

# Caracterización morfodinámica de las playas del tramo costero marroquí entre Ceuta y Cabo Negro.

*Morphodynamic characteristics of beaches between Ceuta and Cabo Negro (Morocco)*

G. Anfuso<sup>(2)</sup>, D. Nachite<sup>(1)</sup>, J. Benavente<sup>(2)</sup>, Y. Meklach<sup>(1)</sup>, E. Bello<sup>(2)</sup> y A. Macias<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> UFR «Sciences de la Mer», Laboratoire d'Océanographie Appliquée, Fac. Sciences, 93000 - Tétouan, Marruecos.

<sup>(2)</sup> Dpto de Ciencias de la Tierra, Fac. Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, Polígono Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España.

<sup>(3)</sup> Área de Análisis Geográfico Regional, Fac. Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, Políg. Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España.

## ABSTRACT

*A beach monitoring program was carried out in July 2003 in the Mediterranean littoral between Fnideq and M'diq, (NE of Morocco). Beaches present a great range in width and small slope variations. In fact, main littoral drift flows from South to North, giving raise to larger beaches updrift of harbours or small headlands. Erosion takes place downdrift. Surf scaling parameter, surf similarity index and Dean Number recorded along the littoral, stressed out the reflective state of all studied beaches, characterized by plunging breakers.*

**Key words:** beach, profile, reflective, Morocco.

*Geogaceta*, 35 (2004), 47-50  
ISSN:0213683X

## Introducción

Al fin de desarrollar una gestión adecuada de la zona costera, se deben conocer los procesos que en ella se producen. Así, si se quiere entender el comportamiento morfodinámico de las playas hay que analizar su respuesta ante la actuación de los agentes dinámicos. En el presente trabajo se presentan los resultados de una primera campaña topográfica realizada en las playas de la costa mediterránea entre Fnideq y M'diq, NE de Marruecos. El conjunto de datos de morfología, pendiente de la playa y granulometría, junto al análisis de los datos de oleaje, han permitido determinar el comportamiento morfodinámico de las playas estudiadas y caracterizar su distribución longitudinal.

## Zona de estudio

La zona de estudio está constituida por el tramo costero entre Fnideq y M'diq (Fig. 1), abarcando una longitud de unos 24 Km. La costa, orientada N-S, es abierta hacia el Este y limitada al Norte por el promontorio de Ceuta y al Sur por Cabo Negro. Las playas presentan un grado distinto de desarrollo y sus sedimentos, de granulometría arenosa, son de composición fundamentalmente cuarzosa. A lo largo de la zona de estudio existen relieves rocosos que dan lugar a acantilados inactivos, a veces de gran altura. Se observan también pequeños salientes rocosos, como el que aparece en la zona denominada Restinga.

La marea tiene un carácter semidiurno y rango micromareal, y varía de pocos centímetros, durante las mareas muertas, hasta los 80-100 cm en mareas vivas. La onda de marea procedente del Atlántico penetra en el Mediterráneo y se propaga hacia el Este, disminuyendo progresivamente de intensidad. Las variaciones del nivel del mar debidas a las mareas barométricas tienen también gran importancia.

Los vientos predominantes de Mayo a Octubre soplan del Este "Chergui" y de Octubre a Febrero predominan los vientos que soplan del Oeste, "Gharbi". En Abril y Mayo se puede observar un cierto equilibrio entre los vientos del ENE y OSO (LPEE, 1987; El Moutchou, 1995).

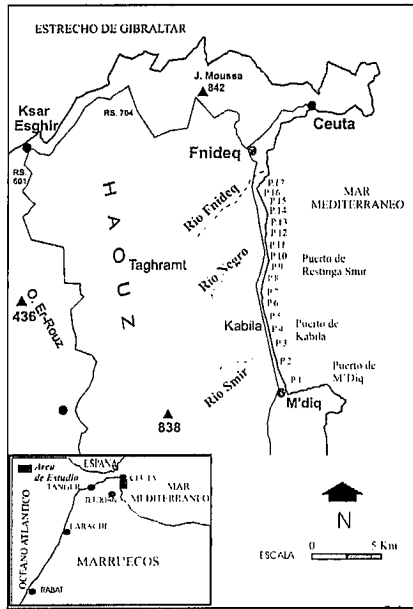


Fig. 1.- Mapa de localización con ubicación de los perfiles.

Fig. 1.- Location map with beach profiles.

Debido a la orientación del litoral, el oleaje se aproxima a la costa del primer y segundo cuadrante. Las olas asociadas a los temporales provienen del E y ENE, la altura máxima registrada para este oleaje es de 5.5m con un período de 5s en M'diq (LPEE 1987). Las corrientes principales fluyen de S a N y durante el período estival hacia el SSE con una velocidad máxima de 0.68 m/s (Lahhdar et al, 2001).

**Metodología**

Se llevó a cabo un levantamiento topográfico del litoral estudiado mediante un teodolito NESTLE BC-8. Durante la campaña, llevada a cabo en Julio de 2003, se realizaron 17 perfiles topográficos normales a la línea de costa, medidos a partir de puntos fijos ubicados en la trasplaya y prolongados hasta una profundidad aproximada de 1.5m respecto al nivel del mar. El trata-

miento de los datos topográficos permitió reconstruir la morfología de las playas y calcular la pendiente del estrán.

Se tomaron muestras de los sedimentos superficiales de la zona intermareal que se tamizaron en laboratorio mediante una batería de 18 tamices, desde -1 phi hasta 4 phi, con intervalos de 0.5 phi. Se realizaron análisis calcimétricos para determinar el contenido en carbonatos y se obtuvieron los parámetros estadísticos según Folk y Ward, (1957).

Para caracterizar el estado morfodinámico de las playas, se manejan varios parámetros e índices muy utilizados en geomorfología litoral. En cuanto al tipo de rompiente, se utilizó el índice de similaridad de surf (Surf Similarity, Battjes, 1974). Este índice fue inicialmente definido por Iribarren y Nogales (1949) para calcular el punto de rotura de las olas. Su expresión es la siguiente:

$$\xi = \tan\beta / (H_b/L_0)^{0.5} \quad (1)$$

donde b es la pendiente media de la playa en la zona intermareal, H<sub>b</sub> es la altura de ola en rompiente y L<sub>0</sub> la longitud de onda del oleaje en aguas profundas. Este índice predice el tipo de rompiente, desde ondulado y colapso ( $\xi > 2$ ), voluta ( $0.4 < \xi < 2$ ), a rompientes en derrame ( $\xi < 0.4$ ) (Fredsoe y Deigaard, 1992).

Para determinar el estado morfodinámico de la playa, Guza e Inman (1975) propusieron el parámetro de escala de rompiente (Surf Scaling):

$$\epsilon = \sigma^2 H_b / 2 g \tan^2 \beta \quad (2)$$

donde s es la frecuencia del oleaje en radianes, g la aceleración de gravedad y b la pendiente de la playa. El parámetro permite diferenciar entre condiciones de zona de surf reflectivas ( $\epsilon < 2.5$ ), intermedias ( $2.5 < \epsilon < 30$ ) y disipativas ( $\epsilon > 30$ ) (Guza e Inman, 1975).

Finalmente, el Número de Dean (Dean, 1977) incorpora características del oleaje y del sedimento:

$$\Omega = H_b / W_s T \quad (3)$$

donde H<sub>b</sub> es la altura de ola rompiente, T es el período del oleaje y W<sub>s</sub> la velocidad adimensional de caída de grano, que depende fundamentalmente del tamaño de grano (D50, mediana de la distribución granulométrica). Este parámetro caracteriza el estado morfodinámico de la playa, diferenciando entre playas reflectivas ( $\Omega < 1$ ), intermedias ( $1 < \Omega < 6$ ) y disipativas ( $\Omega > 6$ ) (Wright y Short, 1984).

En cuanto a las características del oleaje, se utilizaron los datos de la boya oceanográfica escalar de Ceuta perteneciente a la REMRO (Puertos del Estado, Ministerio Medio Ambiente) y las mediciones directas del oleaje realizadas durante las campañas.

**Resultados y Discusión**

Las campañas topográficas se llevaron a cabo los días 2 y 3 de Julio de 2003, días caracterizados por un oleaje de mar de fondo de 30 cm de altura y periodo de 5 s. que se aproximaba al litoral del NNE, formando un pequeño ángulo con la línea de costa. Dicho oleaje, caracterizado por una rompiente en voluta, daba lugar a una pequeña corriente hacia el Sur, opuesta a la corriente dominante del área que fluye de Sur hacia Norte.

Las playas están constituidas por arena gruesa y muy gruesa, moderadamente y mal clasificada, con valores de asimétrica que varían mucho. Los valores de los principales parámetros estadísticos se presentan en la Tabla 1.

En cuanto a la anchura de las playas estudiadas, medida desde el pié de duna y/o la base del acantilado o de cualquiera estructura antrópica,

Perfiles:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Parámet. estad. (phi)																	
Diámetro medio	0.68	-0.22	0.78	0.43	0.04	0.26	-0.38	-0.17	0.25	-0.01	1.3	-1.15	0.41	0.91	-0.87	-0.61	0.2
Desviación típica	1.39	1.97	3.19	3.84	0.67	0.65	1.26	1	1.11	1.69	0.85	1.9	1.81	1.39	1.45	1.66	1.3
Simetría	-0.3	-0.11	-0.4	-0.59	-0.78	-0.55	-0.41	0.39	-0.29	-0.36	-0.12	0.64	0.41	-0.57	-0.06	0.1	-0.8

Tabla I.- Parámetros estadísticos de las muestras analizadas

Table I.- Statistic parameters of studied samples

que ocupara dichos espacios naturales, hasta el nivel medio del mar, se observa como, en correspondencia de los perfiles realizados, las playas presentan anchura variable de 40 a 80 m aproximadamente (Fig. 2). En general, valores mínimos se registran en la parte sur del litoral (Figs. 1 y 2, P.1 y P.2) donde prevalecen procesos erosivos. Esta zona está ubicada aguas abajo del puerto de M'diq y se encuentra confinada hacia tierra por un paseo marítimo que no permite acumulación de arena a su base dado que es alcanzado por el oleaje durante las tormentas invernales. Una situación parecida se registra en P. 9 (Fig. 2), al Norte (aguas abajo) del puerto de Restinga-Smir. En estos casos la playa seca presenta una cierta pendiente hacia mar y no muestra ningún tipo de mesoformas. Mayor anchura de playa se observa aguas arriba de los puertos (por ejemplo aguas arriba del puerto de Restinga-Smiar, Fig. 2, P.8) o de estructuras naturales como la plataforma rocosa cerca de Restinga (Fig. 2, P. 11) y donde el litoral presenta los entrantes más grandes, relacionados con las desembocaduras de ríos que han favorecido un retranqueo del acantilado. En cuanto a morfología, en estos casos, se observa una playa seca muy amplia y plana (Fig. 2, P.17). En otros casos, las playas presentan grandes acumulaciones de arena que forman bermas de tormenta (Fig. 2, P.2, P.9 y P.11), de un metro de altura aproximadamente, ubicadas en la playa seca a una altura aproximada de 2 m por encima del nivel medio del mar.

En cuanto a la morfología y a la pendiente de las playas, hay que destacar que estas reflejaron claras condiciones de verano, con valores elevados de pendiente, entre 0.06 y 0.12 (Fig. 3, a), típicos de playas reflectivas (Wright y Short, 1984; Carter, 1988). La variación longitudinal de pendiente parece estar relacionada con las situaciones erosivas o acumulativas del litoral: mayores pendientes se asocian a condiciones acumulativas, por ejemplo aguas arriba del puerto de Kabila (Fig. 3, a, P.3), y viceversa.

En cuanto al índice de similitud de surf (Fig. 3, b), que predice el tipo de rompiente, presenta valores más o menos constantes que corresponden a rotura en voluta, de acuerdo a las observaciones de campo. Valores más próximos a roturas en derrame se observan en correspondencia de P. 6, debido a la

baja pendiente de esta zona, condicionada por la presencia de un pequeño dique.

En cuanto al parámetro de escala de rompiente (Fig. 3, c), éste presenta condiciones reflectivas, de acuerdo a los valores elevados de pendiente medidos en el campo. Un estado intermedio se registra en correspondencia con el P. 6, debido a la baja pendiente de esta zona que favorece un estado más disipativo.

Finalmente, el número de Dean (Fig. 3, d), estrictamente relacionado a las características sedimentarias, presenta valores típicos de playas reflectivas. Valores intermedios se registran en perfil 11 debido a la granulometría más fina que presenta el sedimento de esta zona.

**Conclusiones**

Se llevó a cabo un levantamiento topográfico de las playas entre Fnideq y M'diq, en el litoral mediterráneo marro-

quí. Las playas presentaron anchura, morfología y pendiente variable en función de los procesos que actúan en el litoral. Playas más estrechas se observaron aguas abajo de los puertos y de las salientes rocosas y viceversa. El uso de varios parámetros e índices morfodinámicos clásicos permitió clasificar las playas como reflectivas, con rompientes en voluta. Solamente en algunos casos se registraron valores intermedios relacionados a condiciones de contorno puntuales. Finalmente, los datos obtenidos confirman las observaciones de campo y permiten realizar una primera clasificación de las playas estudiadas.

**Agradecimientos**

Este trabajo es una contribución al proyecto de la Junta de Andalucía nº A/37 (2003-2004) y al proyecto marroquí PROTARS III D16/07 y una contribución al Grupo PAI RNM-328.

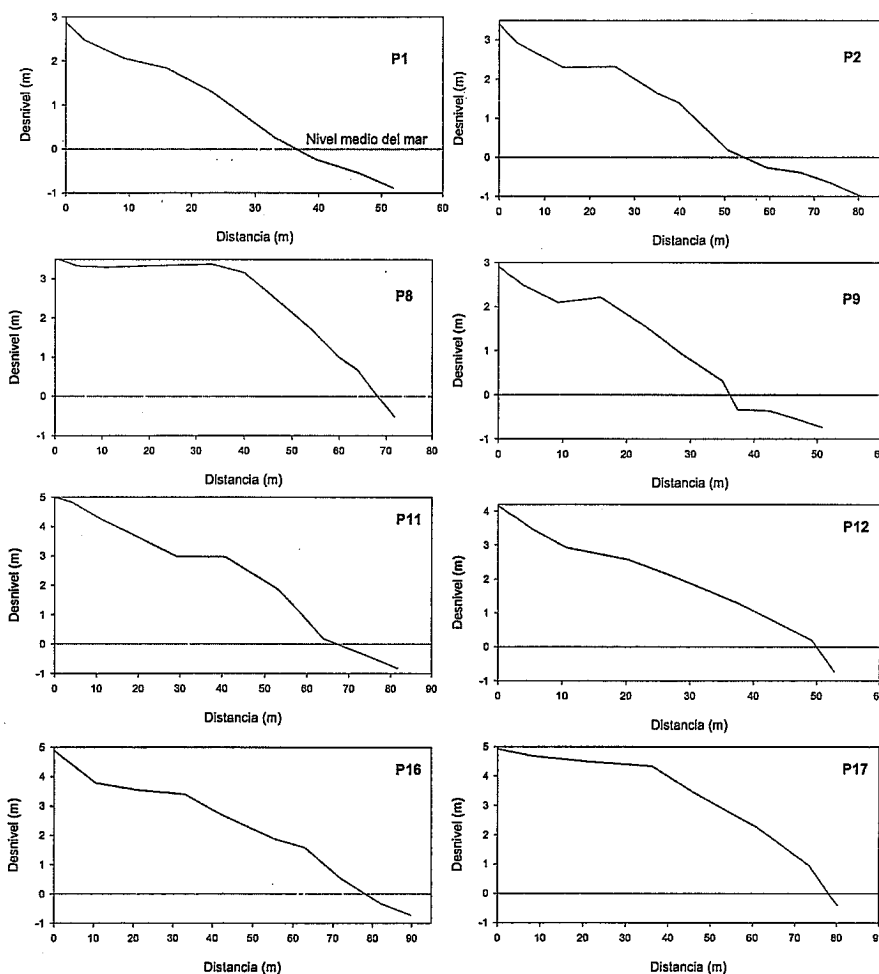
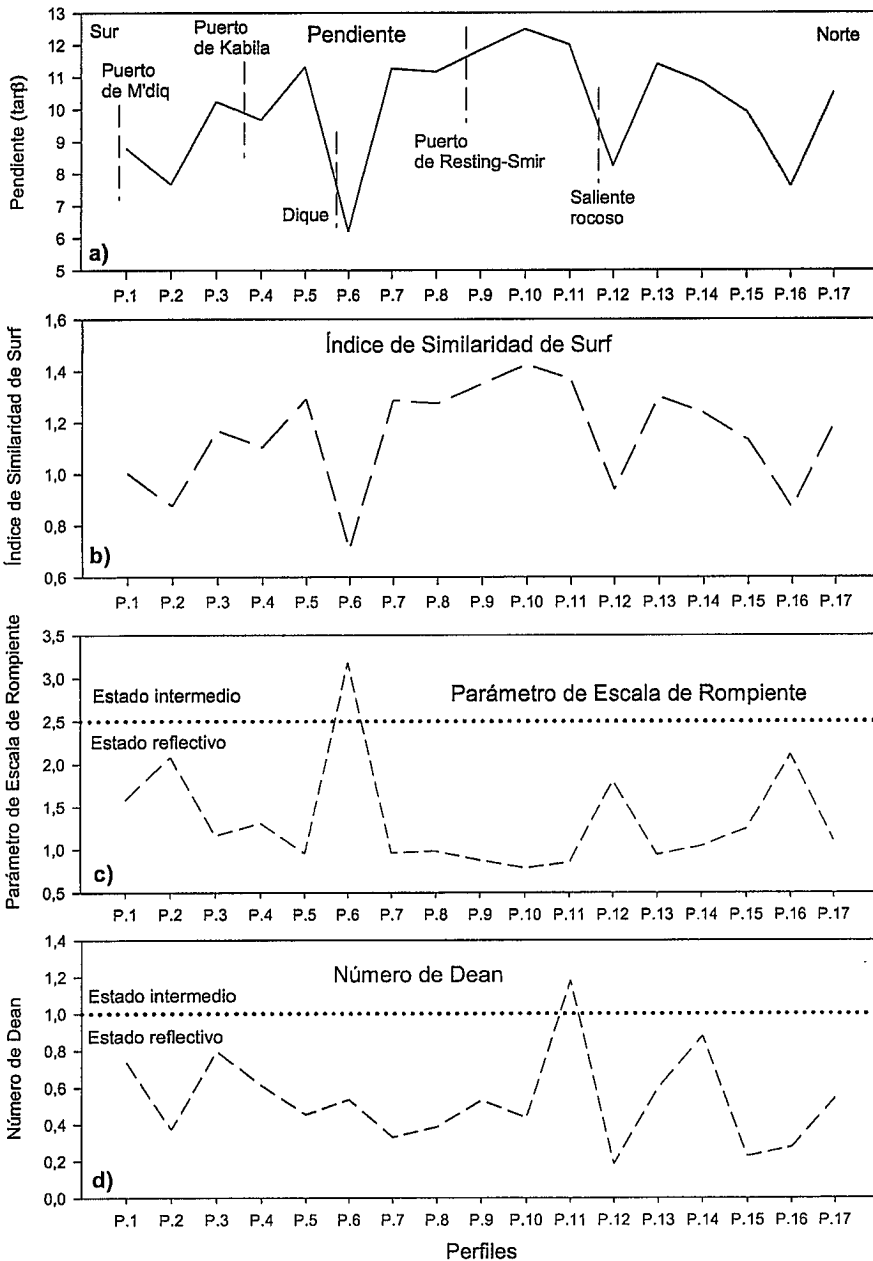


Fig. 2.- Ejemplos de perfiles realizados durante la campaña topográfica.

Fig. 2.- Examples of beach profiles carried out during the field surveys.



Referencias

Battjes, J.A. (1974). Proc. 14<sup>th</sup> Int. Conf. Coastal Eng. ASCE, 466 - 480.

Carter, R.W.G. (1988). Academic Press, 617 pp.

Dean, R.D. (1977). Ocean Eng. Rep., 12 Dep. Civ. Eng., Univ. Delaware, Newark Ed.

EL Moutchou B. (1995). Tesis Doctoral, Univ. Mohammed V, Rabat, 165 P. (inérita).

Folk, R.L. y Ward, W.C. (1957). Jour. Sedimentary Petrology, 27: 3 - 26.

Fredsoe, J. y Deigaard, R. (1992). *Advanced series on Ocean Engineering*, vol.3, World Scientific, 366 p.

Guza, R.T. y Inman, D.L. (1975). *Jour. Geophys. Res.*, 80 (21), 2997-3012.

Iribarren, C.R. y Nogales, C. (1949): Protection des ports, Section II. Comm. 4, XVII Int. Nav. Congress.Lisbona. 31-80.

L.P.E.E. (1987): *Mém. C.E.A. de Géologie*, Uni. Mohamed V, Fac. Sci. Rabat, 72 p.

Lakhdar Idrissi J., Zidane F., Orbi A., Hilmi K., Sarf F., Rhrbi N. (2001). Art. Rev. L'eau, L'industrie, les nuisances, N° 243, p 61-67.

Wright, L.D. y Short, A.D. (1984). *Marine Geology*, 56, 93-118.

Fig. 3.- Pendiente de la playa (a), Índice de Similitud de Surf (b), Parámetro de Escala de Rompiente (c) y número de Dean (d) a lo largo del litoral estudiado.

Fig. 3.- Beach slope (a), Surf Similarity (b) and Surf Scaling (c) and Dean number (d) along the study littoral.