

Diferenciación de facies relictas y actuales en los sedimentos recientes de los fondos de la bahía de Cádiz

Relict and modern facies differentiation in Cadiz bay sea bottom recent sediments

M. Achab (*), J. M. Gutiérrez Mas (*), J. P. Moral Cardona (*), J. M. Parrado Román (*), J. L. González Caballero(**) y F. López Aguayo (*)

(*) Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía, Geodinámica y Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias del Mar. (Univ. de Cádiz) Apto. 40. 11510. Puerto Real (Cádiz). Email: achab.mohammed@uca.es

(**) Dpto. Bioestadística. Facultad de Medicina (Univ. de Cádiz) Apto. 11510-Puerto Real (Cádiz).

ABSTRACT

In subtidal littoral zones and inner continental shelf, recent sea level changes force to coexist relict sediment deposits, formed when sea level was lower than nowadays, with more recent sediments which are in equilibrium with hydrodynamic agents. Cadiz bay sea bottom sediments has been studied in order to classify and to map facies, determine depositional conditions and to establish differentiation criteria between present and relicts sediments.

The sea bottom Cadiz bay displays several sediment types: external bay, with silty-sand; inner bay (Saco) with clayed-mud, and littoral zone formed by beaches, cliffs, river mouths and tidal creek and salt marsh edges. Sediments are mainly composed by quartz, followed by calcite and phyllosilicates. Classifying criteria have been established from Modo-Q Factor Analysis. Criteria for reworked level were established from quartz grain exoscopic analysis. Four types representative of different environments and depositional conditions have been differentiated, ones presents day and others relict. In the external bay dominate silty-sand while in the inner bay clayed-mud is predominant. The first one is a good relict facies example, whose sediments have a high level of reworking, textural maturity and sorting.

Palabras Clave: *recent sediments, sea facies, Cadiz bay.*

*Geogaceta, 27 (1999), 191-194
ISSN:0213683X*

Introducción

En las zonas litorales submareales y de plataforma interna, debido a los cambios recientes del nivel del mar, es frecuente observar la coexistencia de depósitos sedimentarios relictos, depositados en momentos en que el nivel del mar se situaba en un nivel por debajo del actual, y depósitos algo más recientes, consecuencia de la acción de los agentes hidrodinámicos y fuentes de aporte actuales.

Con objeto de establecer criterios de clasificación y diferenciación de las facies sedimentarias presentes en los fondos de la bahía de Cádiz, se han estudiado los sedimentos detríticos del fondo a fin de clasificar y cartografiar las facies, determinar las condiciones de depósito y establecer criterios de diferenciación entre sedimentos funcionales y relictos. Ade-

más, en este trabajo se analizan las texturas superficiales que presentan los granos de cuarzo de los sedimentos, con el objetivo de determinar las diferentes etapas de su evolución, a partir de las asociaciones de texturas encontradas.

Características de la zona

La bahía de Cádiz se encuentra al SO de la Península Ibérica (36° 3'N y 6° 10' Oeste) (Fig. 1) y en ella se diferencian distintos ambientes y zonas: una bahía externa conectada con mar abierto que alcanza profundidades de hasta 20 m; una interna o *Saco*, más abrigada, y ubicada al sur de la anterior, con la que conecta a través del estrecho de Puntales. En esta última se ha formado una extensa llanura mareal surcada por una compleja red de caños mareales.

El sustrato rocoso está constituido por arcilla, arenas, areniscas y conglomerados de edad Mioceno superior a Pleistoceno (Fig. 1). Sobre estos materiales aparecen otros más recientes (holocenos), como fangos de marisma, arenas de playa y gravas (Mabesoone, 1966; Zazo, 1983; Gutiérrez-Mas *et al.*, 1990). La costa se orienta de NNO-SSE con escalonamientos E-O relacionada con importantes accidentes tectónicos (Sanz de Galdeano, 1990).

Métodos

La extracción de sedimentos del fondo se realizó desde embarcaciones con draga tipo Van Veen, en fondos de la bahía externa, interna y plataforma continental adyacente. Se han estudiado un total de 300 muestras, con un promedio de

un desmuestre por cada cuarto de milla (460 m). El análisis granulométrico se realizó mediante tamizado de la fracción gruesa y analizador de tamaño de partículas láser para la fina. El contenido mineralógico se ha determinado mediante Difracción de R-X en la fracción total (método de polvo policristalino).

El análisis textural de los granos de cuarzo, se ha realizado con un equipo MEB *Joel modelo JSM 820*. Las muestras contenían entre 25 y 30 granos de arena de tamaño medio, previamente tratada con HCL al 10% y lavada con agua oxigenada. Los granos se montaron en portamuestras de aluminio y posteriormente fueron tintados con tinte de plata y metalizados con oro mediante *sputtering*.

El tratamiento de los datos se ha realizado mediante análisis factorial multivariante en modo-Q. Se ha utilizado el

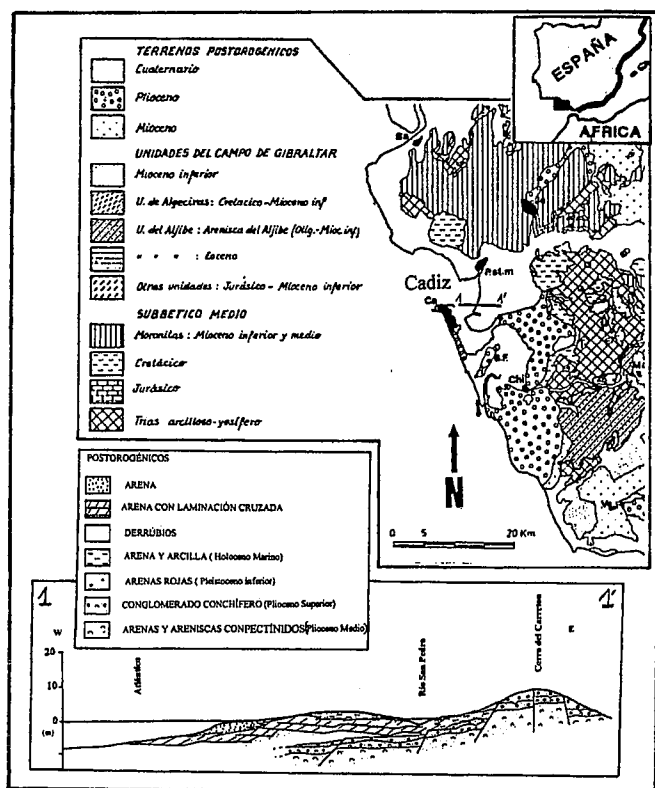


Figura 1.- Situación geográfica, mapa y corte geológico representati-
vos de las áreas continentales de la zona de estudio.

Figure 1.- Geographic situation, representative map and geological court of
study area continental areas.

método de Imbrie que utiliza la matriz de similaridad (Imbrie, 1963; Reymont y Jöreskog, 1993). Las facies se deducen a partir de las variables que presentan puntuaciones más altas en los factores.

Resultado y discusión

El modelo de distribución de facies en los fondos de la bahía de Cádiz y en la plataforma continental próxima se ha gen bioclastico, constituyen la segunda fracción en importancia (Gutiérrez-Mas *et al.*, 1995; Gutiérrez-Mas *et al.*, 1996).

Se diferencian varias zonas (Fig.2): a) bahía externa, con predominio de sedimentos arenosos en el litoral y fondos de hasta 20 m de profundidad, y arenoso-limosos en los sectores central y oriental de ésta; b) bahía interna, caracterizada por fondos de naturaleza fango-arcillosa; c) zonas de marisma, caños mareales y llanura mareal

emergida, caracterizada por la presencia de sedimentos arcilloso-arenosos en los bordes de marisma y caños mareales, y arenosas en las playas; d) plataforma interna, donde se diferencian dos zonas: una norte de carácter fango arcillosa y otra sur con predominio de arenas-cuarzíferas.

Desde el punto de vista mineralógico, el cuarzo es el componente terrigeno mas importante, con contenidos medios del 50%, los feldespatos aparecen en cantidades inferiores al 10 % y los filosilicatos con concentraciones medias del 25%. Entre los minerales carbonatados destaca la calcita con contenidos medios del 20%. La dolomita presenta contenidos medios del 6% y el aragonito aparece solo de forma esporádica con contenidos de <5%.

Establecimiento de las facies

La aplicación del análisis factorial en modo-Q a los datos

granulométricos y mineralógicos de los sedimentos ha permitido establecer criterios de clasificación y agrupar las muestras según criterios de similitud. Los resultados han proporcionado cuatro factores que conjuntamente explican el 100% de la varianza del modelo. El factor 1 explica el 77% y asocia arena, cuarzo y carbonatos. El factor 2 explica el 17% de la varianza, asocia arcilla, filosilicatos, cuarzo y carbonatos. El factor 3 (3%) asocia el limo, cuarzo, carbonatos, calcita y arena. El factor 4 (1%) asocia grava, carbonatos, calcita, arena y otros componentes.

Análisis textural

Utilizando una terminología de texturas combinada de Margolis y Krinsley (1974), Cater (1984) y Torcal y Tello (1992), se han diferenciado varios tipos de texturas: fracturas concoideas, uves (Vs), figuras de disolución, Surcos

(Grooves), arcos de choque y placas imbricadas. En cuanto a los granos de cuarzo de los sedimentos de los fondos de la bahía de Cádiz, las principales texturas superficiales encontradas se resumen en la tabla 1, donde se puede observar la presencia de marcas mecánicas y químicas.

Bajo un punto de vista morfológico se han diferenciado cuatro tipos de granos de cuarzo: a) granos angulosos; b) granos subangulosos; c) granos redondeados y d) granos subredondeados.

a) *Granos angulosos*.- Se caracterizan por el predominio de fracturas concoideas angulosas de diferente tamaño y desarrollo. Otras marcas mecánicas presentes son: surcos, figuras de frotamiento y fracturas concoideas retrabajadas. Las marcas químicas se manifiestan como figuras y huecos de disolución, que pueden afectar a texturas anteriores. Ade-

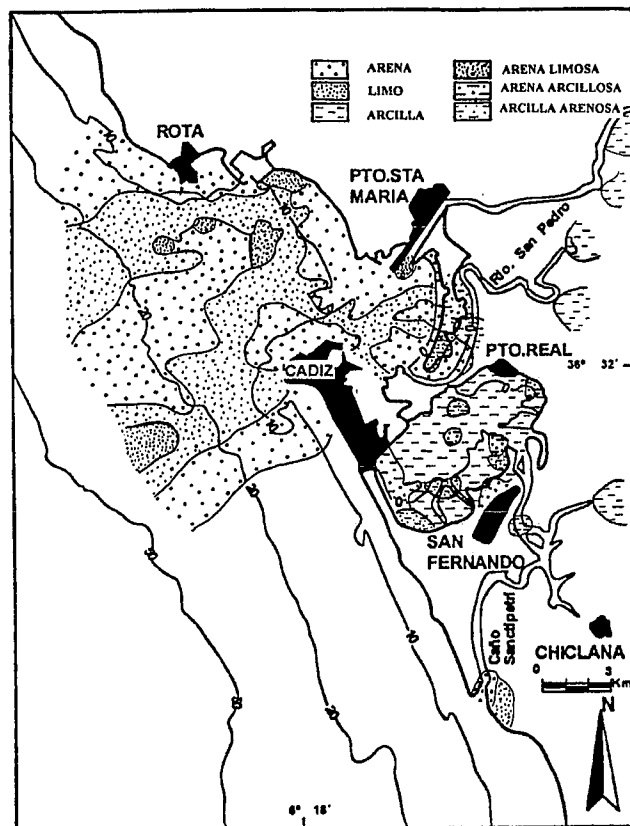


Figura 2.- Distribución areal de las diferentes fracciones de tamaño de grano en los sedimentos recientes de los fondos de la bahía de Cádiz.

Figure 2.- Areal distribution of size fracciones in recent sediments of sea bottom Cadiz bay.

Texturas superficiales y morfología	Cuarzo anguloso	Cuarzo Redondeado	Cuarzo subanguloso	Cuarzo subredondeado
Fracturas concoideas angulosas	X		X	
Fracturas concoideas retrabajadas	x	X	X	X
Vs mecánicas	x	x		X
Vs orientadas		x		
Figuras de disolución	X	X	X	X
Huecos de disolución	x	X	X	X
Figuras de frotamiento	X	X		
Deposito de sílice			X	
Surcos	X	X	X	X
Arcos de choque	x	X	x	X
Pulimento superficie	X	X	X	X

X: abundantes
x: escasos

Tabla 1.- Texturas superficiales y morfologías en diferentes tipos de granos de cuarzo.

Tabla 1.- Surface features and morphologic characteristics in different types of quartz.

más, la mayoría de los granos angulosos muestran un cierto pulimento de su superficie (Fig.3).

b) *Granos redondeados*.- Al contrario que los angulosos, se caracterizan por el predominio de fracturas concoideas retrabajadas o pulidas, que afectan a la superficie primitiva. Presentan abundantes arcos de choque y surcos, agrandados por disolución. En algunos granos es posible observar Vs orientados y un pulimento generalizado de superficie (Fig.3).

Teniendo en cuenta los diferentes tipos de morfologías encontradas, se han diferenciado las fases evolutivas sufridas por estos granos y los mecanismos de transporte y depósito: 1) representada por el predominio de texturas mecánicas y/o eólicas como, arcos de choques y surcos; 2) marcada por la presencia de fracturas concoideas formadas en ambientes de gran energía mecánica, ligados a cauces fluviales o a procesos de retra-bajamiento en zonas costeras de tipo playa (Brown,

1973); 3) marcada por la presencia de surcos y figuras de frotamiento, que afectan a las fracturas concoideas, generadas en medios donde los granos han estado sometidos a constantes procesos de depósito y remo-vilización, como canales de marea en llanuras deltáicas y medios intermareales; 3) representada por el predominio de marcas químicas (figuras y huecos de disolución) que afectan a antiguas marcas mecánicas, y por un pulimento generalizado, producto de la alteración química en clima tropical.

Respecto a la procedencia, se han determinado las siguientes fuentes: a) De las Areniscas del Aljibe (Oligoceno-Mioceno inf.), constituidas por más del 90% de cuarzo y predominio de granos redondeados y subredondeados y pulimento generalizado en la superficie (Moral Cardona, 1994; Gutiérrez-Mas *et al.*, 1990). Estos materiales llegan a la bahía de Cádiz a través del río Guadalete; b) De las calcarenitas del Mioceno superior. Se trata de areniscas calcáreas con un 40% de cuarzo que contienen granos de cuarzo angulosos y retrabajados y, también, granos de cuarzo de la formación Aljibe (Moral Cardona, 1994 y Gutiérrez-Mas *et al.*, 1990); c) De los acantilados costeros pliocuaternarios y dunas litorales.

Clasificación y diferenciación de facies

Bajo un punto de vista composicional y textural y teniendo en cuenta los datos anteriores, en los fondos de la bahía de Cádiz, se han diferenciado cuatro tipos de facies (Fig. 4): sos antiguos, muy retrabajados por procesos de transporte y sedimentación desde la suspensión que tienen lugar en la bahía de Cádiz debido a la acción de las mareas. Los sedimentos antiguos, depositados en ambientes más energéticos en momentos en que el nivel del mar estaba más bajo que en la actualidad, están su-

friendo un proceso sedimentación de elementos más finos (limo) que cambia las características iniciales de las facies primitivas.

3) *Grava-arenosa bioclástica-cuarzifera*.- Esta facies representa fondos gravoso-arenosos presentes en zonas litorales cercanas a acantilados y a bajos rocosos (roca ostionera). Se trata de depósitos actuales y antiguos que están continuamente retrabajándose, por acción del oleaje generado durante los temporales.

4) *Arcilla-limosa filosilicatada-cuarzifera-bioclástica*.- Se trata de una facies característica de ambientes tranquilos y abrigados, como los que se encuentran en la bahía interna. Estos materiales son tanto antiguos como actuales, mezclados en un continuo proceso de removilización, transporte y precipitación. Su origen es múltiple, por una parte las partículas en suspensión transportadas por las corrientes mareales que precipitan al disminuir la velocidad de la corriente. Por otra, el retrabajamiento de la marisma por acción de la escorrentía superficial y los deslizamientos gravitacionales que tienen lugar en los bordes de los caños. Una tercera fuente, es el retrabajamiento de la llanura mareal por acción de las olas que genera el viento de levante, único capaz de engendrar olas en esta zona.

La distribución areal de las diferentes facies definidas en los fondos de la bahía de Cádiz (Fig.4), presenta básicamente una distribución similar a la de las fracciones granulométricas, con predominio de facies fango-arcillosas en la bahía interna y arenoso-limosas en la bahía externa. Se observa la presencia del cuarzo anguloso en todas las facies, mostrando su carácter de componente principal y dominante de todas las fracciones de tamaño de grano de sedimento, con preferencia por la fracción arena.

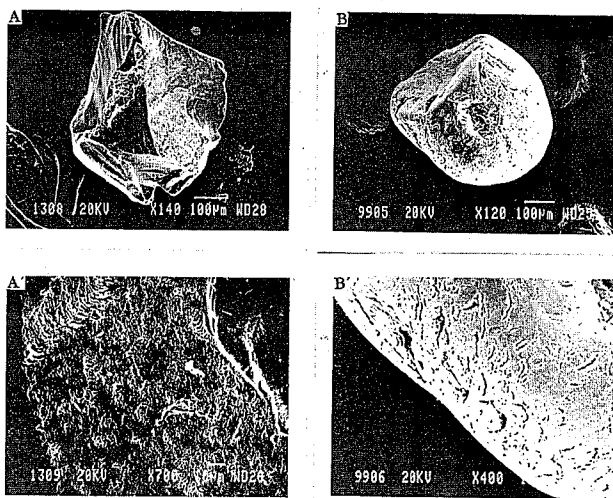


Figura 3.- Microfotografías de granos de cuarzo de sedimentos de los fondos de la bahía de Cádiz: A) Grano anguloso con fracturas concoideas; A') Detalle de imagen A, se observan figuras de frotamiento, uves, arcos de choque y signos de disolución; B) Grano redondeado con fracturas concoideas retrabajadas y arcos de choque; B') Detalle de la imagen B, se observan arcos de choque, surcos y signos de disolución.

Figure 3.- Microphotographies of sea bottom Cadiz bay sediments quartz grains: A) Angular grain with conchoid fractures; A') Detail picture A. It is showed rub figures, Vs, collision archs and dissolution signals; B) Rounded grain with reworked conchoid fractures and collision archs; B') Detail picture B. It is showed collision archs, grooves and dissolution signals.

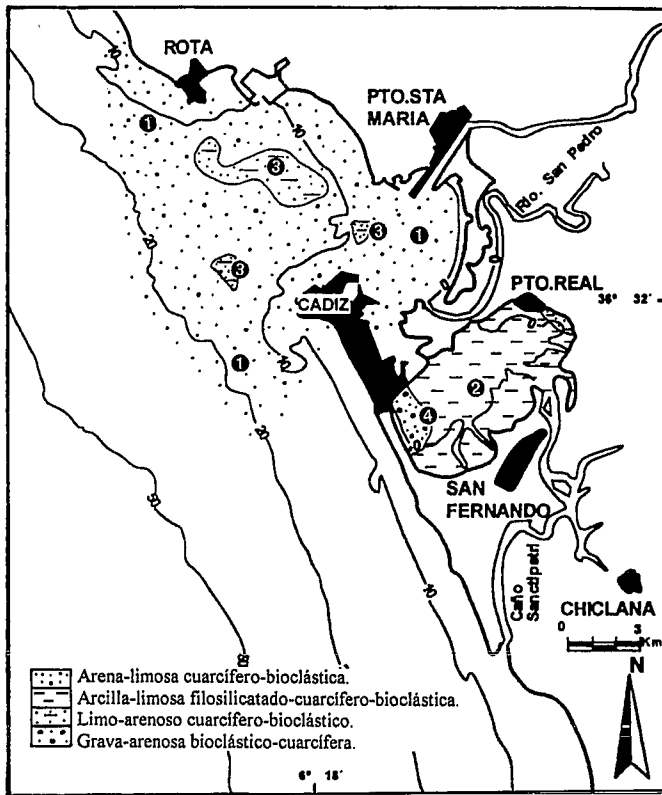


Fig.4.- Calsificación y distribución areal de las facies sedimentarias diferenciadas en los sedimentos de los fondos de la bahía de Cádiz: 1) Facies relictas parcialmente retrabajadas de la bahía externa (arena cuarcífera); 2) Facies fango-arcillosas actuales del Saco de la bahía (fangos de lagoon); 3) Facies relictas muy retrabajadas por procesos de precipitación de finos desde la suspensión en zonas de la bahía externa (Limo-arenoso) y 4) Facies gruesas (bajos rocosos, vertidos, etc.) (Grava arenosa).

Fig.4.- Classification and areal distribution of sedimentary facies of Cadiz bay sea bottom: 1) Relict facies from external bay (quartzitic sand); 2) Clayed-mud facies from internal bay; 3) Relicts facies very reworked by precipitation processes from external bay (sandy-silt), and 4) Coarse facies (sandy-gravel).

Conclusiones

Bajo el punto de vista de la naturaleza textural y composicional de los sedimentos, así como por su situación geográfica y ambientes de depósito en el que se han formado, se han diferenciado cuatro tipos de facies: a) arena-limosa cuarcífero-bioclástica, de carácter esencialmente relictos; b) limo-arenoso cuarcífero bioclástico de carácter relictos muy retrabajado; c) arcilla-limosa filoso-cuarcífero bioclástica, de naturaleza mixta, ya que está constituida por sedimentos actuales más otros retrabajados y d) grava arenosa bioclástico-cuarcífera, de carácter tanto relictos como actual y retrabajado.

Los procesos relacionados con los recientes cambios del nivel del mar, la estructura tectónica y la fisiografía de la costa y el fondo, entre otros factores junto a la acción de los agentes hidrodinámicos especialmente el oleaje y corrientes mareales, han condicionado a través de los procesos de transporte y sedimentación la distribución de las facies granulométricas y sedimentaria del fondo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con fondos del proyecto Ref: Mar 98-0796 de la CICYT.

Referencias

Brown, J.E. (1973): *Nature*. 242: 396-398.
 Cater, J.M.L. (1984): *Sedimentology*, 31: 717-731.
 Gutiérrez- Mas, J.M., Martín Algarra, A., Domínguez Bella, S. y Moral Cardona, J.P. (1990): *Serv. Public. Univ. Cádiz*: 315pp.
 Gutiérrez-Mas, J.M., López Galindo, A., González Caballero y López Aguayo, F. (1995): *Rev.Soc. Geol. España*, 8: 1-2.
 Gutiérrez-Mas, J.M., Achab, M; Sánchez Bellón, A., Moral Cardona, J.P. y López Aguayo, F. (1996): *Advances in Clay Minerals*: 121-123pp.
 Imbrie, J. (1963): *Natural Res. Geogr. Branch, Tech. Rep.* 6: 83pp.
 Mabeoone; J.M. (1966): *Geol. Minjbouw*: 45: 25-32.
 Margolis, V. y Krinsley, D.H. (1974): *Amer. Jour. Sci.* 274: 449-464.
 Moral Cardona, J.P. (1994): *Tesis. Univ. Cádiz*. 464pp.
 Reymont, R y Jöreskog, K.G. (1993): Cambridge University Press, 369pp.
 Sanz de Galdeano, C. (1990): *Rev. Soc. Geol. Esp.*, 3: 231-241.
 Torcal, L. y Tello, B. (1992): *Cuadernos Técnicos de la S.E.G.* 4: 40pp.
 Zazo, C, Goy, J.L. y Dabrio, C.J. (1983): *Mediterraneo, Ser. Geol.* 2: 29-52.