal en 5 grandes fases: desde una *Fase fenicia* (siglo VIII-V a. C.) hasta una *Fase final* (siglo I a. C.) en la que se genera por la colmatación final del canal debido al efecto antrópico como consecuencia de la ampliación de la Ciudad en la época romana de Baldo.

Conclusión

Se pone de manifiesto la existencia de un paleocauce y depósitos fluviales atribuibles al Pleistoceno terminal-Holoceno y al río Guadalete, que se encuentra interstratificado y fosilizado en el relleno sedimentario de la Bahía Marítima de Cádiz. Estratigráficamente, dicho paleocauce se encuentra sobre un cortejo sedimentario regresivo y de bajo nivel, y cubierto por un cortejo sedimentario transgresivo. Su trazado se localiza bajo la playa de levante, cruzaba la zona oriental de la actual Bahía Externa y atravesaba la ciudad de Cádiz en una primera etapa de E a O (desde San Juan de Dios hasta la Caleta), y en una segunda etapa migraría hacia el S. La presencia, génesis y evolución de este paleocauce han sido confirmadas con datos arqueológicos. Su génesis se atribuye al descenso eustático que aconteció durante la última glaciación, si bien su relleno y posterior colmatación se atribuyen al posterior ascenso eustático durante la transgresión Flandriense. La actividad neotectónica del área condicionó la ubicación del trazado del paleocauce, su basculamiento, y posterior migración hacia el sur.

Agradecimientos

El presente trabajo constituye parte de los resultados del Proyecto de la CICYT AMB94-0501. Nuestro sincero agradecimiento al *Instituto Español de Oceanografía*, al *Instituto Hidrográfico de la Marina*, a la *Junta del Puerto de la Bahía de Cádiz* e *Instituto Geominero de España*, gracias a los cuales se ha podido realizar diversas campañas oceanográficas, y al antiguo Ministerio de Obras Públicas por utilizar datos de campañas previas. Este trabajo constituye parte del proyecto IGCP 396 "Plataformas Continentales en el Cuaternario".

Referencias

- Alonso, C.; Gallardo, M. y Martí, J. (En prensa.a). *Boletín del Museo de Cádiz*.
Alonso, C., Gallardo, M.; Martí, J.; Gracia, F.J.; Ghersi, F. y Alzaga, M. (En prensa). b)

- XXIV Congreso Nacional de Arqueología (Cartagena 28-31 de octubre de 1997).
Baena, J.; Zazo, C.; Goy, L. y Dabrio, C. (1987). *Mapa Geológico de España*. E: 1/50.000, 36pp.
Cobos, L.; Muñoz Vicente, L. y Perdígones, L. (1995-1996): *Boletín del Museo de Cádiz*, VII: 115-132
Corzo, R. (1980): *Gades*, 5: 5-14.
Dabrio, C.J.; Goy, J.L. y Zazo, C. (1995a). Vigo, España, *Sept. Res. Com.*: 45-50.
Dabrio, C.J.; Goy, J.L.; Lario, J.; Zazo, C.; Borja, F. y González, A. (1995b). *INQUA. MBSS. Newsletter*, 17 (4): 19-22.
Dabrio, C.J.; Zazo, C.; Lario, J.; Goy, J.L.; Sierro, F.J.; Borja, F.; González, J.A. y Flores, J.A. (1998). *INQUA. MBSS. Newsletter*, 20: 45-48.
Gavala, J. (1927). *Boletín del Instituto Geológico Minero de España*, 49: 219-245.
Gavala, J. (1959). *Hoja nº 1061 (Cádiz) del mapa geológico de España a escala 1/50.000*, I. 51-76; 2, 139 pp.
Gracia, F.J., Rodríguez-Vidal, J.; Benavente, J.; Cáceres, L. y López-Aguayo, F. (1999): *X Reunión Nacional de Cuaternario. Girona*, AEQUA.
Hernández-Molina, F.J.; Somoza, L.; Rey, J. y Pomar, L. (1994). *Marine Geology*, 120: 129-174.
IGME (1986). *Mapa geotécnico y de riesgos geológicos de la ciudad de Cádiz*. E: 1/25.000 y 1/5.000.
JPBC (1989): *Ejecución sondeos en canal de acceso a la Bahía de Cádiz*. Junta del Puerto de la Bahía de Cádiz
Lario, J. (1996). *Tesis Doctoral*, Univ. Complutense. Madrid, 269 pp.
Lobo, F.J. (1995). *Tesis de Licenciatura*, Puerto Real. Univ. de Cádiz, 200 pp.
Llave, E. (1998). *Tesis de Licenciatura*, Puerto Real. Univ. de Cádiz, 247 pp.
Muñoz, A. (1995-1996): *Boletín del Museo de Cádiz*, VII: 77-105.
Parrado, J.M. (1997). *Tesis de Licenciatura*, Puerto Real. Univ. de Cádiz, 113 pp.
Ponce, F. (1976). *Artículo del Diario de Cádiz*, 12 de Diciembre de 1976.
Ponce, F. (1985). *Anales de la Universidad de Cádiz*, II: 99-121.
Ramírez, J. R. (1982). *Los primeros núcleos de asentamiento en la ciudad de Cádiz*. Exmo. Ayuntamiento de Cádiz. 240 pp.
Zazo, C. (1980). *Tesis Doctoral*, Univ. Complutense, Madrid, 450 pp.
Zazo, C.; Goy, J.L.; Lario, J. y Silva, P.G. (1996a). *Geomorphology N.F. Suppl. Bd.* 102: 119-134.
Zazo, C.; Dabrio, C.J.; Goy, J.L.; Bardají, T.; Ghaleb, B.; Lario, J.; Hoyos, M.; Hillaire-marcel, C.; Sierro, F.; Flores, J.A.; Silva, P.G. y Borja, F. (1996b). *Geogaceta*, 20 (7): 1679-1682.