

Determinación de direcciones de corrientes mediante el análisis de "formas de fondo" en la Bahía de Cádiz

Determination of directions of currents by means the analysis of «bed forms» in the Bay of Cadiz

J. M. Parrado Román, J.M. Gutiérrez Mas y M. Achab.

Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía, Geodinámica, y Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias del Mar. Univ. de Cádiz. Pol. Río San Pedro. 11510 Puerto Real (Cádiz)

ABSTRACT

Different fields of "bed forms" in external areas of Bay of Cadiz has been identified, with aim of establish a distribution pattern of bottom currents, on the base of analysis of side scan sonar recordings and echosounder profiles. The distribution of facies and "bed forms" are conditioned for the hydrodynamic system and shows the trajectories of the currents. In the eastern sector, the morphology of the bottom consists in bar systems perpendicular and oblique to the coast and large lateral extension, alternating large and small dunes generated by combined action of tidal and wave currents. In the western sector, several fields of "bed forms" appear: dunes, plane bed, sand and mud patches, formed mainly by effect of the ebb current. The main drainage current of the bay is initiated in the internal zones (lagoon), when it arrives to the external bay is divides in two branches: one borders the city of Cadiz and reach deeper waters depositing part of the suspension load; the other goes to the eastern margin and toward the north, and then it turns to the west conditioned by the morphology of the coast and bottom until reach the continental shelf.

Key words: Bed forms, Bay of Cadiz, marine sediments.

Geogaceta, 20 (2) (1996), 378-381
ISSN: 0213683X

Introducción

El análisis de "formas de fondo" se utiliza como técnica de estudio de la fisiografía submarina y direcciones de las corrientes (Kenyon, 1970; Belderson *et al.*, 1971; Dalrymple *et al.*, 1978; Flemming, 1980). En este trabajo se identifican "campos de formas" en la parte externa de la bahía de Cádiz, con el fin de establecer un modelo de distribución de corrientes de fondo que complemente los datos obtenidos por otros métodos.

La bahía de Cádiz, se ubica al SW de la Península Ibérica, con coordenadas medias: 36° 30'N y 6° 16'W (Fig. 1), y límite W en la isobata de 23 m. Se diferencian dos sectores: uno "externo" con características de ensenada y costas arenosas y rocosas, sin desarrollo de ambientes mareales y que conecta a través del estrecho de Puntales con el sector interno o "saco interior", en gran parte ocupado por llanura mareal. El régimen es mesomareal, con una amplitud máxima de 3.7 m y media de 2.2m. El oleaje tipo "sea" presenta enfrentamiento Levante-Poniente con predominio de la componente E. En el tipo "swell" domina la componente W. Las corrientes litorales están controladas

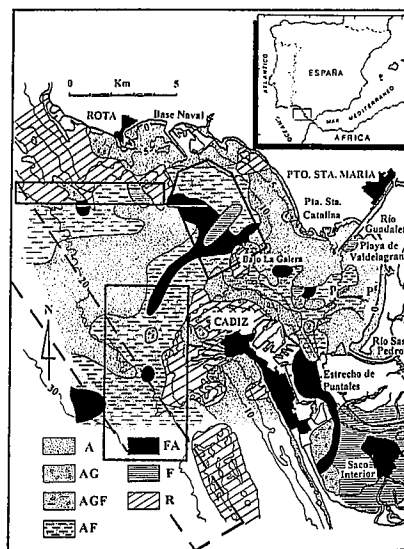


Fig. 1.- Mapa de situación, localización de sonogramas y perfil de ecosonda y distribución de dominios granulométricos A: Arena; AG: Arena gravosa; AGF: Arena gravo-fangosa; AF: Arena fangosa; FA: Fango arenoso; F: Fango; R: Roca.

Fig. 1.- Geographics situation, localization of sonographs and echosounder profiles and distribution of granulometric domains. A: sand; AG: gravelly sand; AGF: muddy-gravelly sand; AF: muddy sand; FA: sandy mud; F: mud; R: rock.

por el oleaje: el del NW genera corrientes al SE (Mélières, 1974; Ojeda, 1989; Gutiérrez Mas, 1992), el del SW hacia el N (Muñoz Pérez *et al.*, 1995) y con Levante la corriente se dirige al W.

Metodología: El estudio se basa en el análisis de registros sonográficos y perfiles de ecosonda, obtenidos en diferentes campañas (Fig. 1), con equipos Klein de 100 Khz y 500 Khz, ancho de barrido de 100 m, resolución >7.5 cm y solapamiento del 30%. Se ha determinado la dirección, frecuencia y altura de las "formas" siguiendo los criterios de Bouma *et al.* (1980). En aguas someras los perfiles se levantaron con una precisión de 10 cm. El estudio se complementa con un muestreo de sedimento superficial tomado con draga Van Veen en 230 estaciones. El análisis granulométrico consistió en un tamizado mecánico de la fracción gruesa, y para la fina, se utilizó un analizador laser de tamaño de partículas.

Resultados

Los sedimentos son fundamentalmente siliciclásticos, predominando en el "saco interior" el fango y en la "bahía ex-

CAMPO	FORMAS DE FONDO	TAMAÑO DE GRANO	AZIMUT
A	Duna medias-grandes 2D	Limo grueso	29°
	Pequeñas dunas 2D	Arena muy fina	173°
	Grandes dunas 3D	Arena media	101°
B	Fondos planos	Limo fino	
	Deslizamientos y parches fango-arena	Limo medio, grueso y arena fina	
C	Pequeñas dunas 2D superpuestas en cintas de arena	Arena muy fina	150°
D	Pequeñas dunas 2D y cintas de arena	Limo grueso y arena gruesa	137°
E	Pequeñas dunas 2D y parches de arena	Arena muy fina	162°
F	Grandes dunas 3D y barjanes	Limo grueso	85°
	Pequeñas dunas encajadas en rocas		170°
	Pequeñas dunas 2D superpuestas en cintas de arena		160°
	Campos alargados de pequeñas dunas 2D		169°

Tabla 1.- Clasificación de «campos de formas» y su relación con el tamaño de grano y dirección medios de las «formas de fondo» transversales.

Table 1. Classification of "forms fields" and their relationship with mean grain size and direction of transverse "bed forms".

terna" la arena, (Fig. 1), diferenciándose en ésta dos sectores: uno oriental, menos profundo (<11 m), limitado al W por los bajos de la Galera y el Diamante con fondos de arena fina y muy fina. El otro sector, ocupa la parte más occidental, hasta profundidades de 23 m, con fondos de arena fina, sobre los que aparece una formación más fangosa que, desde el estrecho de Puntales alcanza la bocana de la bahía, conformándose como una franja que bordea los bajos costeros y que pasa lateralmente a arena o roca.

Formas de fondo: En el sector oriental, la morfología del fondo consiste básicamente en sistemas de barras y surcos perpendiculares y oblicuos a la costa, con alturas máximas de 1.5 m, extensión lateral considerable y crestas orientadas fundamentalmente hacia el SW. Estos cuerpos arenos presentan morfologías variadas, alternándose "grandes dunas 3D" con otras menores (Fig. 2). En el sector occidental, aparecen diferentes "campos de formas" clasificadas según la nomenclatura de Ashley (1990) (Tabla I y Fig. 3).

Discusión y conclusiones

La distribución de facies y "formas de fondo" está ligada al sistema hidrodinámico dominante y, de hecho, la formación fangosa que desde Puntales alcanza la bocana de la bahía, representa la traza de una corriente que, desde el "saco interior" circula hacia la "bahía externa" (Muñoz Pérez *et al.*, 1994) durante el reflujó mareal

con velocidades en superficie de 1.54 m/s y de 1.02 m/s (Inst. Hidrográfico, 1991) en el bajo de la Cabezucla (Fig. 1). Esta corriente se bifurca en dos ramas (Fig. 4): una que bordea la ciudad de Cádiz y pierde velocidad entre los bajos del Fraile y el Diamante (0.77 m/s), depositando parte de la carga en suspensión, lo que se refleja en el incremento del contenido en fango en el fondo, y otra que discurre por el margen oriental de

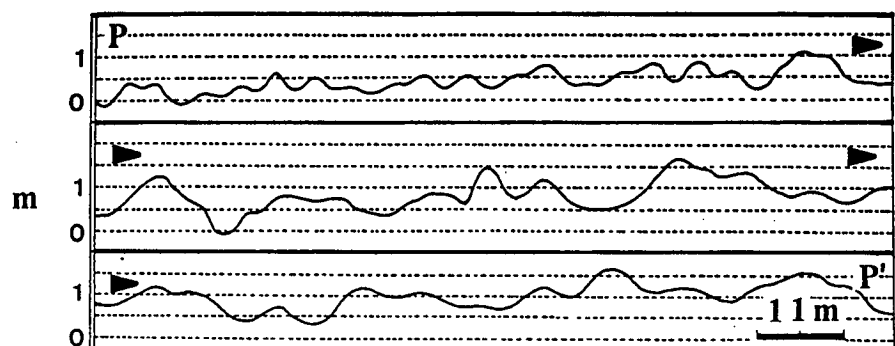


Fig. 2.- Perfil de ecosonda en el sector oriental de la «bahía externa» mostrando la morfología de las barras arenosas.

Fig. 2.- Echosounder profile in the eastern sector of the «external bay» showing the morphology of the sand bars.

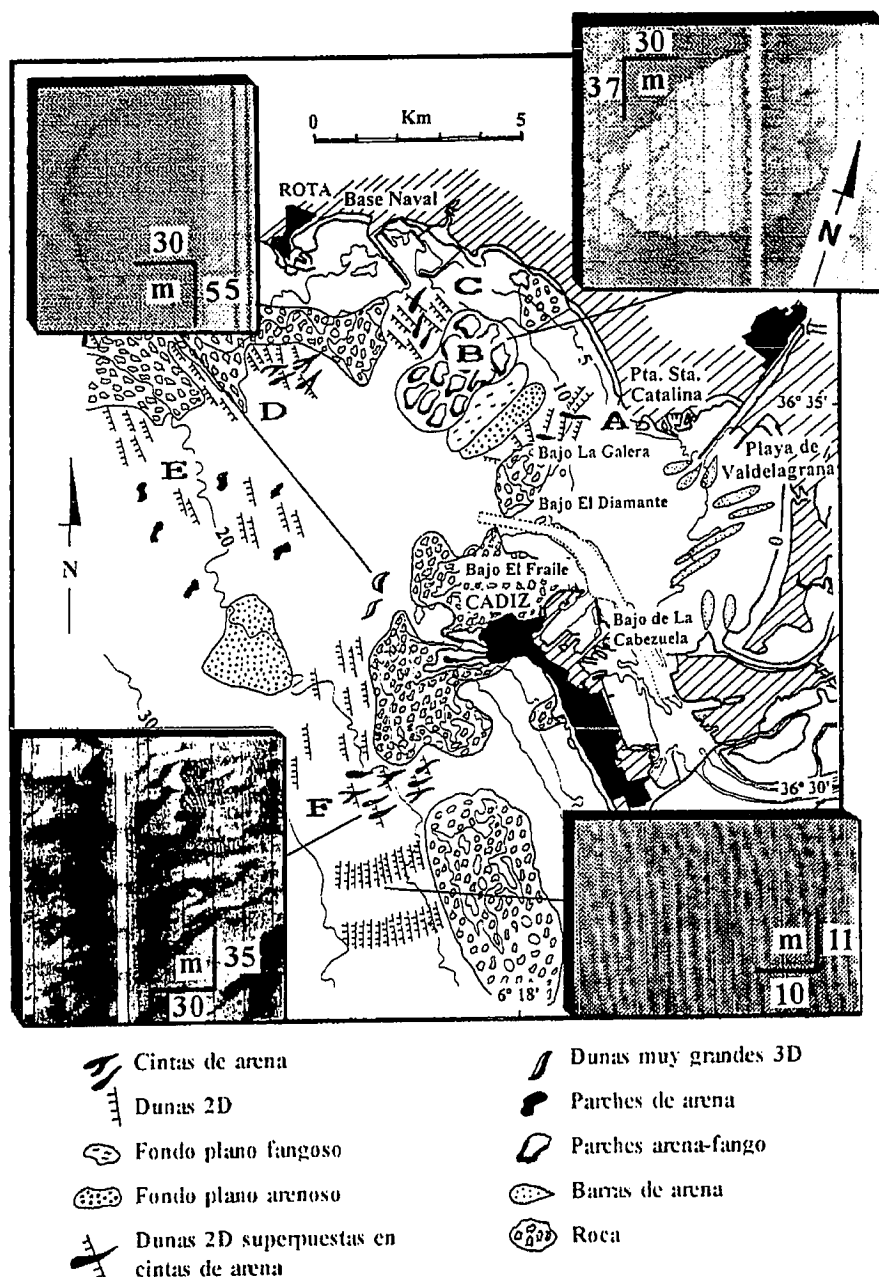


Fig. 3.- Distribución de campos de «formas de fondo» en las zonas externas de la bahía de Cádiz.

Fig. 3.- Distribution of «bed forms» fields in the external zones of the Bay of Cádiz.

la bahía hacia el N, desviándose al W condicionada por la morfología de la costa (Figs. 1 y 4), que transporta arena de la playa de Valdelagrana en dicha dirección.

En el sector occidental de la bahía, aparecen diferentes "campos de formas" (Tabla I): A) Entre el bajo de la Galera y la Punta de Sta. Catalina, las "formas" indican una corriente hacia el N que sigue el margen oriental de la bahía y se divide en varias ramas, una al NW, próxima a la costa (Fig. 3 y 4) y

otra al W, que gira al S siguiendo la fisiografía del fondo. B) Al N aparecen "parches de fango" y "arena", con el frente de avalancha orientado al SW y cuyo origen se atribuye a la inestabilidad del fondo (Knebel *et al.*, 1991), debido al depósito de arena sobre el fango preexistente y al posterior efecto de cizalla de la corriente sobre el fondo, dando lugar a deslizamientos con base en la capa fangosa. C) Al S de la Base de Rota, las "formas" indican una corriente hacia el SW

afectada por la costa y el espigón de la base naval. D y E) Cerca de los bajos de Rota, la corriente hacia el SW, se dirige aguas afuera de la bahía hacia la plataforma continental (Guillemot, 1987 y Gutiérrez Mas *et al.*, 1994). G) En el otro extremo de la bahía, frente a la Caleta (Cádiz), a pesar de las abundantes formas de fondo existentes, la dirección de la corriente no está bien definida, debido a las interferencias entre la corriente de vaciado de la bahía y la de refluo en la propia Caleta. Al SW de Cádiz, las formas aparecen ligadas a corrientes locales y permanentes de dirección SW, como corrientes de resaca generadas por los temporales del W y SW

Finalmente, se constata, mediante el análisis de los registros realizados en fechas diferentes, que las "formas de fondo" se generan fundamentalmente por acción de las corrientes de refluo mareal, debido al mayor efecto de éstas sobre los sedimentos y la constancia de sus trayectorias (Aliotta *et al.*, 1987; Berné *et al.*, 1993).

Agradecimientos

Al Inst. Hidr. de la Marina y Delegación Provincial de Cultura de la Junta de Andalucía por facilitar los registros sonográficos, y a los tripulantes del "Tartessos". Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos del Proyecto AMB 94/0501 de la CICYT y con los del Grupo 4166 de Geología Marina del PAI (Junta de Andalucía).

Referencias

Aliotta, S. y Perillo, G.M.E. (1987). *Mar. Geol.*, 76, pp. 1-14.
 Ashley, G.M. (1990). *Jour. Sed. Petrol.*, 60, pp. 160-172.
 Belderson, R.H., Kenyon, N.H., Stride, A.H. y Stubbs, A.R. (1972). *Elsevier*, Amsterdam 185 pp.
 Berné, S.; Castaing, P.; Le Drezen, E. y Lericolais, G. (1993). *Jour. Sed. Petrol.*, 63, pp. 780-793.
 Bouma, A.H.; Rapoport, M.L.; Orlando, R.C. y Hampton, M.A. (1980). *Sedim. Geol.*, 26, pp. 157-177.
Instituto Hidrográfico de la Marina. Derrotero N° II, Tomo 2. (1991).
 Dalrymple, R.W., Knight, R.T. y Lambiasse, J.J. (1978). *Nature*, 275, pp. 100-104.
 Flemming, B.W. (1980). *Sedim. Geol.*, 26, pp. 179-205.
 Guillemot, E. (1987). *Thèse. Univ. Paris*. 146 pp.
 Gutiérrez Mas, J.M. (1992). *Tesis Univ. Cádiz*. 346 pp.
 Gutiérrez Mas, J.M.; Hernández-Molina, F.J.; López Galindo, A. y López Agua-

- yo, F. (1994). *GAIA*, 8, pp. 125-128.
- Kenyon, N.H. (1970). *Mar. Geol.*, 9, pp. 25-39.
- Knebel, H.J.; Rendigs, R.R. y Bothner, M.H. (1991). *Jour. Sed. Petrol.*, 61, pp. 791-804.
- Melières, F. (1974). *Thèse Univ. Paris VI*. 235 pp. + ann.
- Muñoz Pérez, J.L. y Sánchez de Lamadrid, A. (1994). *Informaciones técnicas*, 28/94. Consejería de Agricultura y Pesca (Junta de Andalucía), pp. 161.
- Muñoz Pérez, J.J.; Gutiérrez Mas, J.M. y Parrado Román, J.M. (1995). (*En prensa*).
- Ojeda, J. (1989). *AEQUA, monografías*, 1, pp. 123-132.

Fig. 4.- Trayectorias de las corrientes de drenaje en la bahía de Cádiz deducidas a partir de las direcciones de las «formas de fondo» transversales y distribución de dominios granulométricos.

Fig. 4.- Trajectories of drainage currents in the Bay of Cadiz deduced from directions of transverse «bed forms» and granulometric domains distribution.

