

PROCESOS Y EFECTOS FISICOS EN PLAYAS

JESUS MARTINEZ MARTINEZ

1996

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. EDIFICIO DE CIENCIAS
BASICAS. BIBLIOTECA**



271934
301302

INDICE

Conocimiento, comprensión y seguimiento de los procesos físicos en las playas. En : REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL. Bienal (8ª. 1987. Pamplona) : I Reunión de Biología y ecología del suelo, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Navarra, Departamento de Educación y Cultura, Institución Príncipe de Viana, p. 427-432.

Diagramas de corrientes en playas. En : REVISTA de Obras Públicas, Madrid (1986), octubre, p. 767-781

Determinación de procesos litorales en playas de arena, según el contraste de los valores granulométricos. En : BOLETIN del Instituto Español de Oceanografía, Madrid 3 (1986), 3, p. 17-22.

Estabilidad-inestabilidad en los depósitos de arenas de las playas canarias : relaciones entre pendientes topográficas y granulométricas. En : BOLETIN del Instituto Español de Oceanografía, Madrid 3 (1986), 2, p. 87-96.

Playas de Gran Canaria (España) : los carbonatos de sus arenas. En : BOLETIN del Instituto Español de Oceanografía, Madrid 4 (1987), 2, p. 7-14.

Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arenas : métodos de investigación e interpretación, por J. Martínez ... [et al.]. En : REVISTA de Obras Públicas, Madrid (1987), julio-agosto, p. 469-483.

Accretion-erosion in the beaches of the Canary Islands (Spain). En : Edge, B. L., editor, COASTAL ENGINEERING CONFERENCE (21ª. 1988. Málaga) : proceedings, American Society of Civil Engineers, New York, vol.3 (1988), cap. 203, p. 2738-2752.

Storm erosion on a sandy beach, por Jesús Martínez, Ricardo Alvarez, Ignacio Alonso. En : Edge, B.L., editor, COASTAL ENGINEERING CONFERENCE (22ª. 1990. Delft, The Netherlands) : proceedings, American Society of Civil Engineers, New York, vol.3 (1990), p. 2580-2588.

Clasificación climática de las playas arenosas de Gran Canaria, por J. Martínez ... [et al.]. En : CONGRESO SOBRE OCEANOGRAFIA y RECURSOS MARINOS EN EL ATLANTICO CENTRO-ORIENTAL (1º. 1990. Gran Canaria), 25 p.

Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria) : aula abierta para la enseñanza de la dinámica sedimentaria en las playas, por J. Martínez, J.J. Castro. En : REVISTA de Geología, 2 (1988), p. 285-292.

Dinámica sedimentaria en la playa de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria), por J. Martínez ... [et al.]. En : REVISTA de Obras Públicas, Madrid, (1988), Febrero, p. 145-152.

Analysis of sedimentary processes on the Las Canteras Beach (Las Palmas, Spain) for its planning and management, por J. Martínez ... [et al.]. En : ENGINEERING GEOLOGY, Amsterdam, 29(1990), p. 377-386.

Cambios topográficos y sedimentológicos en las playas arenosas de El Inglés y Maspalomas (Gran Canaria-España), por J. Martínez, M.A. Cárdenes. En : REUNION SOBRE EL CUATERNARIO (7ª. 1987. Santander) : Actas, Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, p. 223-226.

La provincia morfodinámica de Morro Besudo-Faro de Maspalomas (Isla de Gran Canaria, España) : conocimiento y comprensión de sus procesos geomorfológicos y sedimentarios para la planificación y gestión de este litoral. En : REUNION NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA (1ª. 1990. Teruel), p. 351-363.

La evolución morfodinámica de la punta de La Bajeta, en la playa de Maspalomas (Isla de Gran Canaria, España), por J. Martínez, Marta Delia del Rosario y Miguel Cárdenes. En : R.S.E.H.N. Bienal (9ª. 1989. Sevilla) : Actas, p. 235-243.

La dinámica sedimentaria del litoral meridional de Gran Canaria (Islas Canarias-España), por J. Martínez, D. Casas. En : Miguel A. Losada, editor JORNADAS ESPAÑOLAS DE COSTAS Y PUERTOS (1ª. 1992. Universidad de Cantabria) : Libro de ponencias, p. 218-242.

Cuantificación e interpretación de los procesos de acreción - erosión, en la playa arenosa de El Hombre (Gran Canaria - España), por J. Martínez ... [et al.]. En : REUNION SOBRE EL CUATERNARIO (7ª. 1987. Santander) : Actas, Asociación Española para el Estudio del Cuaternario, p. 227-230.

Clasificación climática de las playas de la Isla de Margarita (Estado Nueva Esparta, Venezuela), desde una perspectiva de planificación y manejo del territorio litoral. En : JORNADAS ESPAÑOLAS DE COSTAS Y PUERTOS (11ª. 1993. Gijón), 30 p.

Primera aproximación a la morfodinámica de la playa de El Peñón (Estado Sucre, Venezuela), por J. A. Gómez, ... [et al.]. En : SCIENTIA : revista de investigación de la Universidad de Panamá, 7(1992), 2, p. 55-63.

Estudio morfodinámico de un litoral para la ordenación, planificación y manejo del mismo : el caso del litoral del Estado Aragua (Venezuela), por J. Martínez, D. Casas. En : José Chacón Montero, Clemente Irigaray Fernández, CONGRESO NACIONAL Y CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENACION DEL TERRITORIO (6ª. 1996. Universidad de Granada) : vol. 3, p. 375-393.

PROCESOS Y EFECTOS FISICOS EN PLAYAS.

VIII Bienal
DE LA
REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA
DE
HISTORIA NATURAL



I REUNION DE BIOLOGIA Y ECOLOGIA DEL SUELO

A C T A S

PAMPLONA, 21 - 24 Septiembre de 1987

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Universidad de Navarra

E 31080 Pamplona

GOBIERNO DE NAVARRA

Departamento de Educación y Cultura

Institución Príncipe de Viana

PAMPLONA

CONOCIMIENTO, COMPRENSION Y SEGUIMIENTO DE LOS PROCESOS FISICOS EN LAS PLAYAS.

J. Martínez. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Politécnica de Canarias. Apartado 550. Las Palmas.

PALABRAS CLAVE : Ecosistema litoral, Gestión de playas, Procesos físicos en playas, Morfología de las playas.

RESUMEN

Se formula una metodología sistematizada para el estudio de los procesos físicos en playas arenosas.

Los procesos físicos se enmarcan dentro de una estructura conductora.

En esta metodología, se consideran los siguientes aspectos:

- características sedimentológicas,
- evolución morfodinámica de los ambientes en cuestión,
- y clasificación genética, según supuestos morfológicos.

INTRODUCCION

De acuerdo con INMAN y BRUSH (1973), ENRIQUEZ y BERENGUER (1985), SUAREZ BORES (1986) y LOSADA (1986), entre otros muchos, la investigación en el litoral se debe ajustar a un "modelo de interdependencias", lo que se consigue con el concepto de ecosistema. Sin perder esta perspectiva, se pueden desarrollar, por otra parte, sub-líneas de investigación, según sus propias "estructuras conductoras".

El conocimiento, comprensión y seguimiento de los procesos físicos en el litoral tienen, como estructura conductora, una clasificación de costas, siempre que mantenga el esquema:

erosión → transporte → depósito

La anterior estructura encierra, a su vez, dos sub-estructu

ras básicas:

- a) La geomorfología del litoral, a partir de los procesos de erosión.
- b) Y la clasificación genética de las playas, en su doble aspecto (morfológico y morfodinámico), como respuesta al transporte y depósito de los sedimentos.

En esta última, se sustenta la metodología que se describe.

PAUTAS DE LA INVESTIGACION Y PRIMERAS CONCLUSIONES

La investigación se inicia con el planteamiento y realización de campañas de campo. En estas:

- 1.- Se hace la descripción geológica y fisiográfica de los entornos.
- 2.- Se dibujan croquis. En estos se fijan puntos de referencia y se diseñan radiales y puntos de muestreo, en los que periódicamente se levantan perfiles topográficos y se toman muestras de arenas.
- 3.- Y se identifican, clasifican y denominan las formas menores (las estructuras sedimentarias). Los cusps juegan un papel importante en la deducción empírica de la componente disipativa o reflectiva del oleaje, es decir, de las características hidrodinámicas sobre las playas, en un momento dado.

La hidrodinámica sobre las playas abarca:

- 1.- La refracción, difracción y rotura de las olas.
- 2.- Y las ondas de resaca y las oscilaciones atrapadas.

En relación con esta hidrodinámica, WRIGHT y SHORT (1979, 83 y 85) describen esquemas morfodinámicos de las playas, entre dos estadios extremos:

- 1.- Playas disipativas (máxima erosión).
- 2.- Y playas reflectantes (máxima acreción).

Las playas están constituidas por materiales sueltos, de determinados valores granulométricos y naturalezas. De ahí que se estudien las muestras de arenas, previamente tratadas, mediante técnicas:

- a) texturales,
- b) de identificaciones mineralógicas
- c) y calcimétricas.

En algunas playas, la inmadurez, o madurez, de sus arenas, en el concepto de FLOR (1977), en base a como se distribuyen los contenidos de carbonatos, en las distintas fracciones granulométricas de las muestras totales, está en dependencia con un sistema sedimentario abierto, o cerrado (en equilibrio dinámico, o estático, según la terminología clásica).

Los materiales sueltos de las playas están sometidos a una dinámica de "ganancias y pérdidas", como esquematiza MUSLIN - (1984). Esta dinámica se infiere e interpreta con los análisis, en alzado y en planta, de las playas.

El análisis en alzado comprende:

- 1.- Observaciones granulométricas.
- 2.- La identificación e interpretación de las relaciones entre valores granulométricos de las arenas, energías y pendientes, de acuerdo con BASCOM (1951), KOMAR (1976), SUNAMURA (1984) y MARTINEZ (1986 a).
- 3.- Las variaciones estacionales y accidentales de los perfiles.
- 4.- La clasificación geométrica de las playas.
- 5.- Y la formulación de modelos matemáticos.

El análisis en planta de una playa considera:

- 1.- Los movimientos topográficos a lo largo y ancho

de la playa. A partir de estos movimientos, se deducen y cuantifican los procesos de acreción y erosión.

- 2.- Las condiciones de equilibrio en los depósitos sedimentarios.
- 3.- El sistema general circulatorio y los diagramas de transporte:
 - tanto por incidencia oblicua, o paralela, del oleaje (PETHICK, 1984),
 - como por el gradiente de sobreelevación del agua en el estrán (MARTINEZ, 1986 b).
- 4.- La distribución granulométrica, mineral y de los carbonatos a lo largo de la playa.
- 5.- Las singularidades geométricas, dinámicas, máxicas y climáticas.
- 6.- Las formas simples de depósito.
- 7.- La composición de singularidades.
- 8.- Las formas múltiples y compuestas de depósito.
- 9.- Y la formulación de modelos matemáticos.

La configuración en planta de las playas y la hidrodinámica condicionan y caracterizan el sistema general circulatorio y, en consecuencia, los diagramas de transporte, con sus implicaciones en la dinámica de los procesos sedimentarios.

En el dominio de un estrán arenoso, con técnicas apropiadas, y en relación con análisis en alzado y en planta, las numerosas observaciones que se obtienen permiten deducir e interpretar, satisfactoriamente, los aspectos más internos de las evoluciones morfodinámicas.

Con estos dos tipos de análisis, SUAREZ BORES (1980) diseña una clasificación morfológica de las playas, de amplia aceptación y utilidad en la gestión del litoral. En ella se describen distintas modalidades de ambientes sedimentarios, desde las formas simples a las múltiples y compuestas.

AGRADECIMIENTOS

Muy provechosas han sido las discusiones con el profesor Dr.

D. Pedro Suárez Bores, Catedrático de Puertos, en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Madrid, y las sugerencias del profesor Dr. D. Miguel Angel Losada Rodríguez, Catedrático de Puertos en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Cantabria.

BIBLIOGRAFIA

- Bascom,W.N. 1951. The relationship between sand size and beach-face slope. Am. geophys. union trans., 32 (6): 866-874.
- Enriquez,F.; Berenguer,J. 1985. Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costas. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 98 pp. Madrid.
- Flor,G. 1977. Los carbonatos biogénicos en los depósitos arenosos de las playas del litoral asturiano. Breviora Geol.-Astúrica, 4: 51-62.
- Inman,D.; Brush,B. 1973. The coastal challenge. Science, 181: -20-32.
- Komar,P.D. 1976. Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall, 429 pp. New Jersey.
- Losada,M. 1986 (Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria). Comunicación personal.
- Martínez,J. 1986 a. Estabilidad-inestabilidad en los depósitos de arenas de las playas canarias: Relaciones entre pendientes topográficas y granulometrías. Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 3 (2): 87-96.
- Martínez,J. 1986 b. Los diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas, nº de octubre (1986): 767-781.
- Muslin,D. 1984. Comprehensive study of the coast of California. Shore and Beach, 52 (2): 31-35.

- Pethick, J. 1984. An Introduction to Coastal Geomorphology. Edward Arnold, 260 pp. London.
- Short, A. 1979. Three dimensional beach stage model. J. Geol., - 87: 553-571.
- Short, A. 1985. Rip-Current type, spacing and persistence, Narra-
been Beach, Australia. Marine Geology., 65: 47-71.
- Suárez Bores, P. 1980. Formas Costeras. Servicio de Publicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, -
Canales y Puertos (Universidad Politécnica), 160 pp. Madrid.
- Suárez Bores, P. 1986. (Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid). Comunicación personal.
- Sunamura, T. 1984. Quantitative predictions of beach-faces slopes. Geol. Soc. Am. Bull., 95: 242-245.
- Wright, L.; Short, A. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia In: P.D. Komar (Editor), CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion. CRC. Press, 429 pp. - Boca Raton, Fla.: 35-64.

Diagramas de corrientes en playas (*)

Por JESUS MARTINEZ

Doctor en Ciencias Geológicas
Centro Universitario Superior de Ciencias del Mar.
Las Palmas. España.

Hay una estrecha relación entre la dinámica oceanográfica y los procesos sedimentarios. Por ello resulta imprescindible el estudio de las corrientes en playas, para comprender las peculiaridades y cambios en determinados depósitos costeros (en los depósitos de arenas).

Una vez definidas las corrientes de playa (onshore currents), inducidas principalmente por el oleaje, se clasifican y denominan y se describen sus rasgos más característicos, además de analizar las causas que las motivan.

Entre la zona de rompientes y la orilla, se establecen, aparte de rip currents, tres tipos de corrientes: inshore currents, offshore currents y longshore currents.

Se justifica y desarrolla una metodología, en función de la distribución del parámetro granulométrico Q_2 , para identificar las anteriores corrientes.

De acuerdo con las longshore currents y las dependencias de las mismas, sobre todo con el régimen de oleaje direccional, se propone una clasificación y nomenclatura de diagramas de corrientes en playas.

Con el seguimiento sistemático de una serie de playas grancanarias, durante ciclos anuales, se obtienen estimaciones de balances sedimentarios y medidas de valores granulométricos, que permiten el diseño de diagramas de corrientes en playas. Estos diagramas y sus evoluciones, se interpretan según el esquema propuesto.

INTERES DEL ESTUDIO DE LAS CORRIENTES EN PLAYAS

Existe una estrecha relación entre la dinámica oceanográfica y los procesos de sedimentación. Para Del Moral (1980), las corrientes son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros. Las evoluciones de los depósitos serán las respuestas de las fluctuaciones energéticas de esas corrientes. De ahí la necesidad de abordar el análisis de las corrientes, y el diseño de sus modelos, en las playas, para comprender los cambios en los depósitos de sedimentos en el litoral.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de enero de 1987.

CONCEPTO DE CORRIENTES. LOS DIAGRAMAS DE CORRIENTES, INDUCIDAS POR EL OLAJE, EN LAS PLAYAS

Del Moral (1980) define a las corrientes como «movimientos, generalmente no periódicos, de masas de agua del mar, que pueden tener lugar en distintas capas a diferentes profundidades o bien entre ellas».

Los parámetros principales que miden las características de una corriente son:

- El sentido, que indica el lugar hacia donde se dirige.
- La deriva o velocidad diaria.

En una playa, entre la zona de rompientes y la orilla, se forman un conjunto de corrientes,

principalmente inducidas por el oleaje. Un diagrama de corrientes consiste en una representación gráfica de las mismas, para unas circunstancias determinadas.

CLASIFICACION Y NOMENCLATURA DE LAS CORRIENTES DE PLAYA

Se entiende por corrientes de playa (onshore currents) las inducidas por el oleaje, en o una vez rebasada la zona de rompientes. Estas se clasifican en:

- Inshore currents.
- Offshore currents.
- Longshore currents.

Las corrientes tipo «inshore currents» definen el movimiento del agua, desde la zona de rompientes a la orilla (proto-corrientes de aproximación).

Las corrientes tipo «offshore currents» (resaca) corresponden al flujo difuso de retorno del agua, desde la orilla a la zona de rompientes, según la línea de máxima pendiente del estrán, próximo al fondo y a lo largo de casi toda la longitud de la playa. El movimiento desaparece en la zona de rompientes. Están motivadas por la necesidad de evacuación del volumen del agua sobrante, que ha sido empujado y acumulado contra la orilla.

Las longshore currents (corrientes laterales) son aquéllas que desplazan una masa de agua de mar canalizada, entre la zona de rompientes y la orilla. Para Del Moral (1980), los principales transportes de sedimentos en las playas se deben a estas corrientes.

Un caso particular de longshore currents sería la corriente condicionada por singularidades dinámicas. Entonces recibe el nombre de «shelter current», de acuerdo con Bores (1978).

Las longshore currents adquieren el calificativo de alimentadoras (feeder currents), si aportan materiales a las rip currents. Ejemplo: feeder longshore currents

Las causas de las longshore currents están:

1. En los gradientes de sobreelevación del nivel del mar, que se crean en la zona de rompientes (surf o break zone) y entre ésta y la orilla (trough).

La sobreelevación del nivel del mar representa la transformación de parte de la energía cinética en energía potencial, en los procesos de rotura de las olas (Bores, 1978).

Aunque estas corrientes tienen componentes de formación a lo largo de todo su recorrido, se inician en zonas puntuales de la playa, en los puntos más altos que definen los gradientes de sobreelevación.

Las longshore currents por sobreelevación, y el transporte de sedimentos por las mismas, se encuentran descritas, entre otros, por Shepard (1967), Bores (1974-1978), Del Moral (1980) y Rice (1983). Para Bores (1978) la magnitud del transporte depende del gradiente de sobreelevación, de la granulometría y de las características geométricas de la playa:

$$Q_s = Q (V_s, l, i, \varnothing, D)$$

siendo:

- V_s = Gradiente de sobreelevación.
- l = Anchura de la playa.
- i = Pendiente de la playa.
- \varnothing = Diámetro predominante de los sedimentos.
- D = Parámetro morfológico del fondo sedimentario.

2. En la integración de proto-corrientes en zig-zag, por las roturas de las olas: avances según la dirección de la incidencia (inshore currents), y retrocesos según la dirección de la máxima pendiente del estrán (offshore currents). La figura 1 describe este proceso.

La integración de las proto-corrientes sería

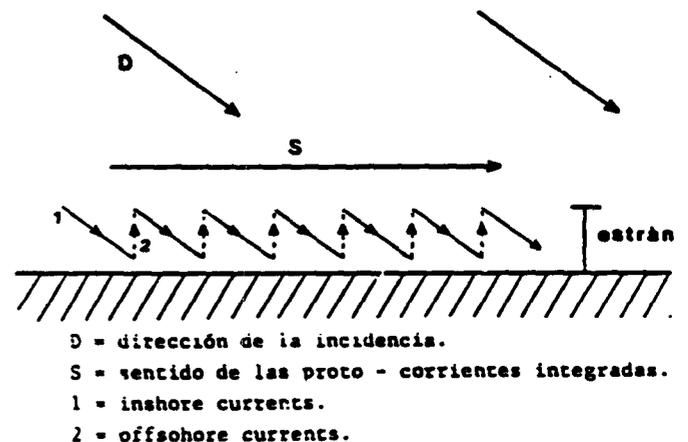
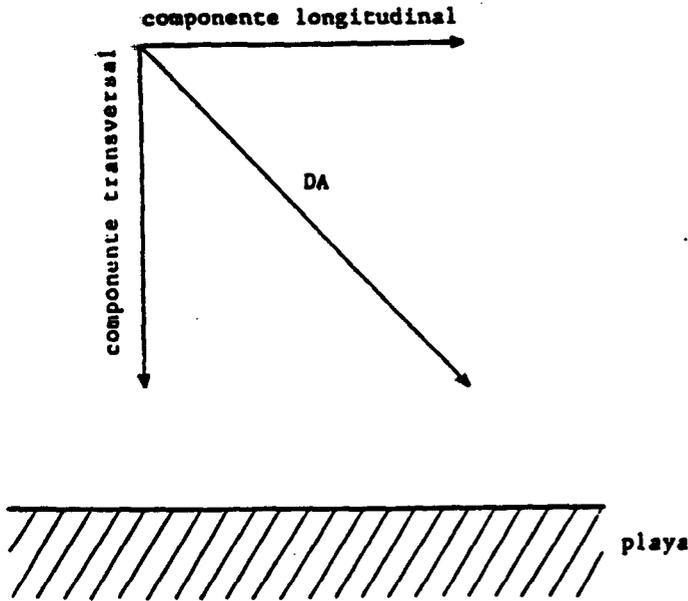


Figura 1.—Longshore currents por integración de proto-corrientes en zig-zag.



DA = dirección de aproximación del oleaje

Figura 2.—Componentes de la dirección de aproximación del oleaje.

una respuesta a la componente longitudinal de la dirección de aproximación del oleaje (Fig. 2).

Hay una serie de fórmulas empíricas para evaluar la velocidad de las corrientes laterales en las playas. Esta velocidad depende básicamente del oleaje (altura y período de la ola y ángulo de incidencia), aunque intervienen otras variables, como es la pendiente de la playa. De todas las fórmulas, una de las más conocidas se debe a Inman (1952), que toma la expresión:

$$V = \left[\left(\frac{i}{4x^2} + y \right)^{0.5} - \frac{1}{2x} \right]^2 \quad [1]$$

en donde:

- V = velocidad de la corriente (pies/seg.).
- x = distancia al fondo, y.
- y = $C_b - \text{Sen } a$.

siendo:

- $C_b = \text{velocidad de la ola rota (pies/seg)} = \sqrt{2.28 g H_b}$.
- $H_b = \text{altura de la ola en rotura (pies)}$.
- $a = \text{ángulo entre la línea de rotura y la orilla}$

Se demuestra que la velocidad no se mantiene constante a lo ancho del estrán, sino que

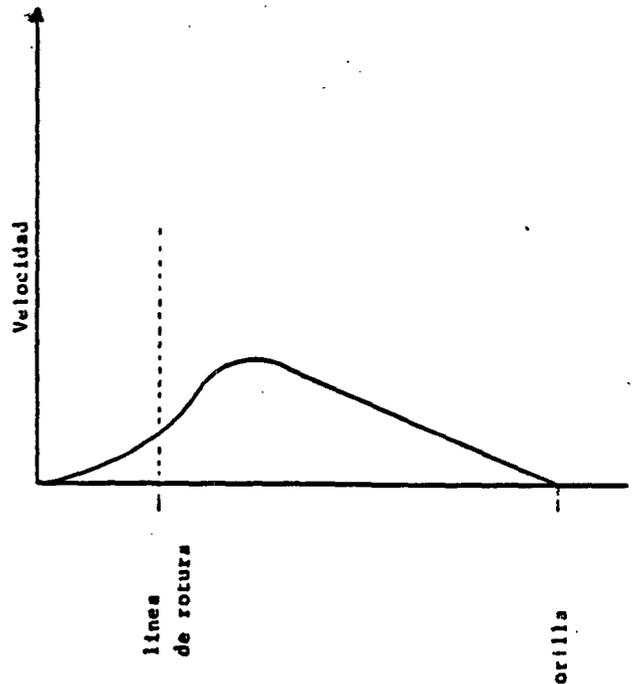


Figura 3.—Distribución de las velocidades de las corrientes laterales en playas, recogida por Del Moral (1980).

decrece hacia la orilla, después de alcanzar un máximo en las proximidades de la línea de rotura, de acuerdo con la figura 3, recogida por Del Moral (1980).

Por otra parte,

$$V = (108,3 H_b \cdot i \cos a) / T \quad [2]$$

en donde:

- i = tangente de la pendiente de la playa.
- T = período del oleaje.

Si se igualan las ecuaciones [1] y [2], se obtiene que:

$$(108,3 H_b \cdot i \cos a) / T = \left[\left(\frac{1}{4x^2} + y \right)^{0.5} - \frac{1}{2x} \right]^2 \quad [3]$$

En general, una playa de arena forma un sistema dinámico, que tiende a un equilibrio, entre la energía del oleaje, la pendiente topográfica y los valores granulométricos. Las energías del oleaje condicionan, por otro lado, las energías de las corrientes que se desarrollan en una playa.

El anterior equilibrio se define en ecuaciones muy elaboradas, algunas de las cuales están re-

logadas por Sunamura (1984):

$$\text{tag } a = \frac{0,013}{(H_b / g^{0,5} D^{0,5} T)^2} + 0,15 \text{ (con datos de laboratorio)}$$

$$\text{tag } a = \frac{0,12}{(H_b / g^{0,5} D^{0,5} T)^{0,5}} \text{ (con datos de campo)}$$

y

$$\text{tag } a = 0,25 \left(\frac{D}{H_o} \right)^{0,25} \left(\frac{H_o}{L_c} \right)^{-0,15}$$

en donde:

- H_o = Altura del oleaje en alta mar.
- H_b = Altura del oleaje en la rompiente.
- L_o = Longitud del oleaje en alta mar.
- T = Período del oleaje.
- D = Tamaño de grano del sedimento.
- g = Aceleración de la gravedad.
- a = Pendiente de la playa.

De acuerdo con criterios de sobre elevación, y si se considera, además, los impulsos del la componente longitudinal de la dirección de aproximación del oleaje, los inicios y sentidos de las longshore currents permiten describir distintos modelos de diagramas de corrientes en playas:

a) En una playa rectilínea, sin singularidades dinámicas.

Si un fondo somero tiene una topografía de valles y umbrales, las olas suelen presentar frentes sinuosos. Sobre los umbrales, los frentes del oleaje forman sinuosidades cóncavas hacia tierra, al quedar las olas frenadas. En esas circunstancias, se dan convergencias en las direcciones de aproximación (energías), que determinan incrementos en las alturas de las olas, con unas consecuentes mayores sobre elevaciones en las zonas de rompientes y en el trough, y en relación con los sectores de playa colindantes. Los gradientes de sobre elevación del nivel del mar favorecen, desde los puntos más altos, el inicio de las corrientes laterales de playa.

En estas playas, una alternativa de longshore currents, por umbrales y valles del fondo somero, sería el desarrollo de una única longshore

currents (de sentido constante), inducida fundamentalmente por la componente longitudinal de la dirección de aproximación del oleaje. La corriente se encontraría fragmentada por rip currents (reales o potenciales) o por proto rip currents.

b) En una playa en caleta, con el eje oblicuo a la dirección de aproximación del oleaje, y sin singularidades dinámicas.

1. En el margen abierto a la dirección de aproximación del oleaje, las olas tienen más energías (alturas), que en el resto de la playa, en donde estarían refractadas, con las consecuentes pérdidas de energías. Con ello, se establece un gradiente de sobre elevación, que favorece el inicio de corrientes laterales de playa hacia el margen protegido.

2. En el margen resguardado, también sería factible el inicio de corrientes laterales, cuando concurren dos circunstancias básicas:

- Que se den depósitos submareales protegidos (Flor, 1978), que pueden llegar hasta la zona del estrán. Estos depósitos actúan de umbral, lo que a su vez implica una convergencia de las direcciones de aproximación de las olas.
- Que las olas refractadas conserven las suficientes energías para crear, sobre el umbral, una mayor sobre elevación respecto a la zona colindante subcentral (que haya otro gradiente de sobre elevación).

3. Si la dirección de aproximación del oleaje es, más o menos, paralela a la orientación de uno de los márgenes de la caleta, cabe la posibilidad de que se desarrolle una corriente lateral, de un solo sentido, fragmentada o no, a lo largo de la orilla.

c) En una playa en caleta, con eje paralelo a la dirección del oleaje, y sin singularidades dinámicas.

Mientras la zona central de la playa está abatida por olas sin refractar, los márgenes reciben olas relativamente refractadas (menos energéticas). Así se crea un gradiente positivo de sobre elevación respecto a los márgenes, hacia donde se dirigen corrientes laterales.

DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN PLAYAS

Por otro lado, los márgenes, al tener unos abatimientos menos energéticos, pueden permitir el desarrollo de depósitos submareales protegidos, que actúan de umbrales. Si sobre esos umbrales llega un oleaje suficientemente energético, se produce aquí mayores sobreelevaciones que en los sectores subcentrales colindantes. Esto determina nuevos gradientes de sobreelevación y, con ello, la posibilidad de que se formen otras corrientes laterales, desde esos márgenes hacia los sectores subcentrales.

Este último modelo podría estar relacionado con las células cerradas de circulación de corrientes, en la zona de rompientes, para los ca-

sos de incidencia casi normal del oleaje. Estas células han sido investigadas por Sonu (1972) y Nakamura (1976).

d) En una playa con singularidades dinámicas.

Las corrientes laterales se inician y condicionan por las singularidades dinámicas presentes en la playa, de origen morfológico o por obras marítimas (Bores, 1978).

Como se ha visto, las corrientes de playa vienen condicionadas por la intensidad y dirección de las olas (Tejedor, 1977). Luego resulta lógi-

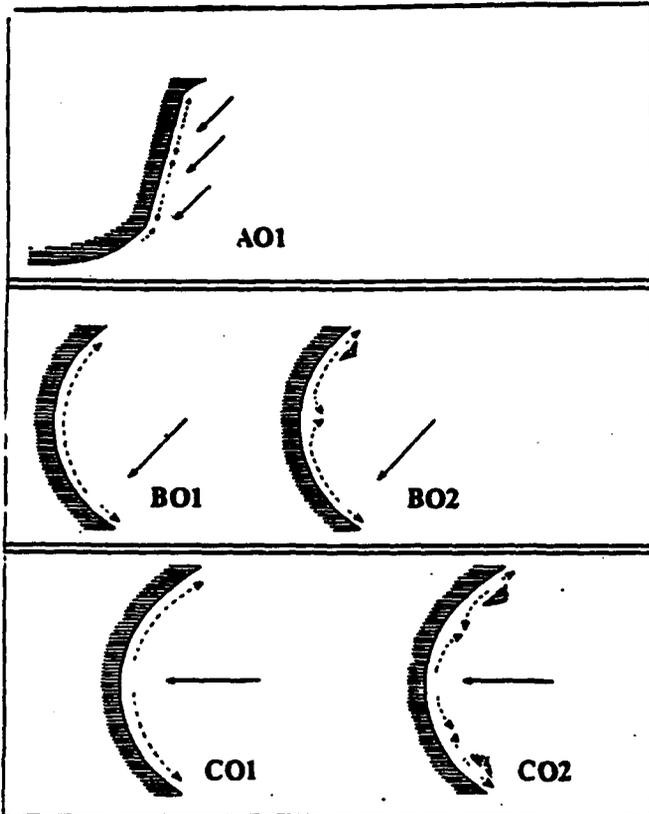
CUADRO 1

PROPUESTA DE CLASIFICACION Y NOMENCLATURA PARA UN SISTEMA DE MODELOS DE DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN FUNCION DE LONGSHORE CURRENTS

TIPO	Morfología de la playa y orientación de ésta respecto al oleaje	SUBTIPO	Singularidades dinámicas	CLASE	CARACTERISTICAS	Simbología de la playa
A	Rectilínea	0	Ausentes	1	Longshore currents por umbrales y valles del fondo.	A01
				2	Incidencia oblicua del oleaje. Longshore current fragmentada y de sentido constante.	A02
		d	Presentes		De acuerdo con las singularidades dinámicas.	Ad
B	En caleta, con eje oblicuo a la dirección de aproximación del oleaje	0	Ausentes	1	Desarrollo de una sola corriente lateral, desde el margen enfrentado al oleaje.	B01
				2	Dos corrientes laterales: una desde el margen enfrentado al oleaje y otra desde el margen resguardado.	B01
				3	Dirección de aproximación del oleaje paralela a uno de los márgenes. Longshore current, fragmentada o no, a lo largo de la orilla y hacia el margen no paralelo.	B03
		d	Presentes		De acuerdo con las singularidades dinámicas.	Bd
C	En caleta, con eje paralelo a la dirección de aproximación del oleaje.	0	Ausentes	1	Sin efecto umbral en los márgenes. Dos longshore currents desde la zona central.	C01
				2	Con efecto umbral en los márgenes. Inicio de longshore currents desde la zona central y desde los márgenes.	C02
		d	Presentes		De acuerdo con las singularidades dinámicas.	Cd

CUADRO 2

ESQUEMAS PARA LA CLASIFICACION Y NOMENCLATURA DE LOS DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN PLAYAS SIN SINGULARIDADES DINAMICAS



co que el régimen de oleaje direccional, es decir, la función de distribución (probabilidad de presentación/altura de las olas significantes en una cierta dirección) sea uno de los factores decisivos en la configuración geomorfológica (entiéndase la distribución de sedimentos) de la playa.

A partir de las longshore currents, se propone una clasificación y nomenclatura para los modelos de diagramas de corrientes en playas (Cuadros 1 y 2).

Diseños de diagramas de corrientes en playas, con distribuciones de longshore currents, análogas a las descritas, abundan en la bibliografía. Sirvan de ejemplos las siguientes referencias recientes:

1. Short (1985) para los modelos A01, A02, B02, B03.
2. U.S. Army (1950) para el modelo A01.
3. Dubois (1985) para el modelo A01.

4. Sonu (1972) y Nakamura y otros (1976) para el modelo C02.
5. Bores (1978) para los diagramas condicionados por singularidades dinámicas.

Las rip currents

Las rip currents (corrientes de retorno) son unas corrientes perpendiculares a la costa, hacia mar adentro, que atraviesan la zona de rompientes, si es que no surgen aquí. Tienen unas características peculiares que, de acuerdo con las ideas del Department of the Army (1950) de Mackenzie (1958), de Shepard (1967) y de Del Moral (1980), se resumen de la siguiente manera:

1. Están motivadas, en general, por la necesidad de evacuación del exceso de agua del mar, que se acumula contra la costa.

2. Morfológicamente consisten en corrientes «en chorro concentrado» muy bien definidos, que terminan en expansiones. El penacho de dissipación se denomina «cabeza de la corriente».

3. La formación y espaciado de las rip currents dependen de condicionantes topográficos, geomorfológicos, sedimentológicos y de oceanografía física:

- a) Topográficamente se forman en algunos puntos bajos de la costa.
- b) En las bahías normalmente se desarrollan en el centro de las mismas, siempre que haya unas condiciones físicas adecuadas.
- c) En playas rectilíneas de arena, el espaciado de las corrientes dependerá del estado del mar: Con las olas de tormenta se producen escasas corrientes, pero muy potentes, mientras que con olas más pequeñas, se originan numerosas corrientes, pero poco potentes.

4. En las playas, las corrientes de retorno se extienden desde la superficie al fondo, pero mar adentro sólo llegan a ser corrientes superficiales.

5. Inicialmente fluyen a lo largo de canales labrados por las mismas corrientes. A veces, los lados son muy abruptos. En bajamar, en la zona intermareal arenosa y en algunas circunstancias, se observan estos canales.

6. Las corrientes pueden alcanzar longitudes extremas de varios kilómetros. Las anchuras son variables (en decenas de metros) y se miden velocidades de hasta 2 ó 3 m/seg. Estas magnitudes dependen de los condicionantes de las corrientes.

7. Con frecuencia resulta fácil reconocer una rip currents, si tiene lugar en una playa arenosa. Por lo general, sobre la corriente, las olas no rompen tan activamente como en sus alrededores, debido a la mayor profundidad del agua. Por otra parte, pequeñas olas de corto período pueden romper más lejos. Además, las corrientes ponen en suspensión sedimentos, con los que se forman aguas turbias que se extienden a lo largo del curso de la corriente, en contraste con el agua más limpia a ambos lados.

Corrientes parecidas a las de retorno se localizan en inlets y a lo largo de los canales, que fragmentan a barras enfrentadas a la costa (corrientes de desagüe).

Las corrientes de retorno se clasifican, según Short (1985) en:

- a) Rip currents de erosión.
- b) Rip currents de acreción.

Las corrientes tipo «rip currents de erosión» son las que acompañan a los procesos de erosión de una playa.

Constituyen el principal mecanismo para el transporte de los sedimentos mar adentro (en condiciones extremas pueden depositarlos a más de un kilómetro).

Estas corrientes se inician en pleameres. Se encuentran ampliamente espaciadas en las playas. Se incrementan en tamaño e intensidad, aunque disminuyen en número, con el crecimiento de las olas. Sus persistencias, tanto en el espacio como en el tiempo, resultan altamente variables. Mantienen sus localizaciones solamente desde unas horas a un día, excepto cuando están controladas topográficamente. Desaparecen cuando la playa ha alcanzado una situación completa de erosión (playa disipativa en grado extremo).

Casos particulares de rip currents de erosión son las corrientes denominadas «mega rip currents de erosión». Se trata de corrientes a gran

escala, de más de un kilómetro de longitud, controladas topográficamente. Se encuentran alimentadas por longshore currents. Se relacionan con playas en situaciones completamente disipativas.

Las corrientes tipo «rip currents de acreción» se definen como aquéllas que acompañan normalmente a los procesos de acreción, en playas que suelen desarrollar barras.

Con frecuencia, estas corrientes siguen, en el tiempo, a las de erosión, y son más estrechas y menos intensas que aquéllas. Pueden quedar encajonadas con el crecimiento topográfico de la playa. Prevalecen relativamente, tanto en el espacio como en el tiempo, durante condiciones de olas estables o de decaimiento energético. Si se prolongan las condiciones favorables de un oleaje, las corrientes mantienen sus localizaciones desde varios días a semanas. Desaparecen en la marea baja, cuando sus canales se colmatan. Durante marea alta y con temporales, los rips currents se destruyen.

METODOLOGIA PARA LA IDENTIFICACION DE DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN PLAYA

Los valores granulométricos de muestra de arenas, de la zona intermareal, sirven de criterio para identificar corrientes, paralelas a la orilla y sus sentidos, que coinciden con los de las progresivas caídas de la velocidad.

Según el diagrama de Hjulström (1935), una progresiva disminución de velocidad en una corriente, implica un transporte y deposición de sedimentos, con diámetros cada vez más pequeños, en el sentido de avance.

Para aplicar el método, se precisa diseñar radiales en las playas en seguimiento, programar campañas de campo que coincidan con situaciones de bajamar y muestrear en puntos medios intermareales, en los radiales previamente diseñados. Además, se debe tener presente las características del oleaje, antes y en el momento de la toma de muestras.

Las muestras de arenas se obtienen introduciendo, en los puntos de muestreo, un tubo de plástico muy endurecido (o un tubo de acero),

DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN PLAYAS

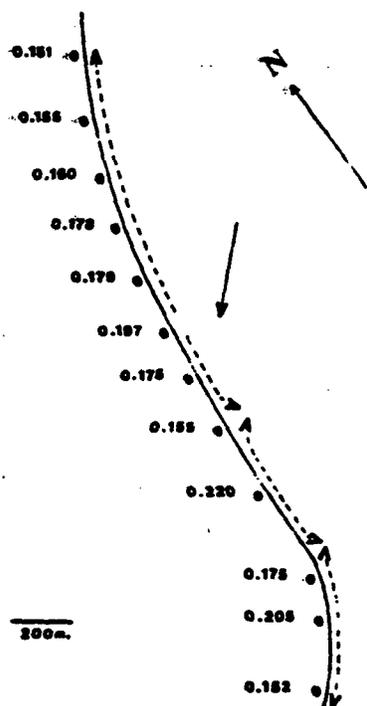


Figura 4.—Playa de El Inglés (S. Bartolomé). 9/3/85. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

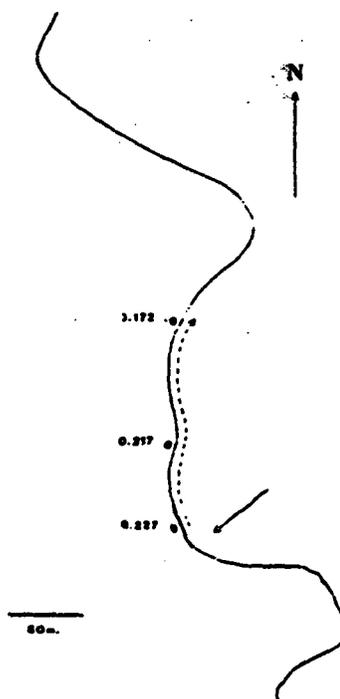


Figura 6.—Meleanra (Telde). Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

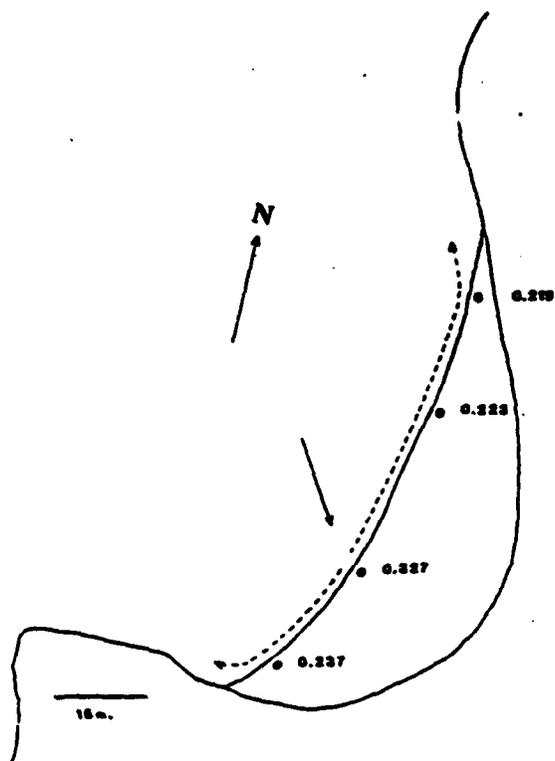


Figura 5.—Sardina del Norte (Gáldar). Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

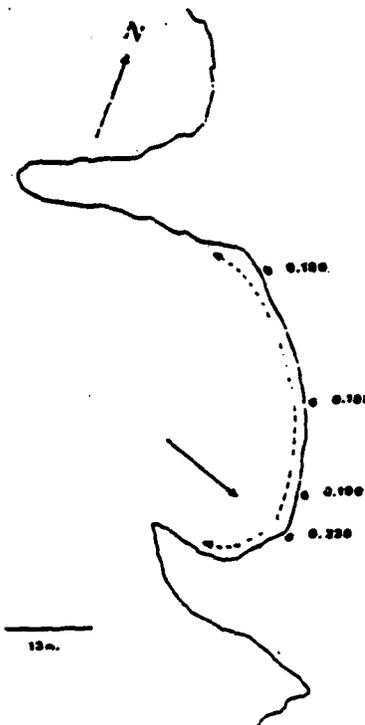


Figura 7.—El Portillo (Arucas). 24/3/84. Temporales del noroeste. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN PLAYAS

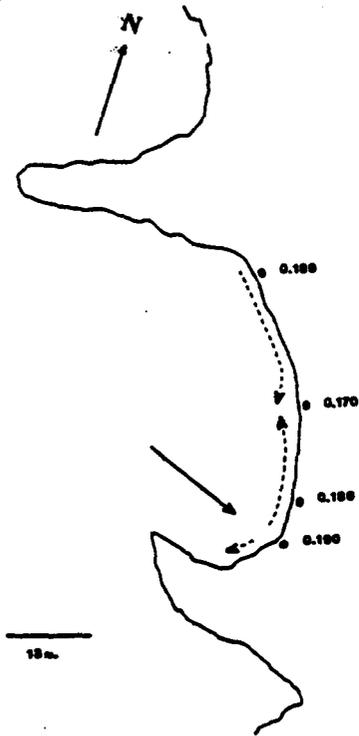


Figura 8.—El Portillo (Aruca). 30/12/83. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

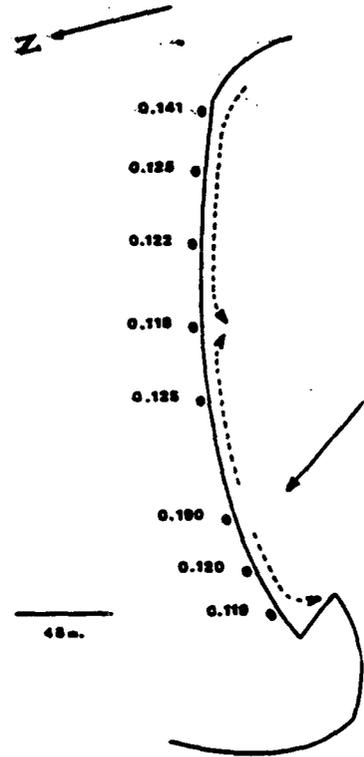


Figura 10.—Las Burras (S. Bartolomé). 5/6/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

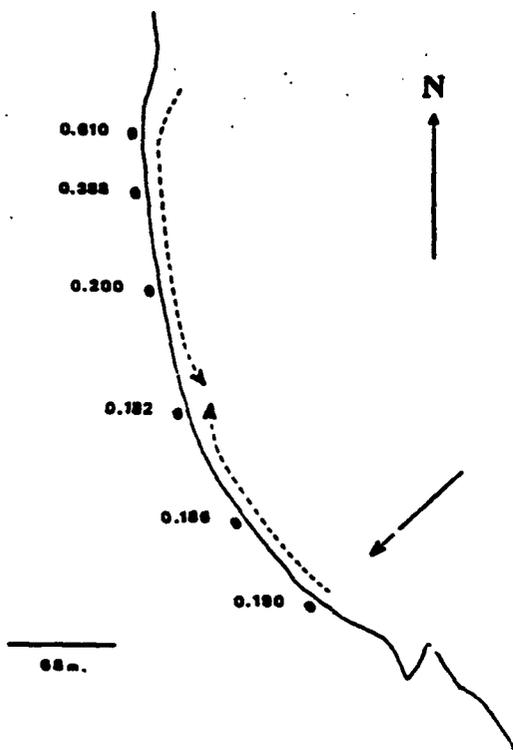


Figura 9.—Pozo Izquierdo (Santa Lucía). 16/6/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

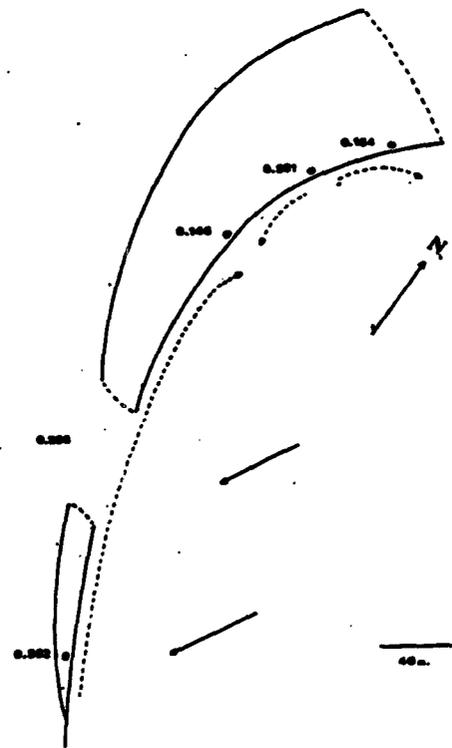


Figura 11.—Ojos de Garza (Telde). 16/7/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

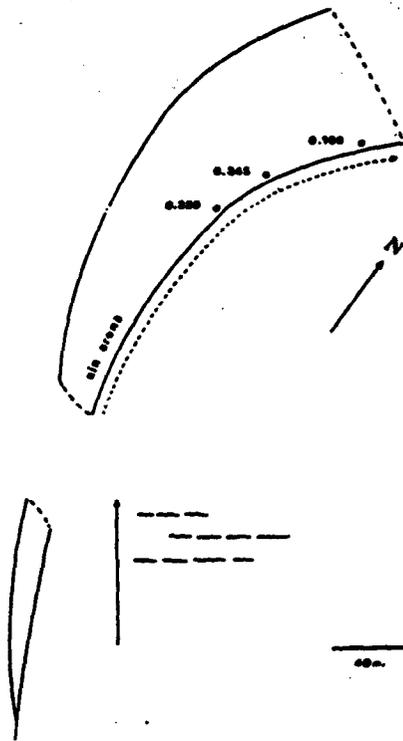


Figura 12.—Ojos de Garza (Telde). 5/3/84. Situación del sureste. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

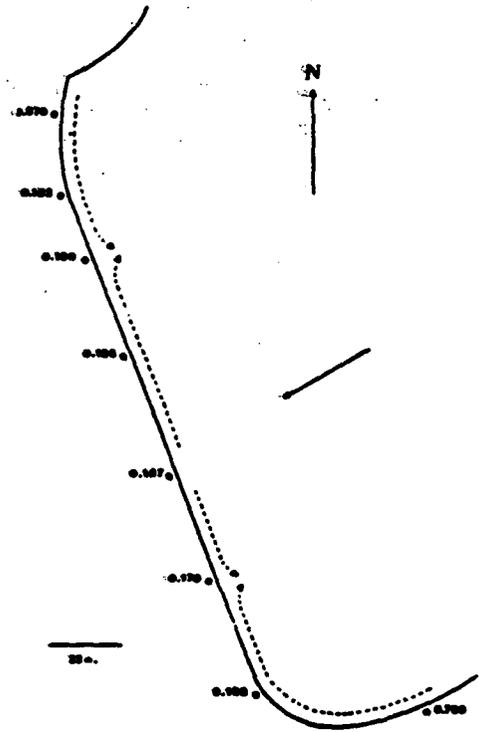


Figura 14.—El Hombre (Telde). 4/9/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

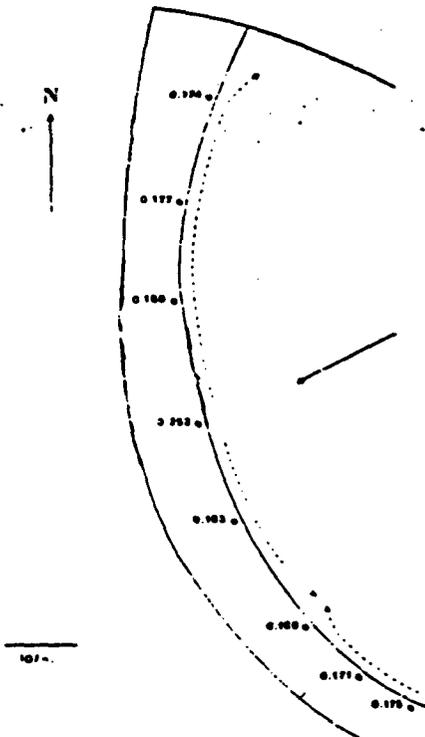


Figura 13.—La Laja (Las Palmas). 27/10/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

de unos 5 centímetros de diámetro por 30 centímetros de longitud.

Se opta por el parámetro Q_2 para medir el decrecimiento de los valores granulométricos. Este parámetro da diámetros en abscisas logarítmicas, correspondientes a 50 por 100 acumulativos, representados en ordenadas no logarítmicas. Así, el sentido de caída de los parámetros traduce el de la corriente que afecta, o ha afectado, al depósito de arena de una playa, en un intervalo determinado de tiempo. Las figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 describen gráficamente esta metodología.

Las pautas en la dinámica sedimentaria, de acuerdo con la clasificación genética de las playas (Bores, 1978), verifica la metodología desarrollada.

En el caso de la playa de Las Canteras (Las Palmas), y frente a los dos segmentos principales de la Barra, hay plena coherencia entre las deposiciones de detritos, por las singularidades dinámicas, y los diagramas de corrientes deducidas por la evolución de los valores gra-

DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN PLAYAS

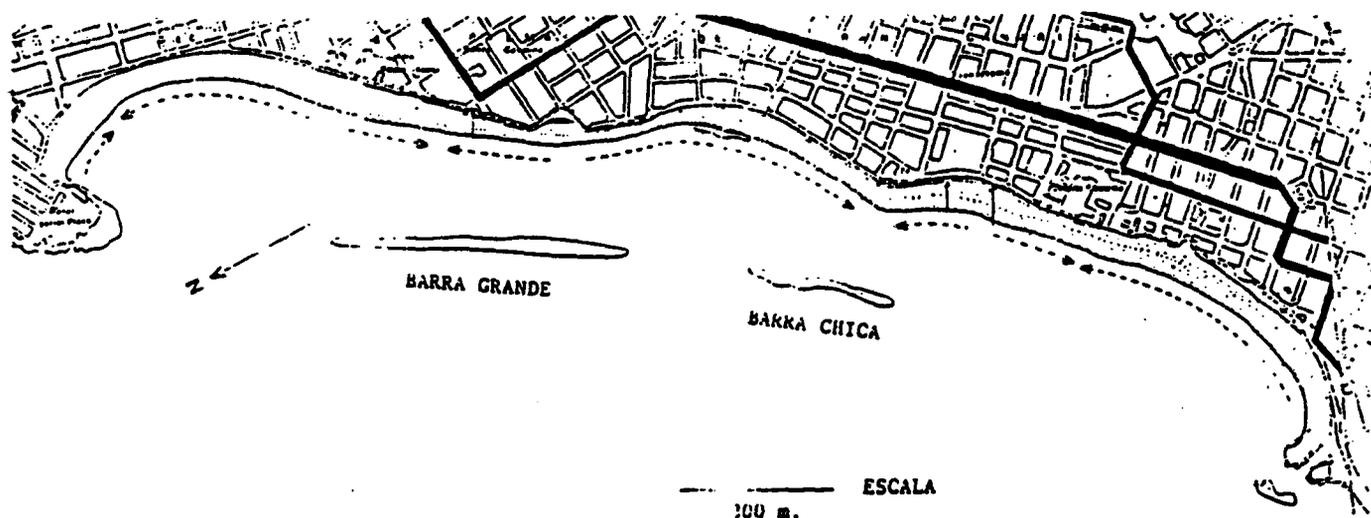


Figura 15.—Las Canteras (Las Palmas). Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q_2 .

nulométricos (fig. 15). Ello:

- a) Corroborar la validez de la metodología.
- b) Da un mayor nivel de confianza a las deducciones obtenidas, en otros sectores de esta playa en particular, y en cualquiera otra, en general, con el método de los parámetros granulométricos Q_2 .

En definitiva, se cumple el principio de la completamentabilidad convergente.

RESULTADOS

En relación con las playas en seguimiento desde 1983, que recogen el cuadro 3 y la figura 16 y mediante la metodología descrita, se ha diseñado un conjunto de diagramas de corriente. Las figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 corresponden a los modelos más significativos.

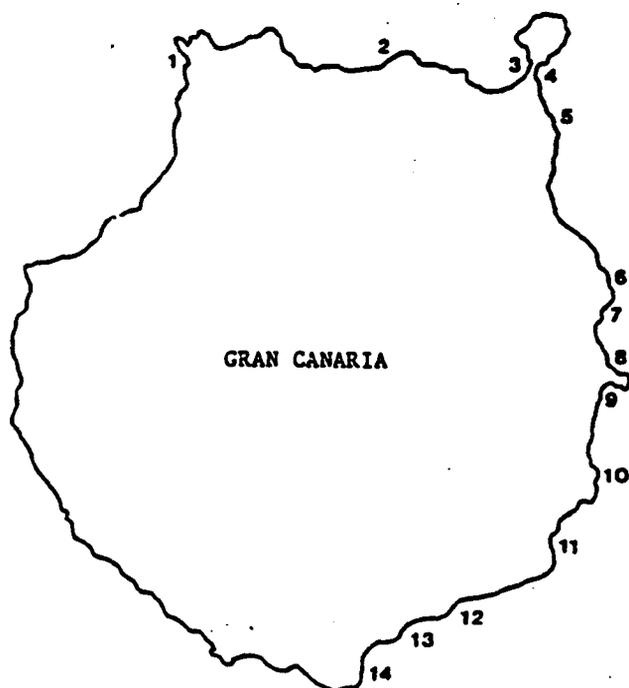


Figura 16.—Localización geográfica de las playas grancanarias en seguimiento.

1. Sardina del Norte (Galdar).
2. El Portillo (Aruca).
3. Las Canteras (Las Palmas).
4. Las Alcaravaneras (Las Palmas).
5. La Laja (Las Palmas).
6. Playa de El Hombre (Telde).
7. Melenara (Telde).
8. Ojos de Garza (Telde).
9. El Burrero (Agüimes).
10. Playa de El Cabrón (Agüimes).
11. Pozo Izquierdo (Santa Lucía).
12. Tarajalillo (San Bartolomé de Tirajana).
13. Las Burras (San Bartolomé de Tirajana).
14. Playa de El Inglés (San Bartolomé).

DIAGRAMAS DE CORRIENTES EN PLAYAS

CUADRO 3

DESCRIPCION DE LAS PLAYAS EN SEGUIMIENTO

PLAYA	LOCALIZACION	MORFOLOGIA	Dimensiones aprox.		Fórmula de la clasificación genética según la metodología de Bores (1978)
			Longitud en m.	Amplitud en m.	
Sardina del Norte	Costa norte (Galdar)	En caleta	85	45	GG _{0,0}
El Portillo	Costa norte (Arucas)	En subcaleta	74	51	GG _{0,0}
Las Canteras	Costa norte (Las Palmas)	Subacaleta en una caleta amplia	2.940	77	GDdGGDdG _{0,0} ¹
Alcaravaneras	Costa norte (Las Palmas)	Rectilínea encajonada	672	50-168	
La Laja	Costa norte (Las Palmas)	En caleta muy abierta	1.260	49	GG _{0,0}
El Hombre	Costa oriental (Telde)	En caleta	224	91	GG _{0,0}
Melenara	Costa oriental (Telde)	En caleta	287	112	GG _{0,0}
Ojos de Garza	Costa oriental (Telde)	En caleta	420	36	G(m,M)G _{0,0} ¹
El Burrero	Costa oriental (Agüimes)	En caleta	205	30	GG _{0,0}
El Cabrón	Costa oriental (Agüimes)	En caleta	275	25	GG _{0,0}
Pozo Izquierdo	Costa oriental (Santa Lucía)	En caleta	410	17	GG _{1,0}
Tarajalillo	Costa meridional (S. Bartolomé)	Caleta en sentido amplio	325	35	GG _{0,0}
Las Burras	Costa meridional (S. Bartolomé)	En caleta	300	150	GG _{0,0} ¹
El Inglés	Costa meridional (S. Bartolomé)	Rectilínea	2.485	70	Gg _{0,2}

DISCUSION: MODELO DE DIAGRAMAS DE CORRIENTES PARA LAS PLAYAS GRANCANARIAS

En el entorno geográfico de Gran Canaria, se observan los distintos modelos de diagramas de corrientes de playa propuestos, a partir de la distribución de las corrientes laterales. Para el

oleaje dominante en Canarias, de dirección nor-este, condicionado por el alisio, estos modelos mantienen pautas constantes, y en función de ellas, las playas en seguimiento se agrupan como sigue:

1. Con un modelo de simbología A01:
— Playa de El Inglés (Fig. 4).

2. Con un modelo de simbología B01:
 - Sardina del Norte (Fig. 5).
 - El Portillo (Fig. 7).
 - Melenara (Fig. 6).
3. Con un modelo de simbología B02:
 - Ojos de Garza (Fig. 11).
 - Pozo Izquierdo (Fig. 9).
 - Las Burras (Fig. 10).
4. Con un modelo de simbología C01:
 - La Laja (Fig. 13).
5. Con un modelo de simbología C02:
 - El Hombre (Fig. 14).

En la playa de El Portillo (Arucas), en la costa norte de Gran Canaria, tiene lugar la evolución del modelo B01 al B02 (Figs. 7 y 8). El primero se identifica durante los procesos de erosión, por ejemplo, con algunos temporales del noroeste en primavera. El modelo B02 corresponde a periodos de acreción, sobre todo a finales de otoño y comienzos de invierno.

Que los procesos de acreción en las playas septentrionales grancanarias, no resguardadas del noreste, se desarrollen en otoño-comienzos de invierno, era de esperar. En efecto: Estas playas se encuentran directamente sometidas a los oleajes de los alisios, del noreste, que tienen energías suficientes como para erosionar las playas de arena y que alcanzan las mayores predominancias en el verano. Con la caída de estos oleajes, comienza en las playas un período infraenergético, que permite procesos de acreción. Las máximas acumulaciones tienen lugar antes de que lleguen los temporales atlánticos del noroeste y los esporádicos oleajes de alisios reforzados energéticamente, a finales de invierno, con los que se inician los procesos de erosión.

Posibles modelos de diagramas de corrientes, con simbología B03 y en relación con algunas situaciones de oleajes del noreste o sureste, se podrían dar en las playas en caletas septentrionales, orientales o sureñas. Ocasionalmente, este modelo se ha deducido en la playa de Ojos de Garza (Telde), con las observaciones y medidas de la campaña 5/3/84 (Fig. 12). Se da la circunstancia de que concurre un paralelismo, en sentido amplio, entre la dirección de aproximación de un oleaje del sureste y el margen meridional de la playa en caleta, y con ello, el

desarrollo de una corriente tipo longshore current, desde ese margen hacia el norte, recorriendo ininterrumpidamente casi toda la playa.

En la playa de Las Canteras en Las Palmas (Fig. 15) los abrigos debidos a la «Barra» determinan el desarrollo de unos tómbolos, actualmente en fase de «hemitómbolos». Estos, como era de esperar, se localizan a las alturas subcentrales de los dos segmentos principales de la perturbación geomorfológica y se debe a Shelter currents.

El hemitómbolo más septentrional está relacionado con la Barra Grande y se encuentra sumergido frente al Hotel Reina Isabel. El barlovento de la formación sedimentaria mira hacia La Puntilla y el sotavento hacia La Peña de la Vieja (Peñón Central).

El hemitómbolo más meridional depende de la Barra Chica. Se encuentra entre las calle Gravina y Pelayo. El lado de barlovento mira hacia La Peña de la Vieja y el de sotavento hacia El Rincón.

Con la evolución de los dos hemitómbolos, lo hará la playa en su conjunto. Las Canteras, en su parte central, tenderá al desarrollo de una playa típica «en concha», que incluiría la Playa Chica, aunque ésta, individualmente, sea una playa encajada.

A ambos lados de la potencial concha, se desarrollarían playas mixtas, parcialmente encajadas y abrigadas (semi-conchas).

En la playa mixta septentrional, el apoyo lo representa la rasa recortada y el muro de La Puntilla. El abrigo lo proporciona el extremo norte de la Barra Grande.

En la playa mixta meridional, las escolleras hacen de apoyo y el extremo sur de la Barra Chica determina el abrigo.

Las actuales respuestas a las potenciales planas de la playa son los tres arcos que describen:

- a) El arco central, en relación con la incipiente concha y entre el Hotel Gran Canaria y la calle Gravina.
- b) Los dos amplios arcos marginales, con tramos rectos, en relación con las playas mixtas.

En los modelos de diagramas de corrientes deducidos, y en los sectores de convergencia

o agotamiento de longshore currents:

1. No se han estudiado muestras de sedimentos submareales mar adentro.
2. Ni se tienen medidas de corrientes en ese sentido.

También se dan las circunstancias de que en esos sectores no hay evidencias visuales de rip currents, ya que están ausentes:

- a) Las estructuras que suelen labrar en la zona intermareal (canales de resaca), observables en marea baja, y/o
- b) Lenguas de turbidez, por suspensión de sedimentos, hacia mar adentro, en playas de arenas.

Todo lo anterior impide afirmar la existencia de rip currents en las playas en seguimiento, aunque potencialmente podrían darse. A lo sumo se admitirían algunas proto-corrientes de retorno, concretamente una en la playa de El Hombre (Telde), en la costa insular oriental, figura 14, en base a informaciones facilitadas por deportistas del «surf».

No obstante, en el entorno grancanario, hay playas en donde se observan rip currents, con mayor o menor frecuencia. Sea el caso de El Rincón (Las Palmas), en una pequeña subcalaleta de cantos y bloques, o el de la playa arenosa de Veneguera (Mogán), en la costa occidental. En este último ejemplo, la corriente de retorno presenta turbidez por suspensión de sedimentos finos.

Corrientes próximas a rip currents (posibles corrientes de desagüe) habrían, en principio en la playa de Las Canteras (Las Palmas) entre los «inlets» de la barra, que definen el «lagoon», y en relación con las mareas.

CONCLUSIONES

1. Las corrientes de playa son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros.
2. En una playa, entre la zona de rompientes y la orilla, se desarrolla un conjunto de co-

rrientes inducidas por el oleaje (onshore currents), que se clasifican en inshore currents, offshore currents y longshore currents. En este ámbito pueden iniciarse rip currents.

3. La evolución de los valores granulométricos del parámetro Q_2 , en puntos medios intermareales, sirve para deducir longshore currents.

4. Las longshore currents permiten diseñar modelos de diagramas de corrientes en playas de arenas.

5. Estos modelos de diagramas en playas se clasifican y denominan de acuerdo con:

- Las características fisiográficas de las playas, que incluyen orientaciones y singularidades geométricas y dinámicas.
- El régimen del oleaje direccional.
- La distribución de los depósitos.

6. Se describen 10 diferentes modelos de diagramas de corrientes en playa.

7. Se propone una simbología para los modelos que diagramas diseñados. Cada modelo queda definido por tres términos:

- Una primera letra, que describe la morfología de la playa y la orientación de ésta respecto al oleaje (tipo).
- Una segunda letra, en función de la ausencia o presencia de singularidades dinámicas (sub-tipo).
- Un número que hace referencia a las características de los diagramas, en función de algunos condicionantes (clase).

8. Con los resultados de las campañas de seguimiento en 14 playas grancanarias, durante ciclos anuales, se diseñan modelos de diagramas de corrientes, susceptibles de clasificar, denominar e interpretar según el esquema propuesto.

AGRADECIMIENTOS

Muy valiosas han sido las correcciones y sugerencias del doctor Luis Tejedor Martínez, experto en Oceanografía Física y profesor del C.U.S. de Ciencias del Mar (Las Palmas).

BIBLIOGRAFIA

- BASCOM, W. N. (1951): *The relationship between sand size and beach-face slope*. Am. geophys. Union Trans. 32 (6). 31-36.
- BORES, P.S. (1974): *Formas litorales estables en «Análisis Planteamiento y Gestión del Medio Litoral»*. Colegio de Ing. de Caminos. Madrid.
- BORES, P. S. (1978): *Shore Classification*. III Inter. Congress. IAEG-AIGI. Madrid. 150-169.
- DEL MORAL, R.; BERENQUER, J. M. (1980): *Planificación y explotación de puertos*. Ingeniería Oceanográfica y de Costas. M.O.P.U. (Dirección General de Puertos y Costas) y Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas «Ramón Iribarren». Madrid. 483 pp.
- DEPARTMENT OF THE ARMY (1950): *Longshore current observations in Southern California*. Technical Memorandum n.º 13 Beach Erosion Board Corps of Engineers. Contribución de la Scripps Institution of Oceanography, New Series, No 456, 54 pp.
- DUBOIS, R. N. (1985): *Development of a shoreline rhythm, outer banks of North Carolina*. Marine Geology, 62, 31-53
- FLOR, G. (1978): *Relación entre la distribución de sedimentos y la circulación costera en la región de Cabo Peñas*. «Trabajos de Geología». Universidad de Oviedo. 10., 000-000. 183-194.
- HJULSTRÖM, F. (1935): *Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris*: Upsala Univ., Geol. Inst. Bull., 25, 221-527.
- INMAN, D. L. y QUINN, W. H. (1952): «*Currents in the Surf Zone*». *Proceedings of the Second Conference on Coastal Engineering*. A.S.C.E., Council on Wave Research, Berkeley, California. 24-36.
- MACKENZIE, P. (1958): *Rip currents systems*. J. Geol., 103-113.
- NAKAMURA, M.; SHIRAISHI, H. y SASAKI, Y. (1976): *Wave damping effect of submerged dike*. Proco. 10. Conf. Coastal Eng.
- SHEPARD, F. P. (1967): *La Tierra bajo el mar*. Omega. Barcelona. 292 pp.

- SHORT, A. D. (1985): *Rip current type. Spacing and persistence, Narrabeen Beach, Australia*. Marine Geology, 65, 47-71.
- SONU, C. J. (1972): *Field observations of nearshore circulation and meandering currents*. J. of Geophys. Res. Oceans and Atmos. Núm. 18. Vol. 77., 3232-3247.
- SUNAMURA, T. (1984): *Quantitative predictions of beach-face slopes*. Geological Society of America Bulletin. 95., 242-245.
- TEJEDOR, L.; LOSADA, M. A. (1977): *Métodos espectrales de previsión de oleajes*. Revista de Obras Públicas. Mayo 1977.

Jesús Martínez Martínez



Estudió Ciencias Geológicas en la Universidad de Granada, en donde defendió su Tesis Doctoral sobre «*Meteorización en basaltos recientes de Canarias*». Siguió un programa de formación del profesorado en el Marine Sciences Research Center, de la Universidad del Estado de Nueva York, en Stony Brook, en donde dio varias conferencias a post-graduados e investigadores, en relación

con la oceanología geológica. Mantiene investigaciones comparativas, sobre procesos litorales, con el profesor doctor Bokuniewicz, del M.S.R.C. en Stony Brook (Nueva York). Colabora en la gestión litoral con el Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Imparte Geología y Márgenes Continentales en el C.U.S. de Ciencias del Mar, de la Universidad Politécnica de Las Palmas. Responsable de la Geología en el C.U.S. de Ciencias del Mar, desde sus inicios. Tiene diversas publicaciones sobre procesos litorales.



Boletín del Instituto Español de Oceanografía

Volumen 3
Número 3
Diciembre
1986

Determinación de procesos litorales en playas de arena, según el contraste de los valores granulométricos

Jesús Martínez

CUS de Ciencias del Mar. Apartado 550. Las Palmas. España.

SEPARATA

Determinación de procesos litorales en playas de arena, según el contraste de los valores granulométricos

Jesús Martínez

CUS de Ciencias del Mar. Apartado 550. Las Palmas. España.

RESUMEN

En playas de arenas, las series de valores correspondientes a las medianas granulométricas, integradas tanto en el espacio como en el tiempo, y durante un ciclo anual de sedimentación, determinan algunas características de los procesos litorales. Estas características van a permitir identificar peculiaridades de la dinámica sedimentaria, concretamente referentes a los transportes por «corrientes de playa», a los depósitos intermareales y a las relaciones entre estos depósitos y los de transplayas.

Se describen las metodologías que conllevan al desarrollo de índices sedimentológicos, metodologías que son aplicadas a una playa de Canarias.

Palabras clave: Procesos litorales, arenas, dinámica sedimentaria, Islas Canarias.

ABSTRACT

On sandy beaches, granulometric evolutions, made up in space as well as in time and lasting an annual cycle of sedimentation, bring about certain traits of the sedimentation processes. These traits will allow the identification of special features of the sedimentation dynamics, especially referring to onshore current transports, to intertidal deposits and to connections between intertidal deposits and transbeaches.

Methodologies which bear the development of the former sedimentation parameters. These methodologies are applied to one beach in the Canary Islands.

Key words: Shore processes, sand, sedimentation dynamics, Canary Islands.

INTRODUCCION

Esquemas conceptuales

En el estudio de unas evoluciones de los índices granulométricos referentes a playas arenosas, se parte de unas medidas aritméticas, correspondientes a ciclos anuales de sedimentación. Estas medidas reciben las denominaciones de «medias integradas en el espacio» y «medias parciales integradas en el tiempo».

Se entiende por medias integradas en el espacio los valores medios de las medianas granulométricas intermareales, o de la transplaya, correspondientes a los muestreos en los diferentes radiales, pero tomados en una misma fecha. En la toma de muestras se emplea un tubo de 5 cm de diámetro por 30 cm de longitud.

Se entiende por medias parciales integradas en el tiempo los valores medios de las medianas granulométricas intermareales o de la transplaya, a lo largo de un ciclo anual de sedimentación.

Del conjunto de medias integradas en el espacio, se obtiene un contraste en el tiempo

po que define una panorámica de energías en la zona intermareal y durante un ciclo sedimentario. Este contraste, junto con datos sobre balances sedimentarios, permite deducir que las granulometrías con valores más bajos coinciden con la etapa de la playa, considerada en su totalidad, con mayores ganancias de arenas. Por el contrario, con las pérdidas de arenas, aumentan las granulometrías con valores más altos. La deducción era de esperar: la descarga de la playa se inicia con las fracciones más susceptibles de ser transportadas (las de menor diámetro y las menos densas), y cuando la descarga llega a su grado máximo, el depósito estará formado por las arenas que presentan más dificultad al transporte (las de mayor diámetro y las más pesadas).

Para playas con transplayas, formadas esencialmente por el transporte eólico desde las zonas intermareales en marea baja, el anterior contraste permite, además, deducir el carácter selectivo de este transporte eólico.

Del conjunto de medidas parciales integradas en el tiempo, se obtiene otro con-

traste que permite diseñar un modelo de diagrama de derivadas para una playa. En el modelo quedarían localizadas las incidencias preferenciales de aportes sedimentarios (mayores diámetros medios), los sentidos de las corrientes laterales (hacia el origen de las corrientes de retorno) y los sentidos de «derivadas resultantes» para toda una playa.

Las «derivadas resultantes», paralelas a las líneas de costa, se deducen dividiendo la playa simétricamente en dos, según criterios dinámicos (en función de los diagramas de corrientes). En cada una de las zonas se calculan los valores intermareales medios de la mediana M_0 . El sentido de las «derivadas» coincide con el decrecimiento de los valores medios de M_0 . En ese sentido tienen lugar los transportes de redistribución sedimentaria.

Se valora, en una primera aproximación, la energía determinante de los procesos dinámicos: a las mayores energías, en las zonas de incidencias preferenciales de aportes sedimentarios, les corresponden los mayores diámetros medios de las arenas. El modelo de diagramas de deriva deducido se ajustaría, en cierta medida, al que predominase mediante otra metodología, basada también en criterios granulométricos (Martínez, 1984).

Los conceptos formulados están de acuerdo con los trabajos más actualizados sobre procesos litorales en playas. Sirva de ejemplo las siguientes referencias: Berrigan (1985), McLaren y Bowles (1985), Drake (1985), Kasereka (1984), Phillips (1985) y Trask y Hand (1985).

ESTUDIO DE UN CASO PARTICULAR

Localización del escenario

Sea la playa grancanaria de El Hombre (Telde), en el litoral oriental insular.

Esta playa, de acuerdo con Suárez Bore (1978) y Martínez (1985), se clasifica genéticamente como:

$$GG_{0,0}^1$$

o que implica la calificación de playa de doble apoyo o encajada (GG), de detritos homogéneos (arenas) y de perfil completo (subíndices) e hiper-estable, como lo demuestran los depósitos dunares (super-índice).

Esencialmente, está formada por arenas de naturaleza basáltica. Los detritos carbonatados representan un 17.74 % en peso (valor medio).

La figura 1 sitúa la playa en el entorno grancanario y la figura 2 ilustra su planta.

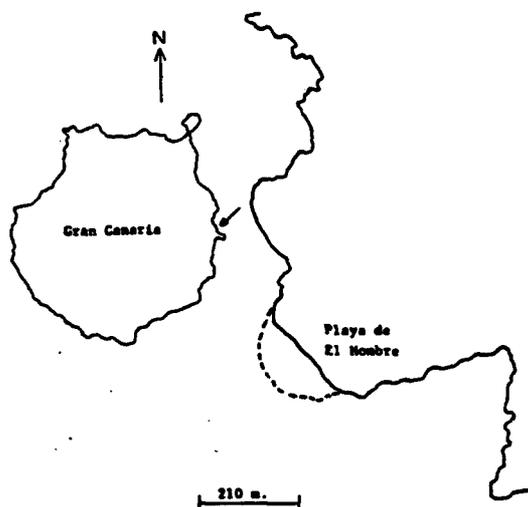


Fig. 1.—Situación geográfica de la playa de El Hombre (Gran Canaria).

RESULTADOS

A partir del seguimiento sedimentológico se han construido unas tablas de contrastes granulométricos. De ellas se muestran las más significativas (tablas I, II, III y IV).

Las tablas I y III describen las metodologías para calcular las medias granulométricas integradas en el espacio y en el tiempo, respectivamente.

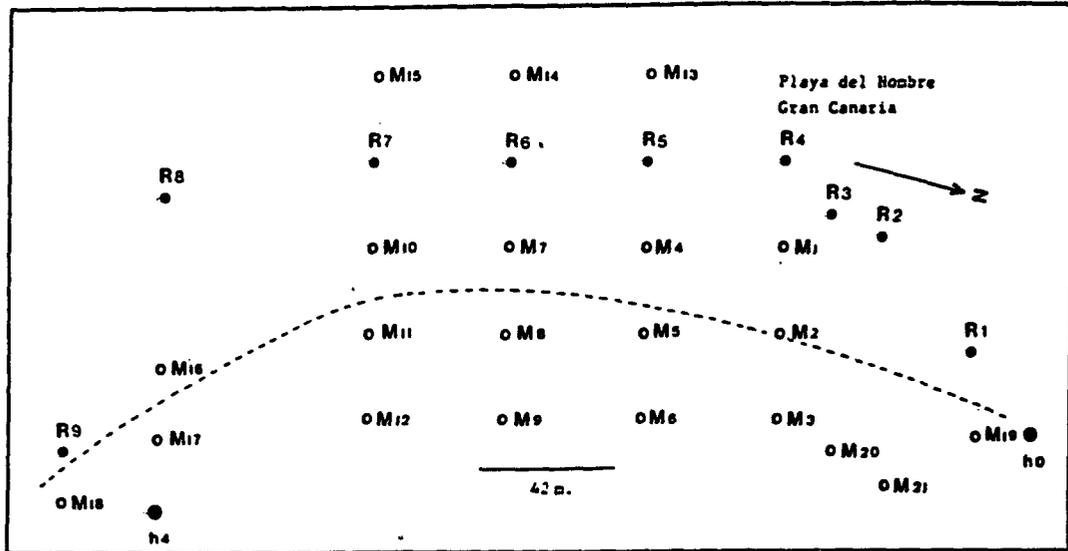
La tabla II recoge el contraste en el tiempo de las medias granulométricas integradas en el espacio. Aquí quedan reflejadas las máximas erosiones y acreciones de la playa.

La tabla IV recoge otro contraste, el referente a las medias parciales granulométricas integradas en el tiempo, con lo que se visualiza, en parte, el modelo dominante de las corrientes de playa.

Por otra parte, las gráficas 1 y 2 indican las tendencias en los balances sedimentarios, deducidas mediante medidas directas en puntos intermareales de referencia.

DISCUSION

Los contrastes en el tiempo de las medidas granulométricas integradas en el espa-



LEYENDA R Siglas de los radiales trazados.—h Siglas de los puntos de referencia para el estudio de los balances sedimentarios.—M Siglas de las muestras.

- Puntos de referencia para el trazado de radiales (en este caso, cubos de depósito de basura).
- puntos de referencia para el estudio de balances sedimentarios.
- puntos de muestreo.
- | Límite medio de la pleamar.

Fig. 2.—Planta y malla de muestreo de la playa de El Hombre (Gran Canaria).

TABLA I.—Ejemplo de cálculo de «medias granulométricas integradas en el espacio», para un mes determinado, en la playa de El Hombre (Gran Canaria).

Fecha: 2/7/84

radiales N ₀	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	media integrada en el espacio.
intermareales	0'190	0'190	0'184	0'187	0'186	0'179	0'183	0'1775	0'86	0'2596
trasplaya				0'174	0'179	0'172	0'172			0'1742

N₀ = mediana granulométrica
r = radial de la playa.

cio (Tabla II), junto con las figuras 3 y 4 de los balances sedimentarios, permiten las siguientes deducciones:

1. Las erosiones importantes tienen lugar a finales de invierno y en los meses de primavera-verano. En el período comprendido entre esos meses, los alisios son más predominantes y pueden estar ligados a situaciones de temporales, sobre todo a finales del invierno y en primavera. Todo ello determina unos máximos energéticos en el

oleaje de la playa con carácter estacional. Lógicamente, en la playa en este período aumentan los contenidos en arenas más gruesas por barrido de las arenas más finas.

2. Las máximas acreciones ocurren en otoño y al principio del invierno. En este período, la playa está sometida a unas bajas energéticas del oleaje y, así, las arenas más finas se incrementan. Estas circunstancias coinciden con situaciones climáticas, en superficie, en las que los alisios del NE pier-

TABLA II.—Contraste en el tiempo de medias granulométricas integradas en el espacio. De esta comparación se deducen los períodos de máxima acreción y erosión en la playa de El Hombre, en el ciclo de sedimentación estudiado.

Ciclo de sedimentación: Noviembre 83-October 84

zona \ 1	Nov 1983	Dic 1983	En 1984	Feb 1984	Mar 1984	Ab 1984	Jun 1984	Jul 1984	Ag 1984	Sep 1984	Oct 1984
intermareal	0'185	0'1729	0'1736	0'1896	0'1873	0'2623	0'2141	0'2596	0'2693	0'2398	0'2082
crasplaya	0'1877	0'1731	0'1708	0'1726	0'1745	0'1737	0'173	0'1742	0'1736	0'1785	0'1756
acreción			máxima erosión								
1 = medias granulométricas integradas en el espacio											

TABLA III.—Ejemplo de cálculo de «medias granulométricas parciales integradas en el tiempo, para un radial determinado, en la playa de El Hombre (Gran Canaria).

Radial 5
Muestras M5 y M6

mes \ \bar{Q}_2	En 1984	Feb 1984	Mar 1984	Abr 1984	May 1984	Jun 1984	Jul 1984	Ag 1984	Sep 1984	Oct 1984	Nov 1983	Dic 1983	media parcial integrada en el tiempo
intermareal	0'175	0'197	0'184	0'188	--	0'187	0'186	0'174	0'1803	0'19	0'187	0'1612	0'1827
crasplaya	0'1775	0'1775	0'173	0'179	--	0'177	0'179	0'178	0'1765	0'178	0'195	0'1686	0'1781
\bar{Q}_2 = parámetro granulométrico													

TABLA IV.—Contraste de medias parciales granulométricas integradas en el tiempo. De esta comparación se deducen peculiaridades del modelo dominante de playa que se desarrollan en la playa de El Hombre, en Gran Canaria.

Ciclo de sedimentación: Noviembre 83-October 84.

zona \ radial	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	medias
intermareal	0'1998	0'1907	0'1662	0'1794	0'1827	0'2484	0'1828	0'1832	0'7076	0'249
crasplaya				0'1739	0'1781	0'1738	0'1748			0'175
	INC		CR		INC		CR		INC	
CR = corriente de retorno. INC = incidencia preferencial de deportes sedimentarios.										

den predominancia. El anticiclón de Las Azores queda sustituido, con bastante frecuencia en otoño, por profundas borrascas atlánticas del NW, cuyos oleajes no afectan demasiado a las playas grancanarias de la costa oriental y septentrional.

3. Se identifica un transporte selectivo de las arenas cuando éstas pasan eólicamente a formar parte de la transplaya. Los diámetros medios de los granos transportados están comprendidos entre 0.17 y 0.18 mm, para estas arenas basálticas, con componentes carbonatados biogénicos. En la zona intermareal, los diámetros medios oscilan entre 0.17 y 0.27 mm.

4. Las formaciones de dunas de la playa, a su vez, sugieren importantes aportes sedimentarios en la zona intermareal.

Los contrastes de las medias parciales granulométricas, integradas en el tiempo (Tabla IV), que traducen los rasgos de un modelo dominante de derivas de playa, junto con la figura 2, permiten, asimismo, obtener otra serie de deducciones:

1. Desde una posición subcentral de la zona intermareal, respecto al eje morfológico de la playa, se inician corrientes laterales. Otras corrientes de este tipo nacen en los extremos de los márgenes.

2. Las corrientes de retorno se localizan en las convergencias de las derivas laterales (dos delimitando la zona subcentral de la playa).

3. Si se considera la zona intermareal en su conjunto se deduce una deriva resultante, de S a N (desde la zona abierta a la resguardada, respecto al oleaje predominante). La deducción se obtiene de acuerdo con los criterios establecidos en el apartado de los «esquemas conceptuales». Esto explica:

a) que las acreciones sedimentarias sean más importantes en el margen septentrional (compárense las figuras 3 y 4), y

b) que tenga lugar una prolongación temporal, de máximas acreciones, en ese margen septentrional.

4. El modelo descrito se verifica con el diseño de diagramas de corrientes, de acuerdo con el método de los índices granulométricos M_0 .

CONCLUSIONES

1. Se definen unos índices de evolución granulométrica (medias granulométricas integradas en el espacio y medias parciales granulométricas integradas en el tiempo) para caracterizar las peculiaridades en los procesos de sedimentación en playas.

2. Del contraste de medias granulométricas integradas en el espacio se deducen los posibles balances sedimentarios intermareales y sus características durante un ciclo anual de sedimentación.

3. El contraste de medias parciales granulométricas, integradas en el tiempo, per-

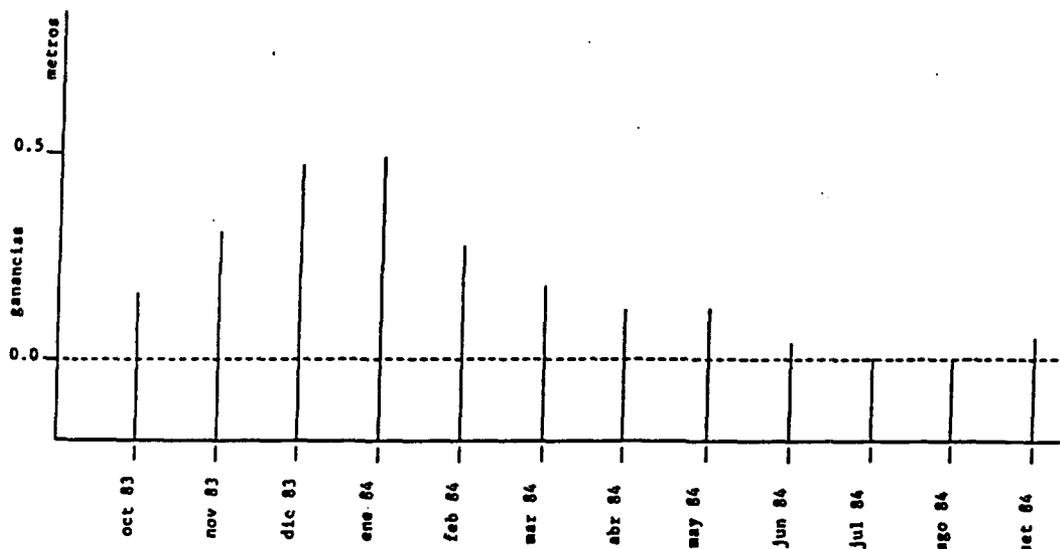


Fig. 3.—Evolución cualitativa, en un ciclo anual, de los procesos de erosión-acreción en el margen resguardado en relación con el oleaje dominante del NE (h_0 de la Fig. 2), en la playa de El Hombre (Gran Canaria).

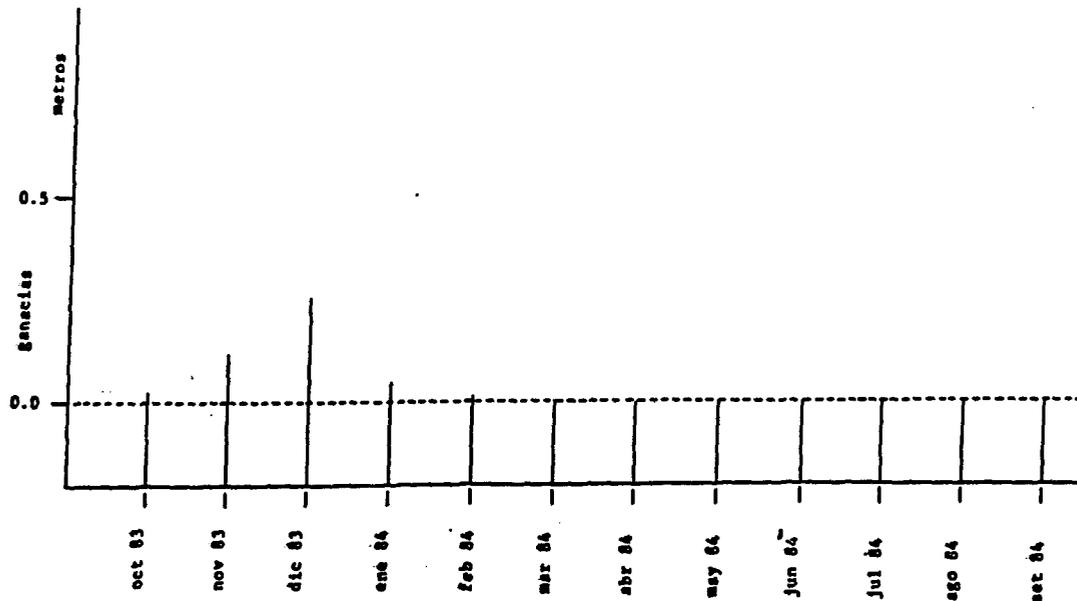


Fig. 4.—Evolución cualitativa, en un ciclo anual, de los procesos de erosión-acreción en el margen abierto al oleaje dominante del NE (h_a de la Fig. 2), en la playa de El Hombre (Gran Canaria).

mite diseñar un modelo de diagrama de derivas, que correspondería al resultante del conjunto de modelos desarrollados en un ciclo sedimentario anual. En él, se valoraría, en una primera aproximación, la distribución de energías en los procesos dinámicos de la sedimentación.

4. En el estudio de un caso particular (playa de El Hombre, en Gran Canaria), se han obtenido unos resultados que están de acuerdo con la discusión de las metodologías propuestas.

BIBLIOGRAFIA

- BERRIGAN, R. D. 1985. Seasonal Beach Changes at the Taraval Seawall. *Shore and Beach*, 52(2):9-15.
- MCLAREN, P., y D. BOWLES. 1985. The effects of sediment transport on grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(4):457-470.
- DRAKA, D. E.; D. A. CACCHIONE Y H. A. KARL. 1985. Bottom currents and sediment transport on San Pedro Shelf, California. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(1):15-28.

KASEREKA, R. 1984. Etude granulométrique comparée des sédiments de plage des lacs Kivu, Amin (ex Endoreard) et Mobutu (ex Albert). *Zaire. Cahiers Géologiques*, 104:733-742.

MARTÍNEZ, J. 1984. Guía de laboratorio para el estudio de las playas canarias. Primera parte: Granulometrías. ICE. Universidad Politécnica de Las Palmas. 37 pp.

MARTÍNEZ, J. 1985. Clasificación genética de las playas según Suárez Bores. Una aproximación a la clasificación de las playas grancanarias. ICE. Universidad Politécnica de Las Palmas. 51 pp.

PHILLIPS, J. D. 1985. Headland-bay beach revisited: an example from Sandy Hook, New Jersey. *Marine Geology*, 65:21-31.

SHORT, A. D. 1985. Rip-currents type, spacing and persistence, Narrabeen Beach, Australis. *Marine Geology*, 65:47-71.

SUÁREZ BORES, P. 1978. Shore classification—Simple forms with prevailing wind wave action. *III Congres. Inter. IAEG*. Madrid. 21 pp.

TRASK, C. B., y B. M. HAND. 1985. Differential transport of fellequivalent sand grains, lake Ontario, New York. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(2):226-234.

Manuscrito recibido en diciembre de 1985

Boletín del Instituto Español de Oceanografía

Volumen 3
Número 2
Agosto 1986

Estabilidad-inestabilidad en los depósitos de arenas de las playas canarias: Relaciones entre pendientes topográficas y granulométricas

Jesús Martínez

C.U.S. de Ciencias del Mar. Apartado 550. Las Palmas.

SEPARATA

Estabilidad-inestabilidad en los depósitos de arenas de las playas canarias: Relaciones entre pendientes topográficas y granulométricas

Jesús Martínez

C.U.S. de Ciencias del Mar. Apartado 550. Las Palmas.

RESUMEN

Mediante una serie de datos de campo y laboratorio, se infiere las relaciones entre las granulometrías de las arenas y las pendientes de playas, correspondientes a los intervalos intermareales.

Las observaciones se efectuaron en playas de la costa oriental y meridional de la isla de Gran Canaria.

Como procedimiento para intentar normalizar el muestreo, fue adoptado un «punto de referencia»: la parte de la playa sujeta a la acción del oleaje en el nivel medio-intermareal.

En una discusión, se ilustra la curva de equilibrio, que establece pendientes estables, y los cambios de pendientes, fuera de la curva de equilibrio, con el crecimiento (acreción) o erosión de la playa. Los procesos constructivos o erosivos definen zonas sedimentarias inestables o meta-estables, pero que tenderán a situaciones estables. La pendiente de la playa está principalmente controlada por dos factores: la granulometría y la intensidad de la acción del oleaje. En principio, la naturaleza de las arenas no condiciona la estabilidad-inestabilidad de la playa.

Se apunta algunas aplicaciones «prácticas» de la metodología, tendentes a la conservación de las playas arenosas de Canarias. Y se concluye con el estudio de un caso particular: la estabilidad-inestabilidad de los depósitos de arenas en la playa de Pozo Izquierdo.

Palabras clave: Estabilidad-inestabilidad, arenas, playas, Islas Canarias.

ABSTRAC

The relationship between the granulometries of the sands and the slopes on beaches, agreeing with intertidal intervals, are inferred from a series of data from the countryside and laboratory.

The observations were made beaches of the Eastern and Southern coasts of the island of Gran Canaria.

As a means in order to try to standardize the sampling, a «reference point» was adopted: that is the part of the beach under swell action at middle intertidal level, although an alternative approach is described.

The balance curve, which sets steady slopes and the slope changes-outside the balance curve with the growth (formation) or erosion of the beach, are elucidated in a discussion. The formation and erosion processes determine unsteady or meta-steady areas, which tend, however, to steady situations. The beach slope is mainly controlled by two factors: granulometry and strength of swell action. As a matter of fact, the nature of the sands do not determine the steadiness or unsteadiness of the beach.

Some «practical» applications of the method in order to preserve the sandy beaches of the Canary Islands are pointed out, being the conclusion the steadiness unsteadiness of the sand sediments in Pozo Izquierdo beach.

Key words: Steadiness, unsteadiness, sands, beaches, Canary Islands.

INTRODUCCION

La granulometría de las arenas controlará una de las características estructurales-texturales de estos depósitos, el grado de compactación, y éste el perfil de equilibrio entre aporte sedimentario-erosión.

Los granos más finos de arena se compactan inmediatamente después de depositados, y así ofrecen un depósito firme, mientras que la arena gruesa y los fragmentos de concha se amalgaman muy poco y ello determina que se muevan con facilidad.

En el caso de las arenas gruesas y frag-

mentos de conchas, con pequeños granos de compactación, el agua de las olas, durante las embestidas, penetrará rápidamente en profundidad y depositará los sedimentos transportados, a no ser que la pendiente sea lo suficientemente inclinada para permitir la efectiva resaca, que detendrá el crecimiento. Por el contrario, sobre playas de arena fina, con pequeños poros, el agua no drenará tanto en profundidad y por eso retrocederá con mayor rapidez, de modo que el equilibrio se desarrollará sobre una pendiente más suave.

Por otra parte, las pendientes aumentan en los procesos de erosión y disminuyen en los procesos de acreción. El límite interno de la zona intermareal está menos expuesto a los barridos y deposiciones sedimentarias, cosa contraria a lo que ocurre en el límite más externo. En consecuencia, en los períodos de erosión, al ser éstos más efectivos en el límite externo, determinan incrementos positivos de pendientes en unas arenas relativamente más gruesas (las finas habrían sido barridas). Por razonamientos análogos, se explica las disminuciones de pendientes en los períodos de acreción, que coinciden con los de bajas energéticas del oleaje, con lo que las deposiciones son de granos más finos. Esto está de acuerdo con Bascom (1951 y 1959), Emery y Gale (1951), Rector (1954), Kemp (1962), Shepard (1963), Wiegand (1964) y Mclean y Kirk (1969).

Sunamura (1984) establece unas ecuaciones en las que se relacionan las pendientes de la playa con unos parámetros en los que intervienen el tamaño de grano del sedimento. De esta manera, hace posible predicciones de pendientes. Sin embargo, aunque el método está muy elaborado, pierde operatividad para un seguimiento rutinario, ya que se tendría que medir, en cada observación, la altura del oleaje en la rompiente, el período del oleaje, el tamaño del grano y la aceleración debida a la gravedad. Por el contrario, el método que se diseña y discute, goza de una gran sencillez operativa en las tomas de medidas y permite especulaciones inmediatas, no en cuanto a predicciones de las pendientes de playa, sino referentes a las estabilidades-inestabilidades de los depósitos.

En realidad, los valores granulométricos de las arenas están definiendo empíricamente los componentes energéticos ambientales,

y de ahí que se prescindiera de aquellas variables que evalúan las situaciones energéticas. En base a esto, se establece una dependencia simplificada de la pendiente, solamente en función de los valores granulométricos.

Los perfiles topográficos «estables», para unas granulometrías también estables, serán valiosos para construir una gráfica que establezca relaciones entre pendientes de las zonas intermareales y sus respectivas granulometrías. La línea de equilibrio entre pendiente y granulometría delimitará dos zonas inestables o meta-estables:

a) Una por encima de la curva de equilibrio, que indicará un exceso de acumulación. La playa será constructiva y potencialmente tenderá a procesos de erosión para llegar al equilibrio sedimentario.

b) Otra por debajo de la curva de equilibrio, que en este caso traducirá un déficit de acumulación, quizás por haber estado sometida a procesos de erosión (playa erosiva). Potencialmente la playa tenderá a ganar arena, para llegar al equilibrio sedimentario.

MATERIAL Y METODOS

Campañas de campo

En el estudio de la estabilidad-inestabilidad de las playas, se precisará de unas campañas de campo. En ellas, se tomarán medidas de pendientes, muestras de arenas, hasta una profundidad de 30 cm, con un tubo de 5 cm de radio, y se estimarán balances sedimentarios.

La metodología seguida consta de los siguientes pasos:

1. Sobre un croquis de la playa, y conforme a las características de la misma, se diseña un número determinado de radiales (como mínimo 3), más o menos equidistantes.

2. En los radiales, aprovechando la bajamar y coincidiendo con mareas muertas, se localizan, con medidas, los puntos de referencia (puntos situados en la mitad de la anchura intermareal). Estos quedarán indicados en el croquis y se mantendrán fijos durante el período de seguimiento de la playa. En ellos se tomarán muestras y se medirán pendientes.

3. El período de seguimiento comprendería un año, ya que este intervalo de tiempo suele coincidir con un ciclo de sedimentación.

4. Se programan, a largo plazo, las salidas de campo, de acuerdo con un anuario de mareas. Lógicamente, los muestreos y tomas de medidas en los puntos de referencia deben coincidir con las mareas bajas. Como mínimo habrá una campaña mensual.

5. Siempre que los condicionantes climatológicos y oceanográficos determinen situaciones extremas y excepcionales (situaciones de temporal, por ejemplo), sería conveniente realizar campañas extraordinarias (no contempladas en la programación del apartado anterior).

6. Las tomas de muestras, las medidas de pendientes y las estimaciones de los balances sedimentarios (mediante los contrastes de los perfiles topográficos y/o con medidas directas en punto de referencia) se hacen de acuerdo con la «Guía de campo para el estudio de las playas canarias». (Martínez, 1984).

Construcción de la gráfica de equilibrio

1. Se identifican, en las playas estudia-

das, puntos medios intermareales estables (con unas pendientes y valores granulométricos constantes).

2. Se tabulan los datos, correspondientes a los puntos de referencia estables, en estadillos diseñados al efecto, y se representan en papel semi-logarítmico.

3. En abscisas, con distancias logarítmicas, se representan las pendientes de los puntos de referencia estables para unas granulometrías dadas. Estas pendientes se pueden expresar en grados sexagesimales o mediante los valores que indican longitud horizontal en metros por cada metro de altitud.

4. En ordenadas, con distancias no logarítmicas, se representan los valores de Q_2 de las muestras tomadas en los puntos de referencia estables. Q_2 representa el diámetro en mm, en abscisas logarítmicas, correspondiente al 50 % acumulativo, en peso.

5. Para las playas arenosas del entorno gran canario, se ha llegado a un modelo de curva de equilibrio en una primera aproximación (fig. 1). Los datos, en los que nos hemos basado para la construcción de la curva, se encuentran en las tablas I y II.

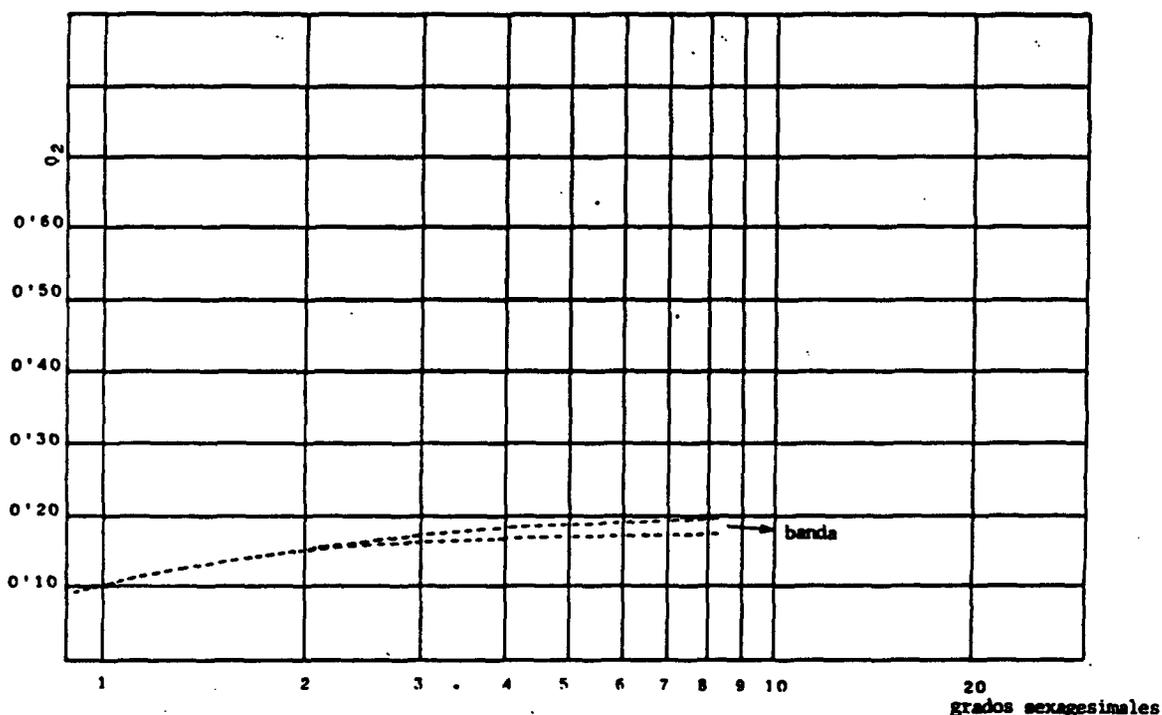


Fig. 1. Primera aproximación a un modelo de curva de equilibrio para las playas arenosas de Gran Canaria.

RESULTADOS

TABLA I.—Datos de las playas en seguimientos

Playa	Siglas radial estable	Siglas muestras intermareales	Fecha	Q_2	Pendiente zona intermareal
Tarajalillo	R5	1 PV	21/1/84	0.16	5"
"	"	"	17/2/84	0.16	5"
"	"	"	27/3/84	0.158	4"
"	"	"	24/4/84	0.157	5"
"	"	"	31/5/84	0.158	5"
"	"	"	27/7/84	0.161	5"
"	"	"	1/8/84		4"
"	"	"	3/9/84		5"
Pozo Izqui.	3 PV	3 PV	27/11/83	0.17	
"	"	"	27/12/83	0.17	5"
"	"	"	19/2/84	0.19	4"
"	"	"	5/3/84	0.175	
"	"	"	31/3/84	0.18	5"
"	"	"	21/4/84	0.175	
"	"	"	20/5/84	0.19	
"	"	"	16/6/84	0.182	
"	"	"	22/7/84	0.185	
"	"	"	20/8/84	0.175	
"	"	"	27/9/84		4"

TABLA II.—Datos de las playas en seguimiento (continuación)

Playa	Siglas radial estable	Siglas muestras intermareales	Fecha	Q_2	Pendiente zona intermareal
Hombre	R ₁	M 3	27/4/84	0.18	4.5"
"	"	"	7/8/84	0.166	4"
"	"	"	4/9/84	0.180	5"
"	"	"	3/10/84	0.180	5"
Las Burras	G	E	28/4/84	0.112	1"
"	42	"	28/4/84	0.112	1"

DISCUSION

I. ANÁLISIS DE UNA GRÁFICA

Para describir la metodología propuesta, discutamos una supuesta curva, como la diseñada en la Fig. 2.

En un punto de referencia dado, el parámetro granulométrico Q_2 , toma el valor Q_1 . La pendiente mide P_1 . Estas dos medidas definen el punto 1' en el diagrama de equilibrio perfil-granulometría.

El punto 1' no está en la curva de equilibrio de la fig. 2, ya que para la granulometría Q_1 , la pendiente es mayor de la esperada. Sin embargo el perfil tenderá a una situación de equilibrio y para ello, con esa

granulometría, deberá perder pendiente, hasta llegar el valor P_1 . La pérdida de pendiente se consigue con un proceso sedimentario constructivo. Para que se de el proceso constructivo tienen que concurrir:

- una intensidad atenuada del oleaje, y
- suficientes aportes sedimentarios.

En definitiva, se está describiendo en el diagrama una zona meta-estable, delimitada por la curva de equilibrio y la abscisa. En ella, normalmente habrá tendencias a aumentar los acúmulos de sedimentos.

En otro punto de referencia, el parámetro granulométrico Q_2 toma el valor Q_2 . La pendiente mide P_2 . Estas dos medidas definen el punto 2' en el diagrama de la fig. 2.

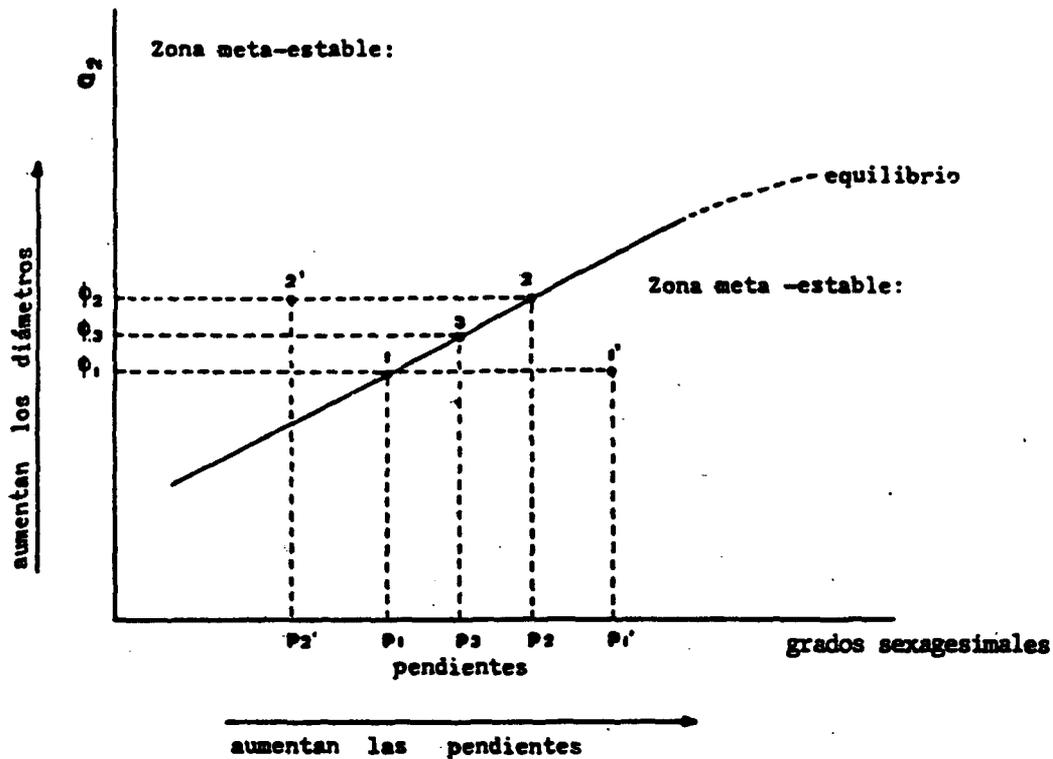


Fig. 2. Supuesto de diagrama de equilibrio perfil-granulometría, en zonas intermareales, para la discusión de la metodología propuesta.

El punto 2' tampoco está en la curva de equilibrio: para la granulometría Q_2 hay menos pendiente de la esperada. Como en el caso anterior, el perfil tenderá a una situación de equilibrio, pero ahora, con esta nueva granulometría, deberá aumentar la pendiente hasta llegar al valor P_2 . El aumento de pendiente se consigue con un proceso erosivo, con pérdidas de sedimentos. De esta manera, se está describiendo en el diagrama otra zona meta-estable, delimitada por la curva de equilibrio y la ordenada. En ella, por lo general, habrá tendencias a procesos erosivos.

En un tercer punto de referencia, el parámetro Q_2 toma el valor Q_3 . La pendiente mide P_3 . Estas dos medidas definen el punto 3 en el diagrama.

El punto 3 sí está en la curva de equilibrio. Esto quiere decir que la playa no tenderá a ganar ni a perder sedimentos (los procesos erosivos y constructivos están compensados), con lo que la pendiente se manten-

drá constante. Si, a lo largo del tiempo, la erosión se impone a la construcción, por un aumento de la intensidad del oleaje, o la construcción a la erosión, por unos aportes en exceso de sedimentos, en ese intervalo intermareal se perderá la estabilidad y se pasará a una de las dos situaciones anteriormente descritas.

De acuerdo con todo lo anterior, el establecimiento de relaciones, entre los parámetros granulométricos Q_2 y las pendientes topográficas, permite deducir la estabilidad-inestabilidad de los depósitos sedimentarios de una playa y las tendencias de estos depósitos.

II. APLICACIONES DE LA METODOLOGÍA

Las playas arenosas se caracterizan por su estabilidad-inestabilidad, dicho de otra manera, que tengan lugar en ellas procesos sedimentarios constructivos o erosivos, o que

hayan estado sometidas a tales procesos, quedando solo sus huellas. En estas últimas circunstancias, tiene interés inferir las tendencias de la sedimentación.

Las construcciones sedimentarias o las erosiones pueden ser procesos «permanentes», dentro de determinados límites de tiempo, o alternantes ligados a períodos estacionales. Cuando se dan estas alternancias, se habla de ciclos anuales de sedimentación. Por otra parte, a lo largo de una misma playa, no tienen por qué darse contemporáneamente los mismos procesos sedimentarios: en unos sectores puede haber procesos constructivos y en otros erosivos. Las playas arenosas de Gran Canaria, y en función, entre otras cosas, del escenario geográfico y de los condicionantes climáticos, describen diferentes modelos de procesos sedimentarios, que serán objeto de otro trabajo.

A partir de la gráfica que relaciona pendientes y granulometrías, correspondientes a muestreos y tomas de medidas periódicas, se está en condiciones de formular la estabilidad-inestabilidad de una playa, y las peculiaridades de estos procesos sedimentarios, de acuerdo con el esquema anteriormente sintetizado. Con ello se clasificará la playa en cuestión según criterios de balances sedimentarios. Así se estará en condiciones de diseñar los métodos de investigación necesarios para poner medidas destinadas a la recuperación de la misma, en el supuesto de que esté en un estado de degradación.

III. ESTUDIO DE UN CASO PARTICULAR

En la playa de Pozo Izquierdo, situada en la costa oriental de Gran Canaria (fig. 3), sea el radial 2 PV muestreado (fig. 4) en el punto medio intermareal.

El radial se encuentra en la proximidad de un rip current permanente, independientemente de las diferentes direcciones de aproximación del oleaje.

A lo largo del ciclo anual de sedimentación, el depósito de arena se caracteriza por definir un perfil de pendientes variables, por presentar un parámetro Q_2 con diferentes valores y por experimentar unas veces acreciones y otras erosiones. A falta de puntos de referencia fiables para las estimaciones volumétricas directas de las acumulaciones,

éstas se han obtenido por métodos topográficos, con la colaboración del Departamento de Topografía de la Universidad Politécnica de Las Palmas. El conjunto de evaluaciones han sido referidas a una escala relativa. Los datos del seguimiento quedan recogidos en la tabla III.

Cuando las acumulaciones son máximas, los parámetros Q_2 de las granulometrías tienen valores mínimos. Por el contrario, a los valores máximos de Q_2 les corresponden acumulaciones mínimas. Un oleaje relativamente más intenso, implicaría una mayor energía de transporte (de partículas más gruesas) y, a su vez, un mayor poder de erosión. Estas circunstancias quedan reflejadas en el muestreo correspondiente al día 5 de febrero (tabla III), tomado durante un período de temporales. En ese muestreo, se obtienen las granulometrías y pérdidas máximas.

De forma teórica, y si se mantienen constantes los valores de Q_2 , por un aporte continuado y homogéneo, durante los períodos de construcción de las playas, las pendientes intermareales deberán aumentar. Y cuando las playas se encuentran en procesos de erosión, las pendientes alcanzarán valores máximos. Obviamente las granulometrías y pendientes constantes definen estados de equilibrio. En el caso de la playa de Pozo Izquierdo, no se mantienen constantes los valores de Q_2 y de ahí que sea preciso desarrollar una discusión.

Por el contraste de muestreos y medidas, recogidas en la tabla III, que implican cambios granulométricos y de pendientes para las diferentes circunstancias, y dentro del ciclo anual de sedimentación estudiado, se puede formular las siguientes deducciones:

1. El muestreo 2 (al final del otoño) traduce un punto situado casi por debajo de la curva de equilibrio. En consecuencia, la playa, para la granulometría dada, tendería a ganar algo más de arena, para llegar al equilibrio. Y, sin embargo, en este muestreo es cuando se observó una de las máximas acumulaciones de sedimentos en el ciclo anual.

2. El muestreo 3 (febrero) define un punto situado muy por encima de la curva de equilibrio. Cabría formular que para esta nueva granulometría, con un valor de Q_2 superior al anterior, la playa tendería a perder arena, para alcanzar el equilibrio. No obs-

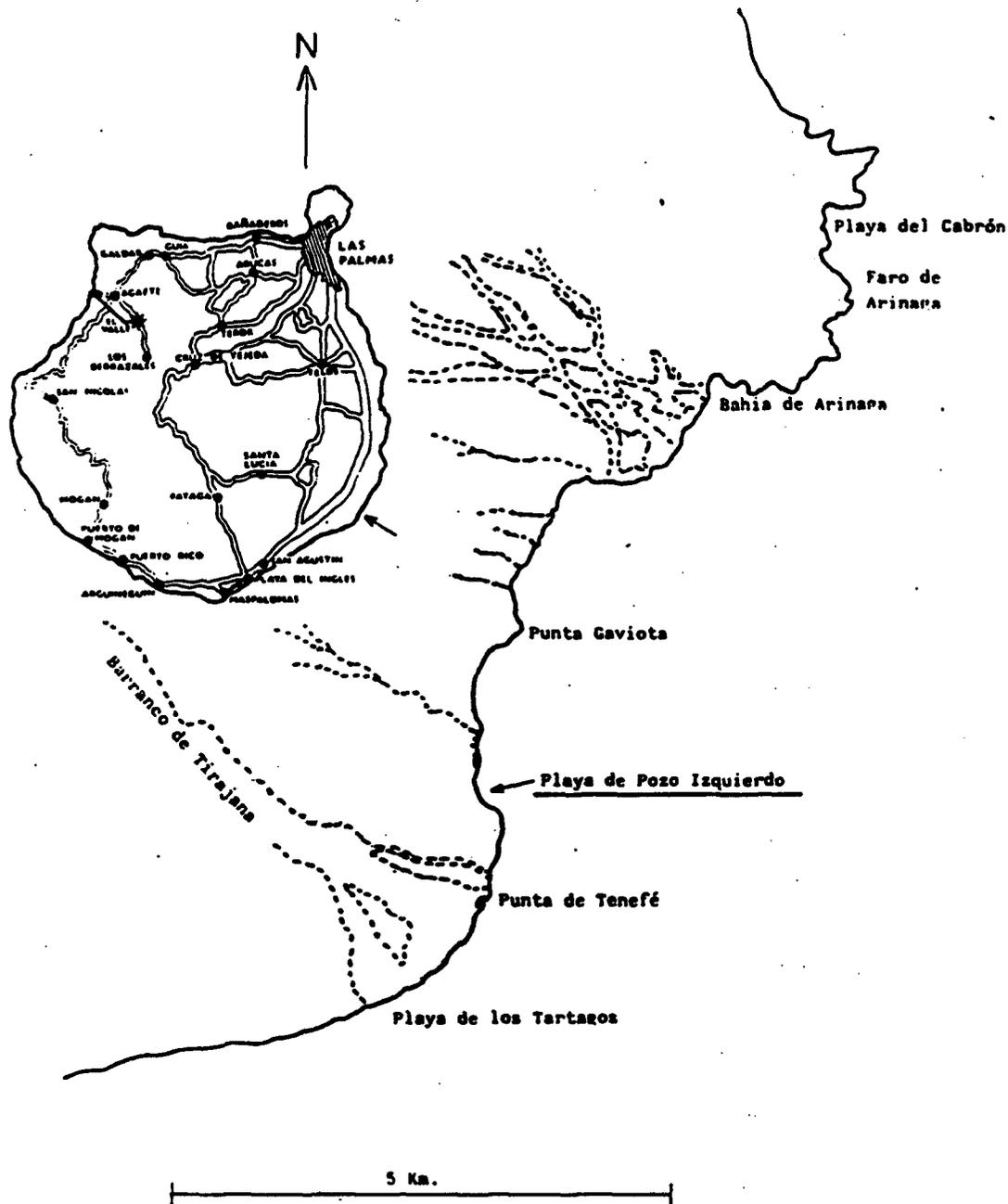


Fig. 3. Situación de la zona muestreada.

tante aquí fue cuando se observó la mínima acumulación de sedimentos en el ciclo anual.

3. Las máximas y mínimas acumulaciones de arenas son dos procesos muy próximos en el tiempo, ambos en la estación invernal.

Por la situación geográfica de la playa, al Este de la Isla (fig. 3), el ambiente sedimentario está abierto a los alisios del NE, más dominantes y fuertes en verano que en invierno, y ello justifica que el máximo desarrollo de los depósitos no tenga lugar en los meses estivales. Pero precisamente esa



Fig. 4. Esquema mostrando la playa de Pozo Izquierdo y la situación del radial 2 PV. Ver figura 3 para su localización.

situación geográfica protege a la playa de las energías del oleaje, dependientes de las borrascas atlánticas otoñales. Ahora, en la playa, habrá largos períodos de mar poco agitada, y los procesos de acreción sedimentaria se potenciarán. Durante el invierno tienen lugar períodos de temporales, con oleajes más energéticos y, en consecuencia, más erosivos, coincidentes muchos de ellos con

situaciones de alisios, en los mapas climatológicos de superficie, con lo que afectarán directamente a la playa. Al término de estos temporales, en el depósito sedimentario quedarán las arenas más resistentes al transporte erosivo, las arenas más gruesas, y de aquí que aumente de valor el parámetro Q_2 .

A este modelo de balances sedimentarios se ajustan las playas orientales de Gran Ca-

TABLA III.—(Playa de Pozo Izquierdo) Tabla de datos correspondientes al punto medio intermareal del radial 2PV, situado en la figura 4.

Enumeración muestreo	Fecha	Q_2	Pendiente intermarear	Escala relativa de acumulaciones positivas (1)	Estabilidad inestabilidad
1	27/11/83	0.175		10	
2	27/12/83	0.17	4"	10	Tendencia a ganar
3	5/2/84	0.31	4"	1	Tendencia a perder
4	18/2/84	0.185	5"	1.5	En equilibrio
5	5/3/84	0.18		1.5	En equilibrio
6	31/3/84	0.182	5"	2	En equilibrio
7	21/4/84	0.192	6"	3	En equilibrio
8	20/5/84	0.183	6"	3	En equilibrio
9	16/6/84	0.20	8"	5	En equilibrio
10	22/7/84	0.22		4	
11	20/8/84	0.182		6	
12	27/9/84	0.178	6"	8	En equilibrio

(1) A la máxima acumulación relativa (0.5 m en la vertical), se le da el valor 10.

naria. En definitiva, la dinámica estacional juega un papel fundamental en el equilibrio de la playa. Este Departamento de Geología, del CUS de Ciencias del Mar en Las Palmas, lleva un seguimiento de la climatología regional, e incluso tiene instalada su propia estación meteorológica en Maspalomas, en colaboración con el Servicio Nacional de Meteorología.

4. En las máximas acumulaciones, la playa no estaba en equilibrio, sino que debería seguir ganando sedimentos. El proceso de acreción no llegó a su pleno desarrollo.

5. En la mínima acumulación, la playa alcanzó su máxima erosión, pero potencialmente debería seguir este proceso erosivo, una vez eliminadas las arenas más finas, para que el perfil se ajustara a las arenas relativamente más gruesas.

6. A la máxima erosión real (no potencial), muestreo 3 de la tabla III, le sigue un período de acumulaciones ligeramente incrementados, pero todas en equilibrio en relación con la pendiente del perfil. Estas circunstancias corresponden a finales de febrero y a los meses de marzo y abril.

7. Los meses de mayo, junio y julio coinciden con un incremento positivo en los depósitos. El equilibrio, no obstante, no llega a romperse. La playa no tenderá ni a perder ni a ganar arenas.

8. Desde agosto a noviembre, los depósitos siguen incrementándose positivamente, pero ahora de forma progresiva. Los depósitos, para sus respectivas granulometrías, continúan manteniendo el equilibrio. La máxima acreción culminará en el mes de diciembre.

CONCLUSIONES

1. Las relaciones entre las pendientes topográficas y las granulometrías de los depósitos arenosos definen situaciones de estabilidad-inestabilidad sedimentaria.

2. Para el estudio de los equilibrios y meta-equilibrios de los depósitos de arenas, se precisa programar campañas de campo y definir unos puntos de referencia para los muestreos. Se ha optado por los puntos medios intermareales como puntos de referencia.

3. Se ha diseñado un modelo de curva de equilibrio para los depósitos de arenas intermareales.

4. En el diseño de las curvas de equilibrio, se toman los datos de puntos de muestreo doblemente estables: estabilidad en cuanto a pendientes y a valores del parámetro granulométrico Q_2 , a lo largo del período de seguimiento de las playas grancanarias. Los datos utilizados al efecto están recogidos en este trabajo en las tablas I y II.

5. En la discusión, a partir del diagrama de estabilidad-inestabilidad intermareal, fig. 2 se identifican dos zonas meta-estables, separadas por la curva de equilibrio.

6. Una zona meta-estable traduce un proceso de excesiva sedimentación. Potencialmente tenderá a una erosión de sedimentos.

7. La otra zona meta-estable traduce un proceso de excesiva erosión. Potencialmente tenderá a una acumulación de sedimentos.

8. Los estudios de las estabilidades-inestabilidades intermareales de las playas serán las bases previas de métodos de investigación, destinados al mantenimiento o recuperación de playas en estados de degradación erosiva.

9. La metodología descrita ha sido aplicada satisfactoriamente a una playa de Gran Canaria (Pozo Izquierdo), en seguimiento durante un ciclo de sedimentación. De esta manera se verifica la viabilidad de la misma. Los razonamientos concretos, a partir de un cuadro de datos, se han desarrollado en la discusión.

10. Para la playa de Pozo Izquierdo, y como consecuencia de la aplicación de la metodología, se han obtenido una serie de deducciones referentes a los procesos de sedimentación. Estas traducen que la playa estudiada tiene un perfil, prácticamente equilibrado, que evoluciona a lo largo del ciclo de sedimentación anual.

11. Las relaciones pendientes topográficas-granulométricas, junto con los diagramas de corrientes, índices potenciales de desarrollo de transplayas eólicas, peculiaridades de los aportes sedimentarios, etc., es decir, los distintos aspectos de la dinámica sedimentaria de las playas canarias, que son estudiados en trabajos en preparación, constituyen un material previo, muy a tener en cuenta, para la gestión del litoral, que inclu-

ye, entre otras muchas cosas, el diseño de proyectos de obras de ingeniería en playas.

BIBLIOGRAFIA

- BASCOM, W. N. 1951. The relationship between sand size and beach-face slope. *Am. geophys. union trans.* 32 (6), 866-874.
- EMERY, K. O., J. F. GALE. 1951. Swash and swash mark. *Am. geophys. union trans.* 32 (6), 31-36.
- KEMP, P. H. 1962. A model study of the behaviour of beaches and groynes. *Proceedings of Institute of Civil Engineers.* 22, 191-210.
- MARTÍNEZ, J. 1984. Guía de campo para el estudio de las playas canarias. ICE Universidad Politécnica de Las Palmas. 21 pp.
- McLEAN, R. F., R. M. KIRK. 1969. Relationship between grain size, size-sorting, and foreshore slope on mixed sand-shingle beaches. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics.* 12, 138-155.
- RECTOR, R. L. 1954. Laboratory study of equilibrium profiles of beaches: US Army Beach Erosion Board. *Technical Memorandum n.º 41*, 38 pp.
- SHEPARD, F. P. 1963. *Submarine geology* (2nd edition). Harper and Row. New York. 557 pp.
- SUNAMURA, T. 1984. Quantitative predictions of beach-faces slopes. *Geological Society of America Bulletin.* 95, 242-245.
- WIEGEL, R. L. 1964. *Oceanographical engineering: Englewood Cliffs.* Prentice-Hall. New Jersey. 532 pp.

Manuscrito recibido en julio de 1985.

Playas de Gran Canaria (España): los carbonatos de sus arenas

Jesús Martínez (*)

(*) C.U.S. de Ciencias del Mar, apartado 550, Las Palmas, España.

RESUMEN

Se estudian los detritos carbonatados, biogénicos, de las playas arenosas de Gran Canaria.

Se establecen unos criterios de muestreo, tanto en el espacio como en el tiempo. Las muestras se analizan con el calcímetro de Bernard y mediante la difracción de R.X. (método de polvo).

Los contenidos en carbonatos de las arenas, fundamentalmente basálticas y/o fonolíticas:

1. — *Determinan el índice de color de las playas.*

2. — *Permiten identificar el grado de evolución de las playas, que se correlaciona con sistemas sedimentarios abiertos o cerrados, en los entornos canarios.*

3. — *Se distribuyen según los diagramas de transportes intermareales y los procesos de acreción-erosión.*

Palabras clave: Arenas, carbonatos, playas, Gran Canaria.

ABSTRACT

Beaches of Gran Canaria (Spain): Carbonates of the sands.

The carbonated, biogenetical from the sandy beaches of Gran Canaria are studied.

Some sampling criteria are established not only in the space but also in the time.

The samples are analyzed with Bernar's calcimeter and the X.R. diffraction (powder method).

The contents in carbonates of the sands which are mostly basaltic and/or phonolitical:

1. — *They set up the colour index in the beaches.*

2. — *They allow us to identify the evolution degree of the beaches, which is in connection with opened or closed sedimentary systems, in the canarian surroundings.*

3. — *They are organized according to the intertidal transport diagrams and the accretion-erosion processes.*

Key words: Sand, carbonates, beaches, Gran Canaria.

INTRODUCCION

Naturaleza y procedencia de los detritos carbonatados

Los carbonatos de las arenas, en las playas canarias, pertenecen a dos fases mineralógicas: la calcita y el aragonito, en coherencia con una interpretación bioclástica de los mismos, en un entorno geográfico de rocas ígneas, sin relieves calcáreos, sin procesos generalizados de encalichamiento y sin que estos encalichamientos

sean transportados, de forma significativa, hacia el mar por las aguas superficiales.

Las cantidades de restos biogénicos (porcentajes en carbonatos), son una función:

a) De las disponibilidades de materiales, que dependerán a su vez, de la envergadura de la plataforma insular de abrasión, frente a la playa, y de los factores que controlen la vida en esta plataforma.

b) De las energías de las corrientes y olas, que producen una fragmentación y abrasión de los restos biogénicos y un pos-

terior transporte y depósito en la playa de los bioclastos.

Las anteriores variables están recogidas, entre otros, por Giles y Pilkey, 1965; Gorsline, 1966; Keary, 1967, y Flor, 1977, 1980 y 1982.

MATERIAL Y METODOS

Criterios de muestreo

Una vez diseñado el modelo de diagrama dominante de transportes intermareales, para una playa determinada, se identifica el transporte longitudinal más característico y en él se seleccionan tres muestras: una en el inicio del transporte, otra en el agotamiento y una tercera entre las dos anteriores. Pero esta selección de muestras debe corresponder a cuatro situaciones, de un ciclo anual de sedimentación:

- Situación de máxima acreción.
- Situación entre acreción y erosión.
- Situación de máxima erosión.
- Situación entre erosión y acreción.

No se descartan las calcimetrías de otras muestras, seleccionadas según modelos de diagramas de transportes que, sin ser dominantes, tienen suficiente entidad como para jugar un papel importante en los procesos sedimentarios.

También conviene conocer las calcimetrías de muestras de trasplaya, o por lo menos de una, con sus fracciones. En el caso que se analice sólo una muestra de trasplaya, ésta debe corresponder al período de máxima acreción y a un punto:

- Situado en la anchura media de la zona en cuestión.
- A la altura de la muestra intermareal, que ocupa una posición intermedia en relación con las otras dos intermareales.

De esta manera se analiza, en principio, doce muestras totales intermareales, más otra de la trasplaya, además de nueve fracciones de cada una de esas muestras. En definitiva, 130 calcimetrías, como mínimo, soportan una discusión sobre los conteni-

dos en carbonatos de las arenas de una playa.

En la obtención de muestras se utiliza un tubo de 5 cm de diámetro por 30 cm de longitud. Las arenas, posteriormente en el laboratorio, se lavan y homogenizan.

Metodología de laboratorio

Los contenidos en carbonatos se evalúan a partir de análisis con el calcímetro de Bernard (método volumétrico). Para los cálculos se ha preferido utilizar «blancos» (CO₂Ca químicamente puro) en lugar de considerar las condiciones ambientales de presión y temperatura.

La naturaleza de los carbonatos se identifica con la difractometría de R.X. Se trabaja con un equipo de la casa Philips, del Departamento de Mineralogía de la Universidad de Granada, compuesto por:

- Un generador de rayos PW 1 730.
- Una cabina del tubo PW 1 316-90.
- Un goniómetro PW 1 050/81.
- Un control del difractómetro PW 1 750.
- Un registrador PM 8 203.

Los diagramas de muestra en polvo se obtienen con las siguientes condiciones de operatividad (programa 24 de enero de 1984):

- Radiaciones Cuk alfa.
- Velocidad de barrido: 6° por minuto.
- Velocidad del papel: 10 mm por grado.
- Constante de tiempo: 0.5.
- Sensibilidad: 5:10³.
- Zona de exploración: de 2.5 a 63°.

Situación de las playas

Las playas grancanarias en seguimiento están localizadas en la figura 1 y se describen en el cuadro I.

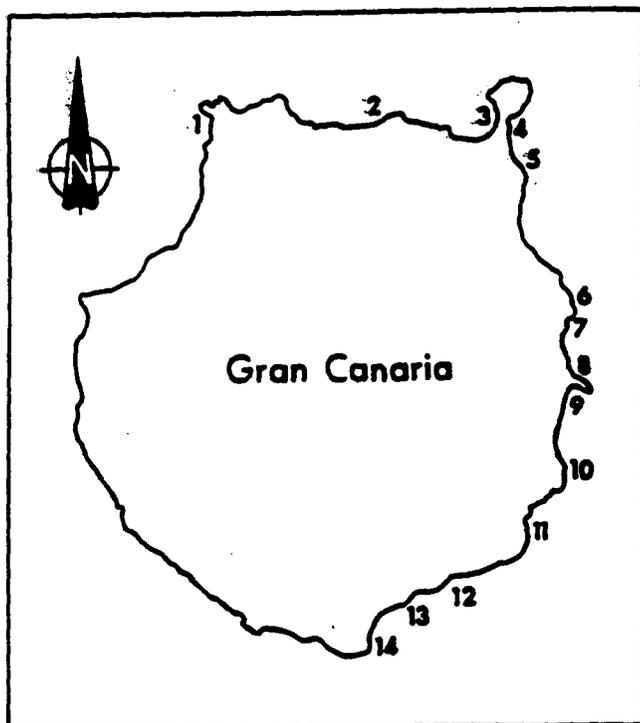


Fig. 1. — Localización geográfica de las playas gran-canarias en seguimiento.

1. Sardina del Norte (Galdar).
2. El Portillo (Aruacas).
3. Las Canteras (Las Palmas).
4. Las Alcaravaneras (Las Palmas).
5. La Laja (Las Palmas).
6. Playa de El Hombre (Telde).
7. Melenara (Telde).
8. Ojos de Garza (Telde).
9. El Burrero (Agüimes).
10. Playa de El Cabrón (Agüimes).
11. Pozo Izquierdo (Santa Lucía).
12. Tarajalillo (S. Bartolomé de Tirajana).
13. Las Burras (S. Bartolomé de Tirajana).
14. Playa de El Inglés (S. Bartolomé).

20 Km
Escala gráfica

CUADRO I. — Descripción de las playas en seguimiento.

Playa	Localización	Morfología	Dimensiones aproximadas		Fórmula de la clasificación genética según la metodología de Bores (1978)
			Longitud en m	Amplitud en m	
Sardina del N.	Costa N. (Galdar)	En caleta	85	45	$GG_{0,0}^0$
El Portillo	Costa N. (Aruacas)	En subcaleta	74	51	$GG_{0,0}^0$
Las Canteras	Costa N. (Las Palmas)	Sub-caletas en una caleta amplia	2 940	77	$GDdGGDdG_{0,0}^1$
Alcaravaneras	Costa N. (Las Palmas)	Rectilínea encajada	672	50-168	
La Laja	Costa N. (Las Palmas)	En caleta muy abierta	1 260	49	$GG_{0,0}^0$
El Hombre	Costa Oriental (Telde)	En caleta	224	91	$GG_{0,0}^0$
Melenara	Costa Oriental (Telde)	En caleta	287	112	$GG_{0,0}^0$
Ojos de Garza	Costa Oriental (Telde)	En caleta	420	36	$G(m,M)G_{1,0}^0$
El Burrero	Costa Oriental (Agüimes)	En caleta	205	30	$GG_{0,0}^0$
El Cabrón	Costa Oriental (Agüimes)	En caleta	275	25	$GG_{0,0}^0$
Pozo Izquierdo	Costa Oriental (Santa Lucía)	En caleta	410	17	$GG_{1,0}^0$
Tarajalillo	Costa meridional (S. Bartolomé)	Caleta en sentido amplio	325	35	$GG_{0,0}^0$
Las Burras	Costa meridional (S. Bartolomé)	En caleta	300	150	$GG_{0,0}^1$
El Inglés	Costa meridional (S. Bartolomé)	Rectilínea	2 485	70	$Gg_{0,2}^0$

RESULTADOS

El cuadro II recopila los contenidos en carbonatos de las arenas globales, de algunas playas grancanarias.

El cuadro III establece un contraste de porcentajes medios en carbonatos de dos playas: una en sistema sedimentario cerrado y otra en sistema abierto. Los datos corresponden a las distintas fracciones de las arenas.

El cuadro IV recoge las densidades de los materiales, que pueden formar arenas en las playas estudiadas.

Las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 y el cuadro V muestran las distribuciones de los carbonatos, en relación con diagramas de transportes longitudinales intermareales, por gradientes de sobreelevación del agua en el estrán.

CUADRO II. — Valores medios aproximados en carbonatos de las arenas de algunas playas grancanarias.

Playa	% carbonatos	
	Arenas intermareales	Arenas de transplayas
Canteras Norte	40.22	38.89
Canteras Sur	36.67	
Las Alcaravaneras	15.47	19.54
La Laja	13.46	
El Hombre	17.74	
Ojos de Garza	28.78	
El Cabrón	40.02	
El Inglés-Maspalomas		48.39

CUADRO III. — Distribución de los porcentajes medios de los componentes carbonatados, en las distintas fracciones de las arenas. Contraste entre una playa de sistema cerrado y otra de sistema abierto.

Playa Malla tamices en mm	Porcentajes de contenidos en carbonatos	
	El Cabrón (Agüimes) 1983-1984 Sistema cerrado	La Laja (Las Palmas) 1983-1984 Sistema abierto
Entre 1 y 0.25 inclusives	52.22	8.85
Entre 0.20 y 0.15 inclusives	40.97	16.61
0.10 y menores	13.11	2.95

CUADRO IV. — Densidades de los componentes de las arenas en las playas canarias.

COMPONENTE	DENSIDAD	Media de las densidades 2.94
Plagioclasa Na - k	2.70	
Nefelina	2.60	
Leucita	2.47	
Olivino (forsterita)	3.32	
Augita	3.25-3.55	
Hornblenda	3.34	
Fragmento de basalto	2.7-3.2	
Fragmento de ignimbrita fonolítica	2.3-2.4	
Calcita	2.71	
Aragonito	2.93	
Magnesita	3.00	
Dolomita	2.85	
Caparazón gasterópodo	3.2	
Costra de equinodermo	3.5	
Magnetita	5.2	Media de las densidades 5.05
Ilmenita	4.7	
Hematites	5.26	

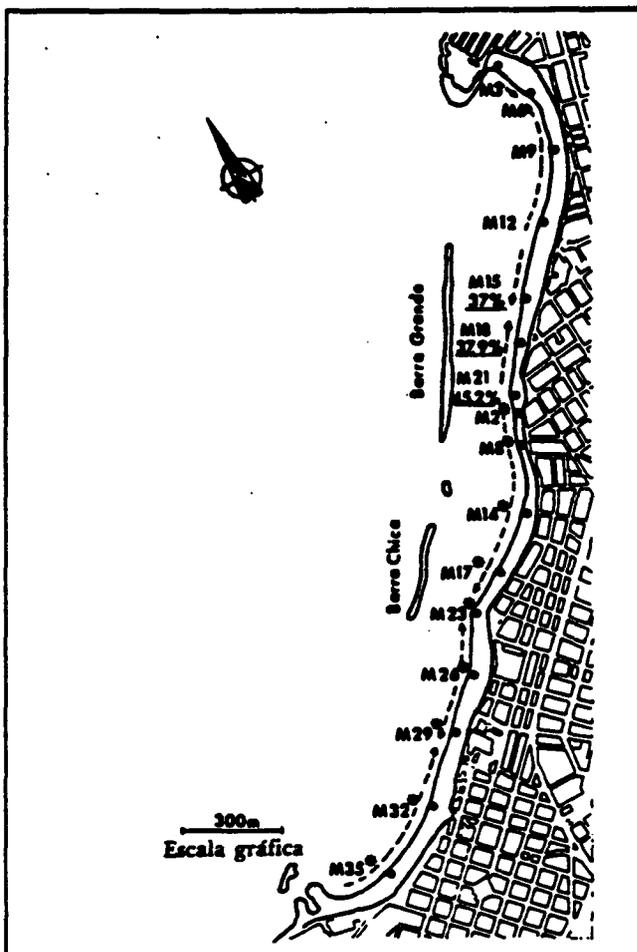


Fig. 2. — Las Canteras (Las Palmas). Distribución de los valores calcimétricos. 25/6/84. Entre erosión y acreción. • Situación de las muestras estudiadas.

CUADRO V.—Distribución temporal de los contenidos en carbonatos de las arenas de una playa inmadura.

Playa: Canteras Sur (Las Palmas). Período de seguimiento: 1983-84. Muestra 29: Zona intermedia de una corriente longitudinal por gradientes de sobreelevación		
Fecha	Situación sedimentaria	% carbonatos
26/2/84	Erosión	31.9
23/4/84	Entre erosión y acreción	40.09
25/6/84	Acreción	36.35
7/12/84	Entre acreción y erosión	41.76

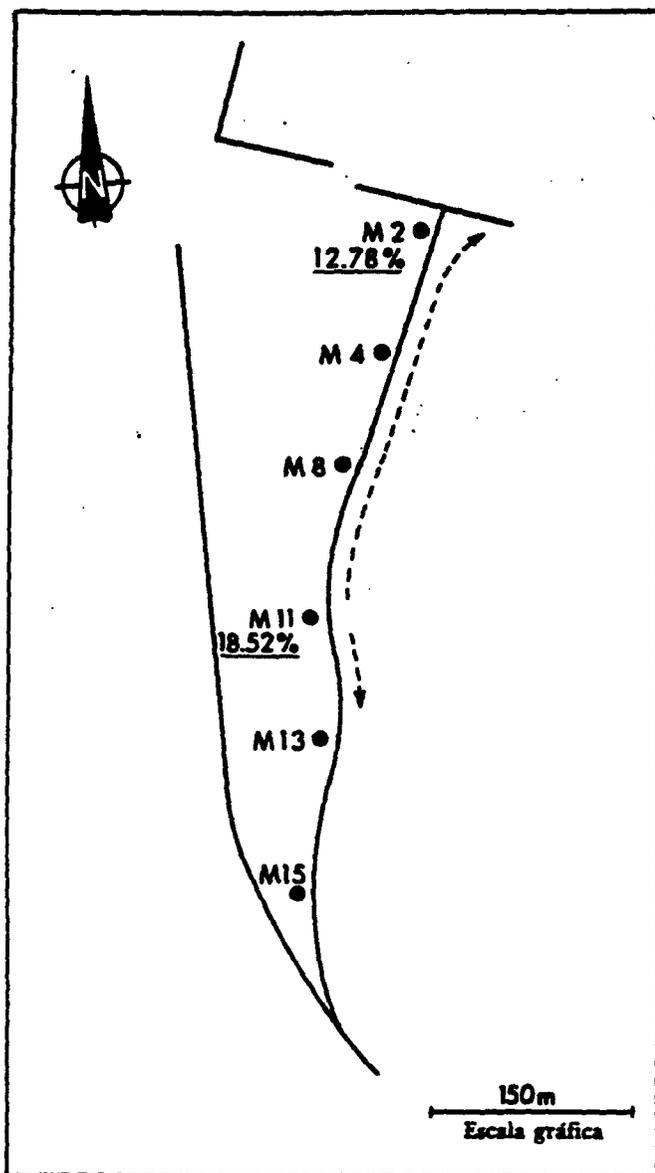


Fig. 3.— Distribución de los valores calcimétricos en la playa de Las Alcaravaneras (Las Palmas). 17/7/84. Oleaje del alisio. Entre máxima acreción y erosión. • Situación de las muestras estudiadas.

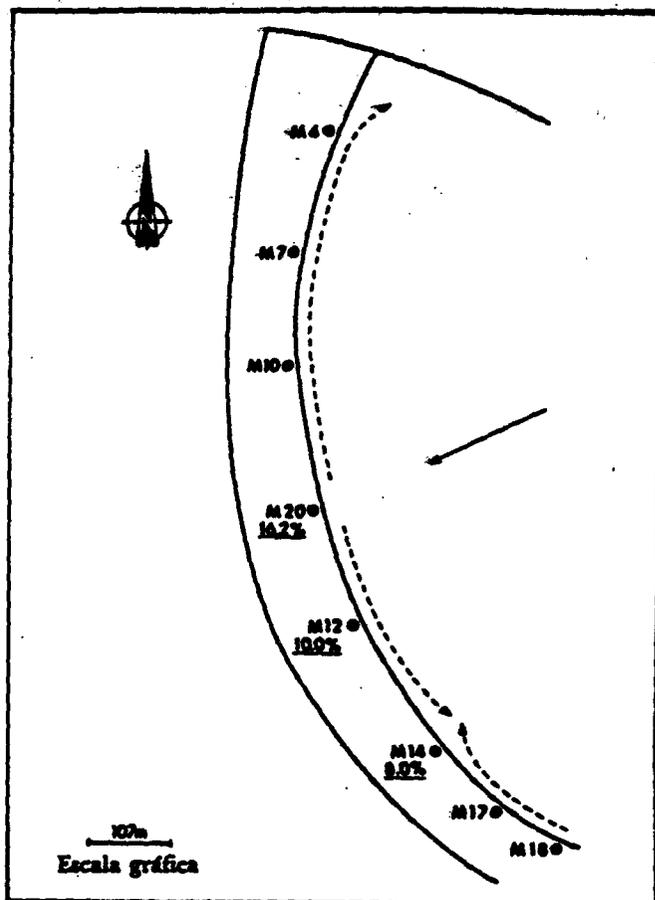


Fig. 4.— Playa de La Laja (Las Palmas). Distribución de los valores calcimétricos. 13/12/83. Máxima erosión. • Situación de las muestras estudiadas.

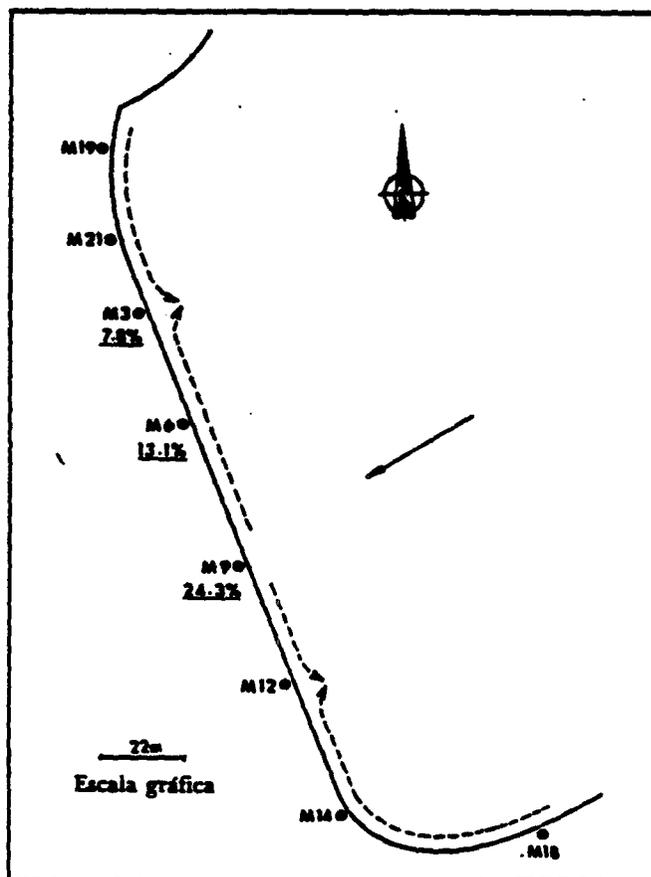


Fig. 5.— Playa de El Hombre (Telde). Distribución de los valores calcimétricos. 4/9/84. Período erosivo. • Situación de las muestras estudiadas.

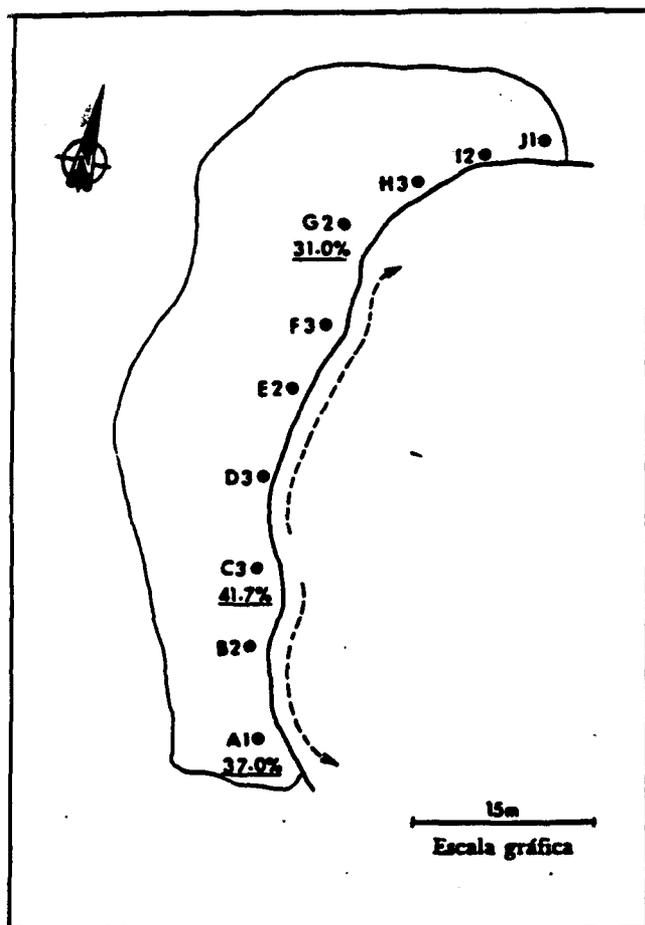


Fig. 6. — Playa del Cabrón (Agüimes). Distribución de los valores calcimétricos. 1/10/84. Máxima acreción. • Situación de las muestras estudiadas.

Y el cuadro VI reúne también datos sobre la distribución de los carbonatos, pero ahora en relación con los procesos de acreción-erosión en una playa inmadura.

CUADRO VI. — Playa evolucionada de El Cabrón. Distribución en el tiempo y en el espacio de los contenidos en carbonatos en muestras globales.

Muestra C3. Inicio de corrientes laterales por gradientes de sobreelevación.		
Fecha	Características del muestreo	% CO_3^{2-}
1/10/84	Máxima acreción	41.68
5/2/84	Máxima erosión	46.23
Muestra A. Agotamiento de corrientes laterales por gradientes de sobreelevación.		
1/10/84	Máxima acreción	36.97
5/2/84	Máxima erosión	42.48

DISCUSION

1. — Los contenidos en carbonatos, de las arenas de las playas grancanarias en seguimiento, oscilan entre un 13% y un 50% (cuadro II). Estos contenidos determinan el índice de color en los depósitos de playa, independientemente de que los fragmentos de roca sean basálticos y/o fonolíticos. En las playas seleccionadas, las arenas traquíticas no son significativas.

Una playa tiene coloración «rubia» cuando los carbonatos representan más de un 35%. Con porcentajes inferiores al 20%, la coloración es netamente grisácea.

2. — En la interpretación y composición de los contenidos en carbonatos de las distintas fracciones de las arenas, se recurre a correlacionar los sistemas cerrados o abiertos con la madurez o inmadurez de los depósitos. Pero estas correlaciones, en principio, serán válidas para las playas canarias, en las que los contenidos en carbonatos dependen casi exclusivamente de los bioclastos.

Se entiende por sistema cerrado una playa en la que los procesos de erosión y acreción representan transportes de los detritos entre el estrán y la playa sumergida. En los sistemas abiertos, los procesos de acreción, en gran medida, responden a aportaciones desde fuera de la playa, y los de erosión comprenden evacuaciones hacia otros entornos.

Flor (1977) utiliza los calificativos de «madura o evolucionada» para una playa cuando el tamaño de grano de las arenas está en relación directa con el contenido en carbonatos biogénicos. Los valores granulométricos de los detritos aumentan con los incrementos de bioclastos.

En muchas de las playas canarias (La Laja, El Hombre, etc.) no se da precisamente esta relación. Se trata de playas inmaduras, en las que los valores calcimétricos describen curvas unimodales, con máximos en las fracciones intermedias (entre las fracciones 0.15 y 0.20 mm, ambas inclusive), independientemente de los procesos de acreción y erosión, de los modelos de diagramas de transportes y de las localizaciones de las muestras en esos diagramas.

En esta discusión, serán arenas gruesas aquellas cuyos diámetros rebasen los 0.20

mm, arenas medias cuando los valores granulométricos se encuentren entre los tamices con mallas de 0.20 y 0.15 mm, ambos inclusive, y arenas finas si los tamaños son inferiores a los 0.15 mm.

Las playas maduras canarias se corresponden con sistemas sedimentarios cerrados y las playas inmaduras con sistemas abiertos. En efecto:

a) En los sistemas cerrados, los fragmentos de roca, sin nuevas aportaciones externas significativas, sufren un continuo proceso de abrasión, con lo que disminuyen progresivamente sus valores granulométricos. Sin embargo, estos sistemas están abiertos a aportaciones biológicas, que proporcionan inicialmente detritos gruesos. De ahí que los mayores contenidos en carbonatos estén en las fracciones de mayores valores granulométricos.

b) En los sistemas abiertos, las arenas de fragmentos de roca proceden de una erosión reciente de las plataformas de abrasión y acantilados, elementos geomorfológicos externos a los entornos de las playas y labrados en traquitas, fonolitas o basaltos. Las importantes aportaciones, poco trabajadas, de estos detritos hacen que los carbonatos no alcancen sus mayores concentraciones en las fracciones gruesas.

Según los datos del cuadro III, la playa del Cabrón (Agüimes) representa a una claramente madura, evolucionada. En cambio, la playa de La Laja (Las Palmas) admite el calificativo de inmadura.

3. — De acuerdo con los modelos de diagramas de corrientes longitudinales intermareales, por gradientes de sobre elevación, los contenidos en carbonatos decrecen en el sentido de avance de estas corrientes (figuras 2, 3, 4, 5 y 6), si tienen una magnitud de recorrido suficiente como para permitir una significativa deposición selectiva de los tamaños de grano. Así, los parámetros climatológicos y de oceanografía física, de los que dependen las corrientes longitudinales, condicionan a su vez, la distribución en el espacio de los valores calcimétricos de las arenas.

La anterior distribución se explica como sigue: los componentes carbonatados y mineralógicos de las arenas canarias, con

la excepción de las menas metálicas, tienen densidades muy próximas (cuadro IV). Por otra parte, los carbonatos tienden a concentrarse en unos valores granulométricos altos-intermedios (mayores a 0.15 mm), tamaños que gradualmente decrecen hacia los sectores de la playa, en donde mueren las corrientes longitudinales por gradientes de sobre elevación. Todo esto determina que los carbonatos disminuyan en el sentido de caída de la energía de transporte.

Las deducciones obtenidas, en esta línea, están en plena coincidencia con diversos trabajos de Flor (1977, 1980 y 1983).

4. — En arenas inmaduras, con una concentración preferencial de los carbonatos en las fracciones medias, los mayores valores calcimétricos en el total de las muestras corresponden, en el tiempo, a situaciones entre una máxima acreción y erosión de la playa, o viceversa. Cuando las arenas se aproximan a la madurez (sea el caso de la playa de El Cabrón), los máximos contenidos en carbonatos coinciden con los períodos más erosivos.

En efecto, en las playas inmaduras, las arenas medias, las más ricas en carbonatos, disminuyen durante las máximas acreciones, por los incrementos de los detritos más finos, y en las máximas erosiones, por los incrementos de los detritos más gruesos (cuadro V). Las distribuciones en el tiempo, de los valores calcimétricos, se basan en las evoluciones porcentuales de los valores granulométricos medios, en los que preferentemente se concentran los granos carbonatados. Las evoluciones están condicionadas por eventos oceanográficos físicos que determinan procesos de erosión y acreción.

En las playas maduras las arenas gruesas son las más carbonatadas, y éstas quedan favorecidas porcentualmente con los procesos de erosión. Los datos del cuadro 6 verifican esta formulación, en cierta medida, tanto en los inicios de corrientes longitudinales por sobre elevación como en donde éstas mueren.

Dentro de este marco de distribuciones de carbonatos en las arenas, no se deben descartar posibles aportaciones potenciadas, en función de las eclosiones biológicas estacionales.

CONCLUSIONES

1.— Los detritos carbonatados de las playas arenosas de Gran Canaria se interpretan como biogénicos, de acuerdo con los análisis por difracción de R.X. y con las posibles fuentes de suministro del entorno geográfico.

La abundancia de estos detritos en las playas depende de una serie de variables y condicionantes fisiográficos, biológicos y oceanográficos.

2.— El índice de color de las playas, con arenas basálticas y/o fonolíticas, depende de los contenidos en carbonatos. Con más de un 35% de carbonatos, las playas adquieren coloraciones rubias. Cuando no se alcanza el 20%, las coloraciones son griseas.

3.— Las playas inmaduras de estos entornos se identifican con sistemas sedimentarios abiertos. Los mayores contenidos en carbonatos están en las fracciones que definen a las arenas medias.

4.— Las playas maduras grancanarias se corresponden con sistemas sedimentarios cerrados. Los mayores contenidos en carbonatos se dan en las fracciones que definen a las arenas gruesas.

5.— Los contenidos en carbonatos de las arenas intermareales, decrecen en el sentido de avance de las corrientes longitudinales (longshore currents) por gradientes de sobreelevación.

6.— En las arenas inmaduras de una playa grancanaria, los mayores valores calcimétricos de las muestras totales corresponden, en el tiempo, a situaciones entre una máxima acreción y erosión, o viceversa. Cuando las arenas se aproximan a la madurez, los máximos contenidos en carbonatos coinciden con los períodos más erosivos.

BIBLIOGRAFIA

- AUTORES ANÓNIMOS (1969). «Análisis calcimétrico de rocas carbonatadas», Departamento de Estratigrafía, Universidad de Granada.
- BORES, P. S. (1978). «Shore classification-simple forms with prevailing wind action», III Congreso Inter IAEG, Madrid, pp. 150-169.
- FLOR, G., E. LLERA, y J. ORTEGA (1982). «Los carbonatos biogénicos de los sedimentos de las playas arenosas de Asturias y Cantabria: su origen y significado dinámico», *Cuadernos del Crimas*, n.º 2, 77 pp.
- FLOR, G. (1980). «Los carbonatos biogénicos de la zona intermareal de playa en relación con la dinámica y morfología costeras en Asturias y Cantabria», *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 78, pp. 275-289.
- FLOR, G. (1977). «Los carbonatos biogénicos en los depósitos arenosos de las playas del litoral asturiano», *Breviario Geológica Astúrica*, 4, pp. 51-62.
- GILES, R. T., & O. H. PILKEY (1965). «Atlantic beach and dune sediments of the Southern United States», *Jour. Sed. Petrol.*, 35, pp. 900-910.
- GORSLINE, G. S. (1966). «Dynamic characteristics of West Florida Gulf coast beaches», *Marine Geology*, 4 (5), pp. 187-206.
- KEARY, R. (1967). «Biogenic carbonates in beach sediments of the West Coast of Ireland», *Scient. Proc. of the Royal Dublin Soc., Series A*, 3 (7), pp. 75-85.

Manuscrito recibido en enero de 1987

Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arenas: métodos de investigación e interpretación.

Por J. MARTINEZ (*); J. SASTRE (**); G. ALEMAN (*); J. J. CASTRO H. (*);
A. MARTIN (**); D. ROBAYNA (*)

Se define y clasifican los movimientos topográficos en trasplayas y zonas de intermareales arenosas. Estos movimientos están condicionados por procesos de acreción y erosión.

Las observaciones de campo se hacen en la playa grancanaria de Pozo Izquierdo (Santa Lucía), situada en una caleta (bahía) de la costa oriental. Se describen el seguimiento topográfico, durante un ciclo anual, la metodología en el cálculo de cubicajes y el estudio sedimentológico.

En relación con la playa intermareal, se establecen dependencias físicas que, por último, repercuten en los movimientos topográficos, tanto en los longitudinales como en los transversales.

Los movimientos topográficos se explican dentro del marco de las dependencias establecidas.

INTRODUCCION

Concepto de movimientos en superficies topográficas de playas.

En rutinarias y sistemáticas observaciones en playas, se identifican y cuantifican, entre otros, unos movimientos, que se definen como «los cambios geométricos, en el espacio y en el tiempo, que sufren las superficies topográficas de los depósitos sedimentarios, a consecuencia de procesos de acreción y erosión».

La acreción y erosión de una playa implican una dinámica, que queda recopilada en la figura 1, de acuerdo con el esquema idealizado de Muslin (1984).

Tipos de movimientos

Los movimientos topográficos, en trasplayas y zonas de intermareales, se pueden establecer según dos criterios básicos.

- Movimientos transversales.
- Movimientos longitudinales.

Se entiende por movimientos transversales los que se deducen por comparación de unos mismos perfiles, perpendiculares a la línea de costa, a lo largo del tiempo.

Los movimientos longitudinales son los resultados del análisis y comparación, en el tiempo, de sucesivas superficies topográficas de una playa. Engloban a los movimientos transversales.

Movimientos transversales

En principio, se establecen cuatro tipos de movimientos transversales (cuadro 1):

- en bisagra,
- en acordeón.,
- de solapamiento, y
- en ascensor.

Los movimientos «en bisagra» corresponden a las distintas posiciones que ocupa un mismo perfil transversal, al bascular rígidamente desde un punto de origen, considerado fijo, en el límite interno de la playa.

Los movimientos «en acordeón» describen los avances y retrocesos del frente intermareal-submareal.

Hay un movimiento «en solapamiento» cuando un pedregal, o substrato rocoso, periódica-

(*) C.U.S. de Ciencias de Mar. Apartado de Correos, 550. Las Palmas.

(**) Departamento de Topografía. Universidad Politécnica de Canarias.

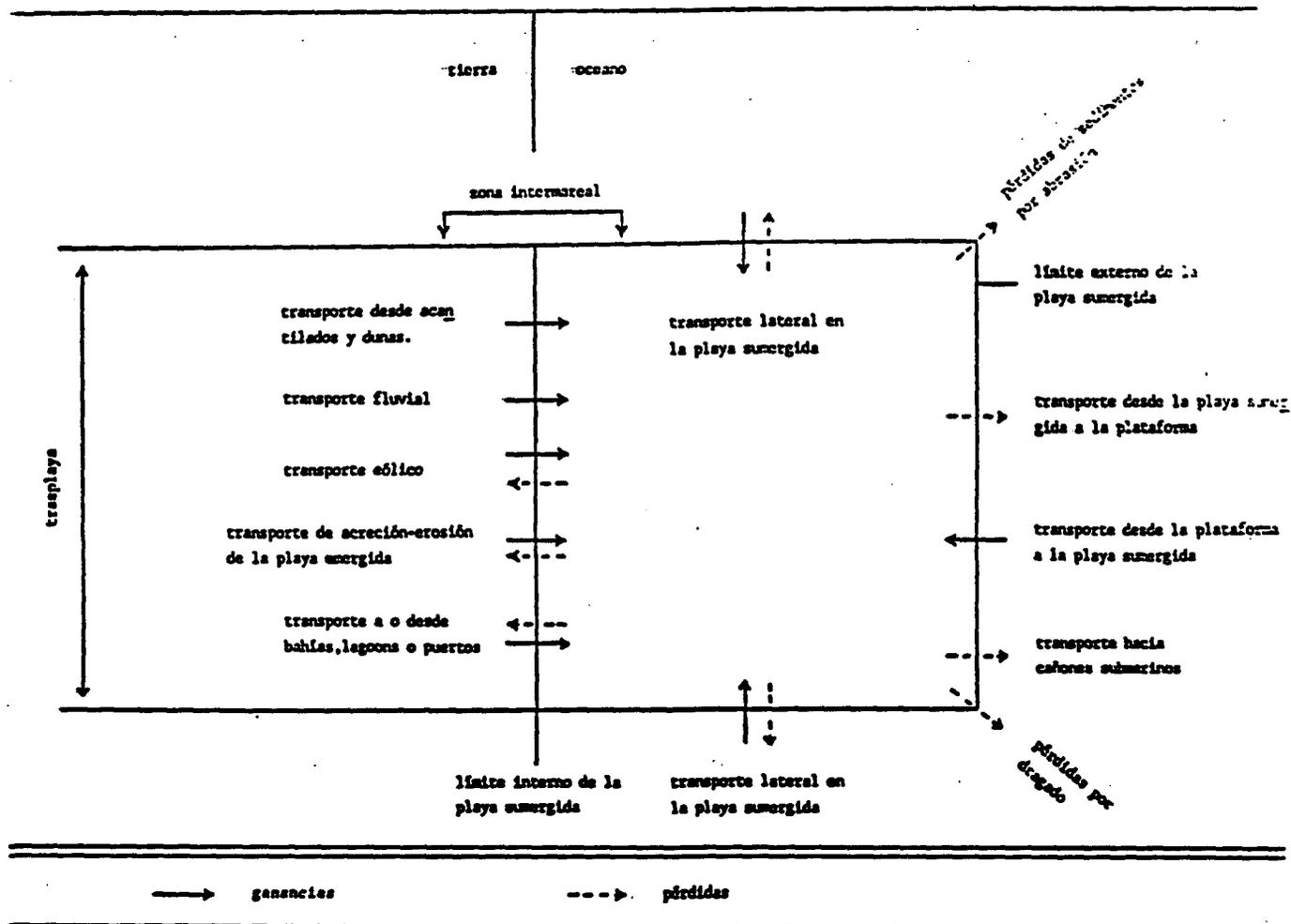


Figura 1.—Esquema de la dinámica de ganancias y pérdidas sedimentarias en una playa, según Muslin (1984)

mente se recubre por lenguas de arena, desde mar adentro. Estas lenguas pueden llegar, o no, al límite interno de la playa.

El movimiento «en ascensor» describe un desplazamiento en paralelo del perfil.

Las basculaciones tienen lugar, sobre todo, en las playas disipativas y los movimientos en acordeón en las intermedias, dentro de los esquemas morfodinámicos de las playas, desarrollados por Wright y Short (1983) y Short (1979-85).

Movimientos longitudinales

Se propone la siguiente clasificación y nomenclatura (cuadro 2).

- basculación monopolar extrema,
- basculación monopolar subcentral,
- basculación bipolar,

- desplazamiento vertical y,
- movimientos en oruga.

Se entiende por basculación monopolar extrema el movimiento, en el tiempo, de la superficie topográfica de una playa, cuando se abate desde un eje fijo transversal extremo.

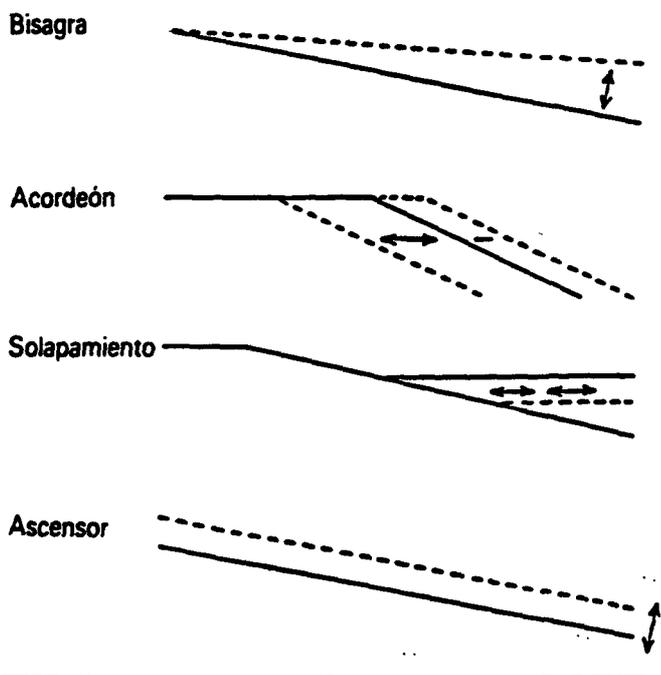
Las basculación monopolar subcentral consiste en una especie de aleteo de la superficie topográfica, respecto a un eje transversal fijo, en situación subcentral.

La basculación bipolar describe abatimientos de la superficie topográfica desde dos ejes transversales fijos, situados en los extremos de la playa.

El desplazamiento vertical se define como el movimiento de ascenso o descenso del conjunto de la superficie topográfica.

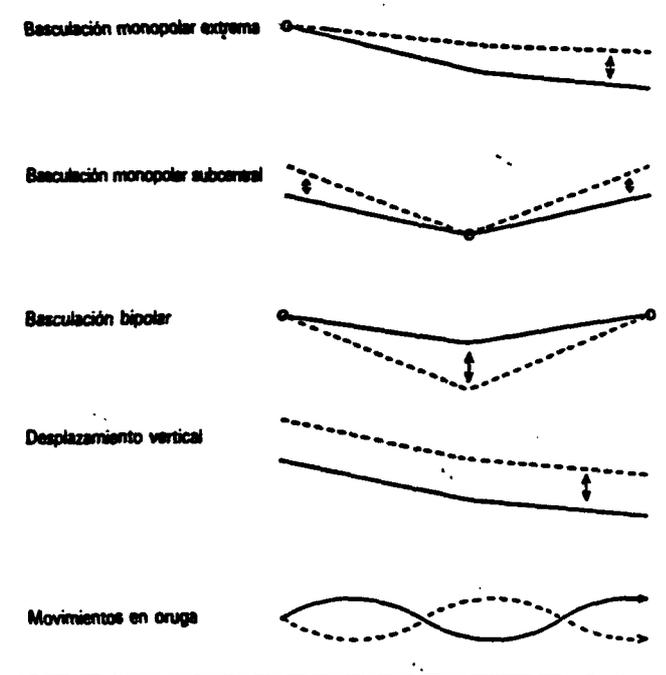
CUADRO 1

ESQUEMA DE LOS MOVIMIENTOS TRANSVERSALES (EN EL EJE «X» DE LAS PLAYAS)



CUADRO 2

ESQUEMAS DE LOS MOVIMIENTOS LONGITUDINALES (EN EL EJE «Y» DE LAS PLAYAS)



CUADRO 3

DISTANCIAS ENTRE LOS RADIALES EN CABECERA

Siglas de los perfiles	Distancia en metros
1 PR - 1 PV	34,5
1 PV - 2 PV	45,3
2 PV - 3 PV	61,2
3 PV - 4 PV	65,4
4 PV - 2 PR	93,5

Los movimientos en oruga describen los desplazamientos, en el tiempo, de las crestas y senos, que pueden formarse en la superficie topográfica de la playa.

Se dice que estos movimientos tienen signo positivo cuando implican acreciones en el depósito y, signo negativo en el caso contrario (erosiones).

ESCENARIO

El trabajo experimental se realiza en la playa de Pozo Izquierdo (Santa Lucía), en la costa oriental de Gran Canaria (figuras 2 y 3 y el cuadro 3).

La playa, la caleta, tiene una longitud de 410 metros por una anchura media de uno 20 metros. De acuerdo con Martínez (1985) y con los criterios y metodología de Suárez Bores (1978), se ajusta a la fórmula genérica:

$$G G_{1,0}^{\circ}$$

que la califica como playa de doble apoyo (encajada), de detritos heterogéneos (arenas, gravas y cantos), y de perfil completo y estable.

MATERIAL Y METODOS

Los movimientos topográficos en playas se abordan, en este trabajo, desde una doble perspectiva complementaria: la sedimentológica y la topográfica. En ambos casos, se hace un seguimiento sistemático (mensual) y coincidente, durante un ciclo anual.

Estudio sedimentológico

Se parte de un croquis de la playa, en donde están situados los puntos intermareales de muestreo.

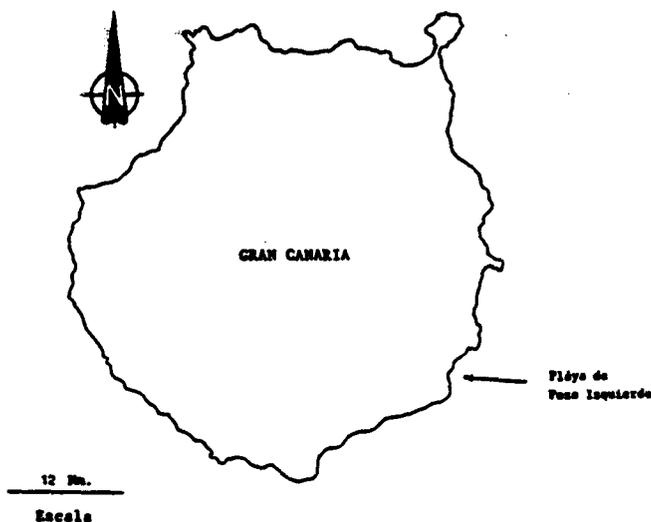


Figura 2.— Localización geográfica de la playa de Pozo Izquierdo. (Gran Canaria)

Las arenas se toman con un tubo de acero (o de plástico endurecido), de 30 cms. de longitud por 5 cms. de diámetro.

Se sigue el siguiente proceso, una vez tamizadas las muestras y deducidos los percentiles de los valores granulométricos Q_1 , M_d y Q_3 , y el parámetro Ska de Krumbein, como describe Corrales et al. (1977):

1. Se clasifican y denominan granulométricamente las arenas, de acuerdo con el método propuesto por Martínez (1986 a).
2. Se manipulan matemáticamente las medidas de los valores granulométricos del ciclo anual. Ello permite diseñar un modelo dominante de «transportes laterales de playa» (longshore transports), como describe Martínez (1986 b).
3. Se interpretan los parámetros de asimetría cuartil aritmética, Ska, que dan el marco energético de la sedimentación.

Estudio topográfico

Consiste en el levantamiento de perfiles transversales a la orilla, regularmente espaciados, y en el cálculo de cubicajes.

Levantamientos de perfiles

La fijeza de cada perfil, diseñado en el croquis de la playa, se logra mediante la señalización de dos clavos de hierro, embutidos en el terreno estable, fuera del ámbito de la playa. De esta

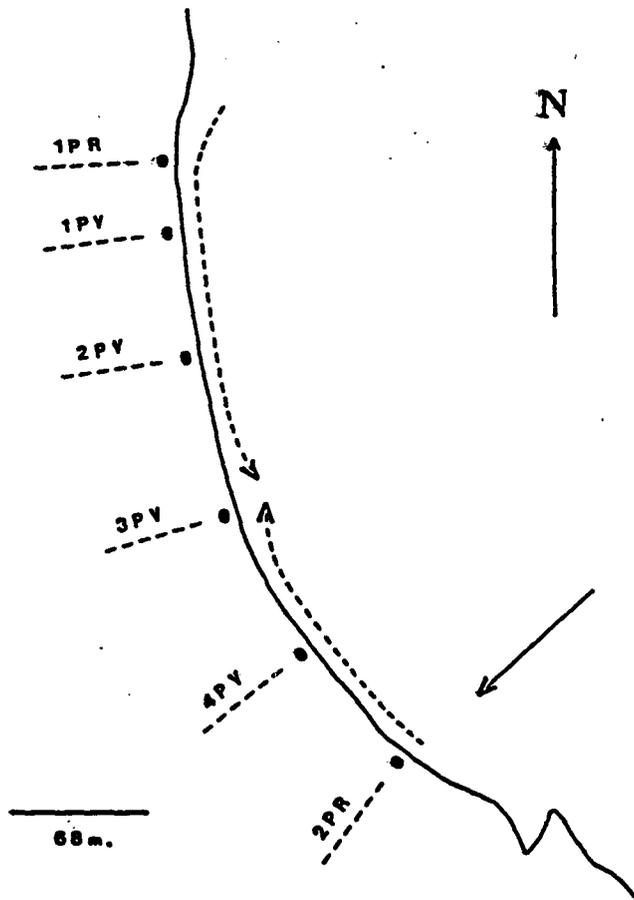


Figura 3.— Croquis de la playa de Pozo Izquierdo. (Gran Canaria).

manera, la alineación de los perfiles permanecen invariables en el tiempo.

Para la obtención de las distancias y desniveles, de los puntos singulares en los perfiles (cambios de pendientes, cambios de arenas a gravas y bloques), se utilizan un taquímetro, un par de miras y una cinta métrica metálica.

Se aplica el método de la nivelación trigonométrica.

Cálculo de cubicajes

En el seguimiento de los procesos sedimentarios, en principio bastarían calcular cubicajes relativos en los perfiles diseñados. Para ello:

1. Se trazan niveles de referencia por debajo de los perfiles, a una profundidad convenida desde los puntos de estación (cota de origen).
2. Se acotan todos los puntos de cada perfil, con ayuda de los datos de campo (figura 4).
3. Se descomponen en cuadriláteros las su-

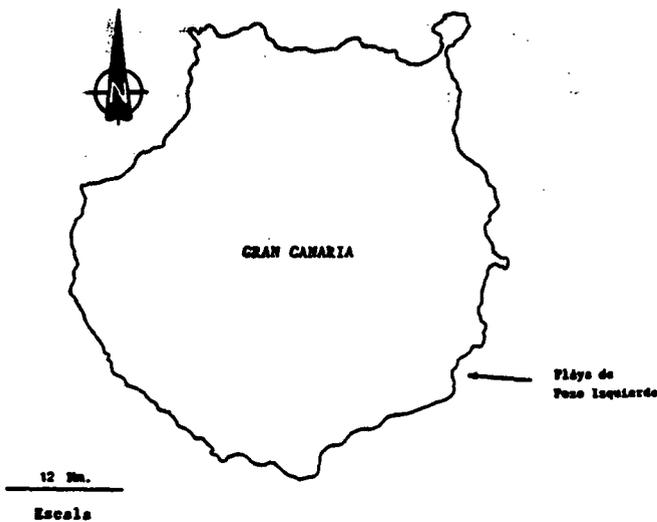


Figura 2.— Localización geográfica de la playa de Pozo Izquierdo. (Gran Canaria)

Las arenas se toman con un tubo de acero (o de plástico endurecido), de 30 cms. de longitud por 5 cms. de diámetro.

Se sigue el siguiente proceso, una vez tamizadas las muestras y deducidos los percentiles de los valores granulométricos Q_1 , M_d y Q_3 , y el parámetro Ska de Krumbein, como describe Corrales et al. (1977):

1. Se clasifican y denominan granulométricamente las arenas, de acuerdo con el método propuesto por Martínez (1986 a).
2. Se manipulan matemáticamente las medidas de los valores granulométricos del ciclo anual. Ello permite diseñar un modelo dominante de «transportes laterales de playa» (longshore transports), como describe Martínez (1986 b).
3. Se interpretan los parámetros de asimetría cuartilar aritmética, Ska , que dan el marco energético de la sedimentación.

Estudio topográfico

Consiste en el levantamiento de perfiles transversales a la orilla, regularmente espaciados, y en el cálculo de cubicajes.

Levantamientos de perfiles

La fijeza de cada perfil, diseñado en el croquis de la playa, se logra mediante la señalización de dos clavos de hierro, embutidos en el terreno estable, fuera del ámbito de la playa. De esta

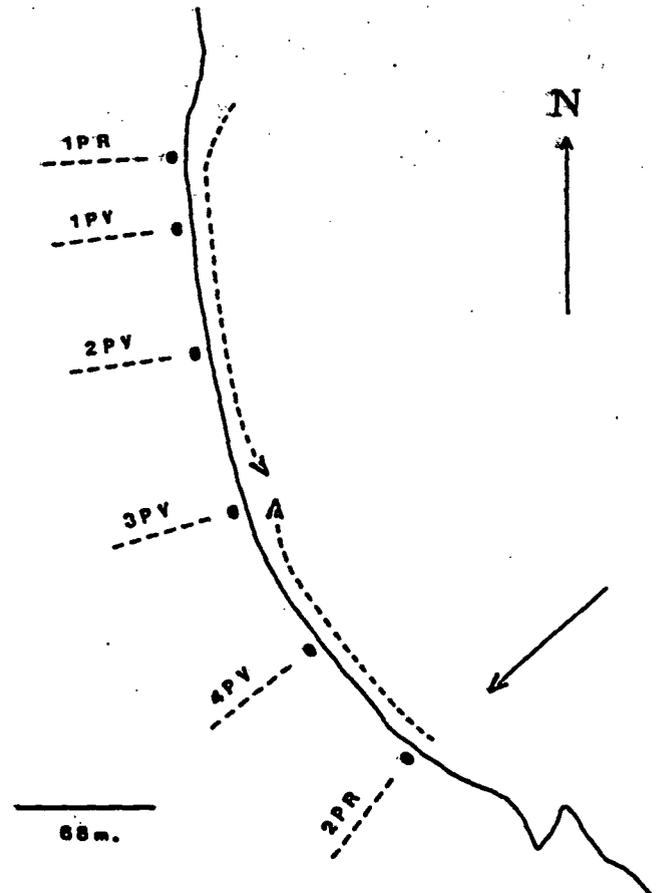


Figura 3.— Croquis de la playa de Pozo Izquierdo. (Gran Canaria).

manera, la alineación de los perfiles permanecen invariables en el tiempo.

Para la obtención de las distancias y desniveles, de los puntos singulares en los perfiles (cambios de pendientes, cambios de arenas a gravas y bloques), se utilizan un taquímetro, un par de miras y una cinta métrica metálica.

Se aplica el método de la nivelación trigonométrica.

Cálculo de cubicajes

En el seguimiento de los procesos sedimentarios, en principio bastarían calcular cubicajes relativos en los perfiles diseñados. Para ello:

1. Se trazan niveles de referencia por debajo de los perfiles, a una profundidad convenida desde los puntos de estación (cota de origen).
2. Se acotan todos los puntos de cada perfil, con ayuda de los datos de campo (figura 4).
3. Se descomponen en cuadriláteros las su-

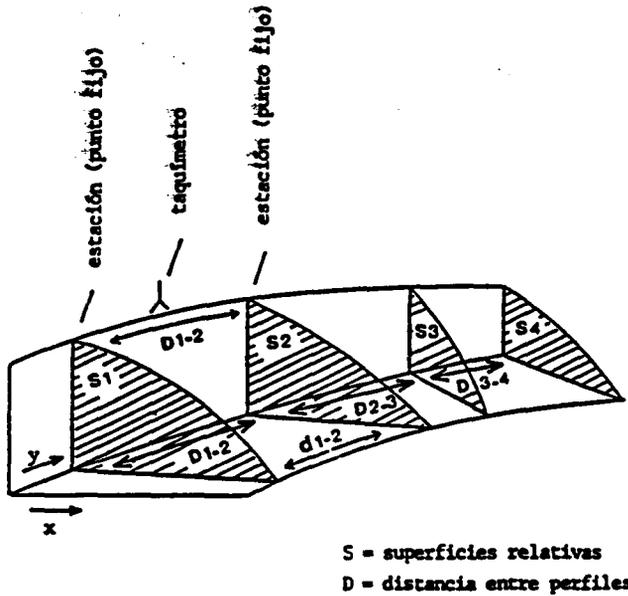


Figura 6. — Elementos geométricos para el cálculo de un volumen total relativo.

la anterior fórmula toma esta otra expresión:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times \frac{D_{1-2} + d_{1-2}}{2} + \dots + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} \times \frac{D_{n-1} + (n-1) - n}{2}$$

siendo:

D = distancia máxima entre dos perfiles.

d = distancia mínima entre dos perfiles.

Estimaciones cualitativas energéticas

Las estimaciones de la energía cinética en la playa, que condiciona los procesos de erosión-acreción, se deducen con medidas de asimetría en los sedimentos.

Se opta por el parámetro SKa de Krumbein (1934), que se aplica a las muestras intermareales, más significativas, de los sectores septentrional, central y meridional de la playa.

Con los datos se construyen gráficas, que relacionan las estimaciones de las energías cinéticas medias con las fechas de muestreo.

RESULTADOS

Los parámetros granulométricos de las arenas y los contrastes, en el espacio y en el tiempo, de los valores de las medianas se encuentran recogidos en los cuadros 4, 5 y 6.

El modelo de diagrama de transporte longi-

CUADRO 4

RECOPILACION DE OBSERVACIONES SEDIMENTOLOGICAS, CORRESPONDIENTES A LA PLAYA GRANCANARIA DE POZO IZQUIERDO

fecha	1 PR					1 PV					2 PV					3 PV					4 PV					2 PR				
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	SKa	C	Q ₁	Q ₂	Q ₃	SKa	C	Q ₁	Q ₂	Q ₃	SKa	C	Q ₁	Q ₂	Q ₃	SKa	C	Q ₁	Q ₂	Q ₃	SKa	C	Q ₁	Q ₂	Q ₃	SKa	C
17/11/84	0,287	0,210	0,161	0,094	11	0,240	0,180	0,165	0,014	14	0,205	0,180	0,180	0,080	14	0,280	0,176	0,185	0,091	14	0,210	0,176	0,147	0,085	14	0,227	0,180	0,180	0,015	14
27/12/84	0,270	0,205	0,170	0,015	11	0,230	0,180	0,180	0,085	14	0,220	0,180	0,185	0,012	14	0,285	0,176	0,116	0,082	13	0,280	0,180	0,180	0,080	14	0,280	0,180	0,180	0,080	14
26/1/85	0,230	0,180	0,180	0,005	14	0,235	0,185	0,180	0,012	14	0,285	0,180	0,185	0,080	14	0,285	0,175	0,185	0,085	14	0,195	0,170	0,185	0,085	14	0,220	0,180	0,155	0,007	14
9/3/85	0,840	0,420	0,250	0,125	7	3,800	0,880	0,370	1,885	Ca	0,240	0,210	0,175	0,082	14	0,215	0,185	0,180	0,012	14	0,280	0,185	0,180	0,010	14					
1/4/85	0,370	0,285	0,220	0,028	11	0,215	0,185	0,180	0,082	14	0,280	0,185	0,145	0,017	14	0,220	0,170	0,180	0,015	14	0,180	0,180	0,140	0,010	14	0,210	0,180	0,180	0,005	14
27/4/85	1,770	0,475	0,320	0,480	3	0,800	0,340	0,250	0,070	7						0,300	0,210	0,180	0,380	11	0,280	0,210	0,180	0,080	14					
25/5/85	1,300	0,570	0,380	0,275	3						0,230	0,180	0,180	0,015	14	0,230	0,180	0,170	0,010	14						0,240	0,200	0,180	0,015	14
2/7/85						0,880	0,480	0,280	0,125	8	1,400	0,880	0,340	0,021	3	0,225	0,170	0,185	0,020	14	0,270	0,180	0,180	0,025	11	0,215	0,175	0,175	0,020	14
22/7/85	2,000	0,961	0,580	0,330	3	0,740	0,440	0,330	0,085	8	0,240	0,180	0,180	0,020	14	0,250	0,180	0,180	0,025	11	0,250	0,180	0,180	0,025	11	0,230	0,180	0,150	0,010	14
24/8/85	3,850	2,300	1,400	0,325	Ca	1,100	0,580	0,340	0,180	3	0,250	0,180	0,180	0,015	14						0,280	0,210	0,180	0,010	11					
21/9/85	5,100	2,800	1,300	0,600	Ca	0,800	0,600	0,380	0,845	8	0,400	2,300	0,760	2,250	Ca	0,200	0,180	0,180	0,080	14	0,200	0,180	0,180	0,080	14	0,200	0,170	0,150	0,005	14
21/11/85	1,750	0,700	0,300	0,019	3	0,250	0,175	0,180	0,007	14	0,215	0,180	0,180	0,007	14	0,180	0,170	0,150	0,080	14	0,180	0,170	0,150	0,080	14	0,225	0,185	0,180	0,007	14

Q₁ = diámetro en mm de malla que separa el 25 por 100 de las granas mayores del 25 por 100 de granas mas pequeñas.

Q₂ = mediana granulométrica.

Q₃ = diámetro en mm de malla que separa el 75 por 100 de granas de mayores del 25 por 100 de granas mas pequeñas.

SKa = porcentaje de asimetría calculado con fórmula de Krumbein (1934).

C = clasificación y nomenclatura granulométrica de las dunas.

3 = arenas muy gruesas con arenas medias.

7 = arenas gruesas con arenas finas.

8 = arenas gruesas con arenas medias.

11 = arenas medias con arenas finas.

13 = arenas finas con arenas muy finas.

14 = arenas finas.

Ca = costas arenosas.

CUADRO 5

PLAYA DE POZO IZQUIERDO (GRAN CANARIA).

CONTRASTE, EN EL TIEMPO, DE LOS VALORES DE LAS MEDIANAS GRANULOMETRICAS, PROMEDIADAS EN EL ESPACIO. EN EL CALCULO SE EXCLUYEN LAS MEDIANAS DE LOS CANTOS ARENOSOS.

Fecha	7/11/84	27/12/84	26/1/85	9/3/85	1/4/85	27/4/85	25/5/85	2/7/85	22/7/85	24/8/85	21/9/85	2/11/85
Q ₂ (Md) intermareal en mm.	0,185	0,175	0,18	0,240	0,189	0,308	0,285	0,329	0,388	0,247	0,282	0,263
	máxima acreción					máxima erosión						

CUADRO 6

PLAYA DE POZO IZQUIERDO (GRAN CANARIA).

PERIODO DE SEGUIMIENTO: 17/11/84-2/11/85. CONTRASTE, EN EL ESPACIO, DE LOS VALORES DE LAS MEDIANAS GRANULOMETRICAS, PROMEDIADAS EN EL TIEMPO. EN EL CALCULO SE EXCLUYEN LAS MEDIANAS DE LOS CANTOS ARENOSOS.

Radial	1 PR	1 PV	2 PV	3 PV	4 PV	1 PV
Q ₂ (Md) intermareal en mm.	0,446	0,331	0,241	0,174	0,178	0,184
	inicio long- shore trans- port.		agotamiento longshore transports.			inicio long- shore trans- port.

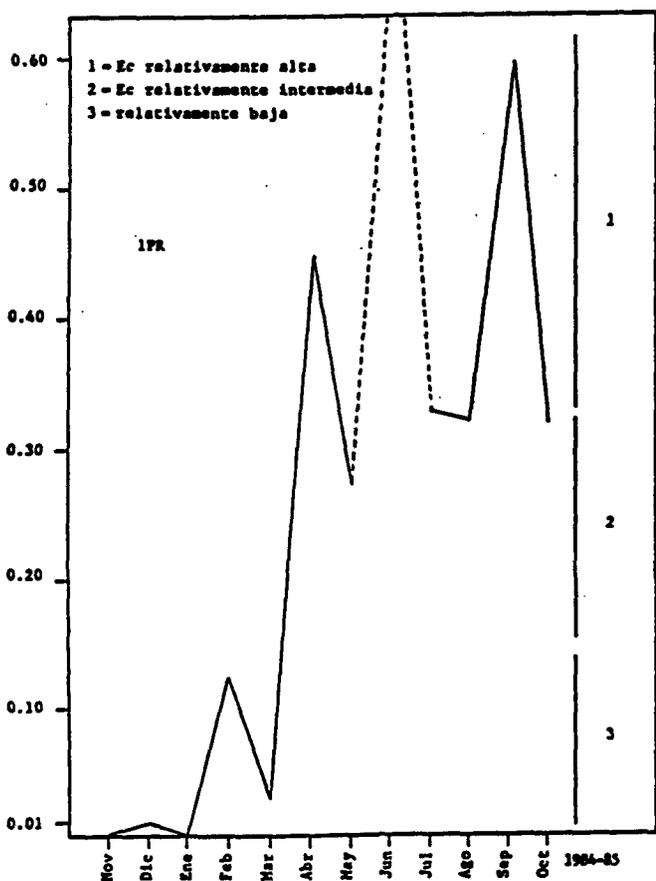


Figura 7.—Evolución, en el tiempo, del parámetro Ska de Krumbeyn, en el perfil 1 PR.

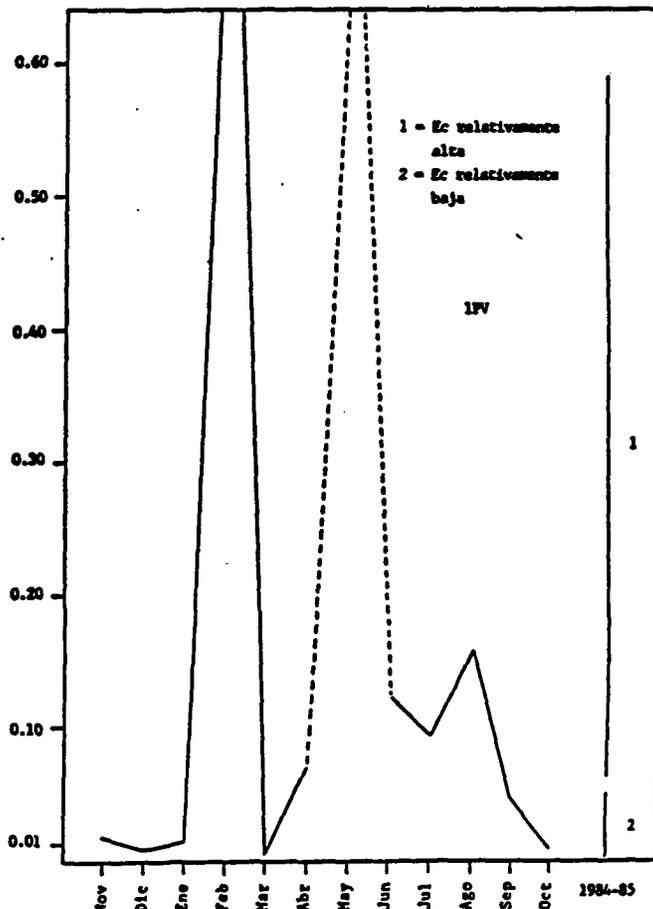


Figura 8.—Evolución, en el tiempo, del parámetro Ska de Krumbeyn, en el perfil 1 PV.

LOS MOVIMIENTOS DE LAS SUPERFICIES TOPOGRAFICAS EN LAS PLAYAS DE ARENAS

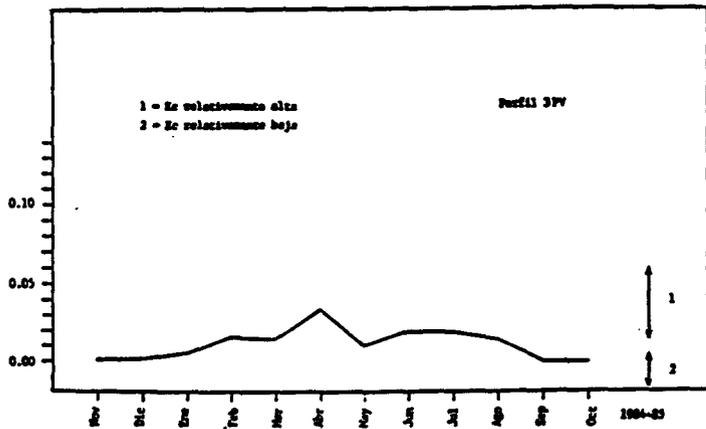


Figura 9. — Evolución, en el tiempo, del parámetro Ska de Krumbein, en el perfil 3 PV.

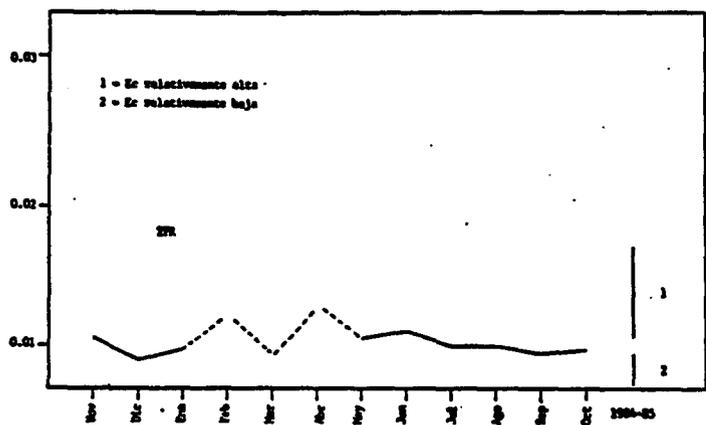


Figura 10. — Evolución, en el tiempo, del parámetro Ska de Krumbein, en el perfil 2 PR.

tudinal dominante, por gradientes de sobreelevación, en la playa, está diseñado en la figura 3, a partir del contraste, en el espacio, de las medianas granulométricas.

Las evoluciones, en el tiempo, del parámetro SKa de Krumbein, para los distintos puntos de muestreo, se representan en las figuras 7, 8, 9 y 10.

Las observaciones topográficas de campo, ya manipuladas matemáticamente, se recopilan en los cuadros del 7 al 15.

Las figuras 11, 12 y 13 visualizan los movimientos de la superficie topográfica de la playa, de acuerdo con las medidas topográficas.

DISCUSION

En el margen septentrional de la playa, el más energético, los detritos pasan de arenas finas, durante la acreción, a cantos arenosos, en la máxima erosión. Entre estos dos términos se intercalan, a lo largo del ciclo sedimentario, arenas finas, medias, gruesas y muy gruesas (figuras 7 y 8 y cuadros 4 y 5).

En el sector central, el más estable volumétricamente, y en el margen meridional, ambas zonas de baja energía relativa, los detritos se

CUADRO 7
ACOTACION DEL PERFIL 1 PR

Fecha	Pérfil 1 PR							
	a		b		c		d	
	x	y	x	y	x	y	x	y
17/11/84	4,42	9,54	8,78	8,25	13,88	7,74	16,36	7,48
27/12/84	5,27	9,06	10,23	8,13	16,36	7,60		
26/1/85	4,28	9,56	13,68	7,56	16,36	7,38		
9/3/85 (febrero)	2,15	9,90	5,96	8,77	16,36	7,41		
1/4/85 (marzo)	2,27	9,94	11,93	7,79	16,36	7,54		
27/4/85	2,13	9,96	11,93	7,78	16,36	7,45		
25/6/95	2,17	9,90	5,35	8,75	16,36	7,89		
2/7/85 (junio)	2,41	9,84	5,76	8,73	16,36	7,62		
22/7/85	1,84	9,89	5,63	8,68	16,36	7,30		
24/8/85	2,24	9,54	4,84	8,75	16,36	7,47		
21/9/85	1,87	9,80	9,07	9,02	16,36	7,39		
2/11/85 (octubre)	1,78	9,84	3,96	8,87	6,10	8,58	16,36	7,40

Cabecera perfil x = 0,00
y = 10,00 Datos en metros

CUADRO 8
ACOTACION DEL PERFIL 1 PV

Fecha	Perfil 1 PV							
	a		b		c		d	
	x	y	x	y	x	y	x	y
17/11/84	8,54	9,79	16,58	8,07				
27/12/84	9,29	9,52	14,04	8,26	16,58	8,07		
26/1/85	5,86	10,35	15,53	8,07	16,58	7,99		
9/3/85 (febrero)	3,03	9,62	9,29	9,97	13,55	8,40	16,58	8,03
1/4/85 (marzo)	9,16	9,89	16,58	8,06				
27/4/85	8,94	9,84	13,11	8,97	16,58	8,25		
25/5/85	8,38	9,82	13,54	8,79	16,58	8,10		
2/7/85 (junio)	9,04	9,72	13,50	8,48	16,58	8,10		
22/7/85	8,31	9,78	11,61	8,67	16,58	8,06		
24/8/85	8,32	9,67	12,11	8,55	16,58	8,00		
21/9/85	8,12	9,58	14,96	8,02	16,58	7,85		
2/11/85 (octubre)	7,32	9,78	9,74	8,96	14,96	8,03	16,58	7,89

Cabecera perfil x = 0,00
y = 10,37 Datos en metros

CUADRO 9
ACOTACION DEL PERFIL 2 PV

Fecha	Perfil 2 PV							
	a		b		c		d	
	x	y	x	y	x	y	x	y
17/11/84	4,54	8,91	13,79	10,06	17,36	9,22		
27/12/84	5,87	9,33	13,24	10,04	17,36	9,18		
26/1/85	13,49	10,07	17,36	9,42				
9/3/85 (febrero)	13,15	9,58	16,44	8,48	17,36	8,37		
1/4/85 (marzo)	12,68	9,56	17,36	8,58				
27/4/85*	13,09	9,53	17,36	8,70				
25/5/85*	13,12	9,50	16,76	8,64	17,36	8,55		
2/7/85 (junio)	12,95	9,60	17,36	8,35				
22/7/85	12,98	9,51	14,11	8,21	17,36	8,47		
24/8/85	13,73	9,47	17,36	8,57				
21/9/85	12,34	9,41	17,36	8,39				
2/11/85 (octubre)	12,15	9,38	13,94	8,72	17,36	8,23		

* Cambio de referencia

Cabecera perfil x = 0,00
y = 9,21 Datos en metros

clasifican como arenas finas, a lo largo de todo el ciclo anual, aunque cabe la posibilidad de que sean sustituidos por arenas medias con are-

nas finas, en el período erosivo (figuras 7 y 8 y cuadros 4 y 5).

CUADRO 10
ACOTACION DEL PERFIL 3 PV

Fecha	Perfil 3 PV							
	a		b		c		d	
	x	y	x	y	x	y	x	y
17/11/84	6.22	8.77	15.82	9.88	22.24	9.49	25.49	8.63
27/12/84	12.07	9.45	21.35	9.54	25.42	8.68	30.52	7.74
26/1/85	16.10	9.90	22.19	9.55	26.95	7.64	30.52	7.49
9/3/85 (febrero)	18.32	9.88	30.52	7.91				
1/4/85 (marzo)	18.16	9.89	30.52	7.62				
27/4/85*	18.52	9.74	25.47	8.65	30.52	8.04		
25/5/85*	19.16	9.83	27.34	8.77	30.52	8.08		
2/7/85 (junio)	18.96	9.79	25.76	8.84	29.14	7.86	30.52	7.70
22/7/85	18.35	9.78	23.54	9.20	30.52	7.84		
24/8/85	19.20	9.67	25.40	8.49	30.52	7.11		
21/9/85	20.00	9.84	28.38	7.70	30.52	7.50		
2/11/85 (octubre)	20.00	9.80	22.59	9.08	26.99	7.85	30.52	7.56

* Cambio de referencia

Cabecera perfil x = 0,00
y = 9,50 Datos en metros

CUADRO 11
ACOTACION DEL PERFIL 4 PV

Fecha	Perfil 4 PV							
	a		b		c		d	
	x	y	x	y	x	y	x	y
17/11/84	2.38	9.84	3.34	9.79	5.36	9.46	8.90	9.33
27/12/84	3.69	9.42	8.03	9.06	11.49	8.33	14.93	7.70
26/1/85	3.79	9.41	9.37	8.97	14.93	7.76		
9/3/85 (febrero)	5.69	10.13	7.51	9.12	14.93	7.88		
1/4/85 (marzo)	8.77	9.58	14.93	7.84				
27/4/85	8.97	9.46	11.56	8.81	14.93	7.58		
25/5/85	5.68	9.85	9.98	8.50	14.93	7.65		
2/7/85 (junio)	5.61	9.70	9.30	8.27	14.93	7.67		
22/7/85	3.81	9.84	5.78	9.06	14.93	7.79		
24/8/85	3.45	9.89	6.88	9.01	14.93	7.30		
21/9/85	4.08	9.82	7.91	8.62	10.38	8.45	14.52	7.60
2/11/85 (octubre)	3.74	9.93	7.64	9.41	9.14	9.11	14.93	7.54

Cabecera perfil x = 0,00
y = 10,03 Datos en metros

Se deduce el modelo de diagramas de transporte, por gradientes de sobre-elevación, en la playa, válido para el ciclo sedimentario anual,

a partir del contraste, en el espacio, de los valores de las medianas granulométricas, promediadas en el tiempo (cuadro 6).

CUADRO 12
ACOTACION DEL PERFIL 2 PR

Fecha	Perfil 2 PR							
	a		b		c		d	
	x	y	x	y	x	y	x	y
17/11/84	4,33	10,41	6,11	9,98	7,63	10,05	10,49	9,68
27/12/84	4,31	10,28	6,70	10,03	7,44	10,09	10,29	9,55
26/1/85	4,74	10,20	7,48	10,06	9,53	9,77	13,84	8,14
9/3/85 (febrero)	6,00	10,20	8,64	9,19	18,41	7,35		
1/4/85 (marzo)	6,15	10,25	16,38	7,58	18,41	7,48		
27/4/85	5,89	10,25	10,66	9,23	18,41	7,24		
25/5/85	5,55	10,23	12,53	8,60	18,41	7,39		
2/7/85 (junio)	6,11	10,20	11,46	9,10	18,41	7,76		
22/7/85	5,65	10,26	9,48	9,74	16,03	7,95	18,41	7,57
24/8/85	5,45	10,29	13,56	8,63	18,41	7,76		
21/9/85	6,28	10,16	10,28	9,58	18,41	7,69		
2/11/85 (octubre)	6,08	10,06	8,00	9,80	9,37	9,84	11,86	9,07

Cabecera perfil x = 0,00
y = 9,99 Datos en metros

CUADRO 13

MEDIAS DE INCREMENTOS DE CUBICAJES, INTEGRADOS EN EL ESPACIO, EN LA PLAYA DE POZO IZQUIERDO (GRAN CANARIA), PARA DEDUCIR MOVIMIENTOS LONGITUDINALES EN LOS DEPOSITOS SEDIMENTARIOS

Fecha	Medias de incrementos relativos en m ³ , en los márgenes de la playa	Medias de incrementos relativos en m ³ , en el sector sub-central de la playa	Medias de incrementos relativos en m ³ , en la totalidad de la playa
noviembre 84	8,18	2,23	5,20
diciembre 84	4,94	7,12	6,65
enero 85	7,06	11,40	9,23
febrero 85	5,35	7,35	6,35
marzo 85	9,50	6,02	7,76
abril	9,50	-	-
mayo 85	7,46	-	-
junio 85	6,91	nuevos puntos de estación. { 8,15 6,04 2,81 4,36 1,63	valores relativos no relacionables con los precedentes { 7,53 5,39 3,19 3,95 3,41
julio 85	4,74		
agosto 85	3,58		
septiembre 85	3,54		
octubre 85	5,19		

El modelo describe dos corrientes longitudinales, de sentidos opuestos. Los transportes laterales se inician en los márgenes y se agotan en la zona subcentral de la playa (figura 3).

Por los valores de las medianas granulométricas y por los parámetros granulométricos de

asimetría, el transporte lateral septentrional es mucho más energético que el meridional (cuadro 4), y en ambos casos, la energía cinética media decae en el sentido de avance, como se deduce si se comparan las figuras 7, 8 9 y 10.

Para Del Moral (1980), los principales trans-

LOS MOVIMIENTOS DE LAS SUPERFICIES TOPOGRAFICAS EN LAS PLAYAS DE ARENAS

CUADRO 14

EVOLUCION DE LOS CUBICAJES «CONTRASTABLES» EN LOS MARGENES DE LA PLAYA. LONGITUD DEL NIVEL DE BASE INTERMAREAL: 10 m.

Fecha	Margen septentrional (1 PR + 1 PV)		Margen meridional (2 PR + 4 PV)		Incrementos totales en m ³
	m ³	incrementos en m ³	m ³	incrementos en m ³	
noviembre 84	343,27	15,24	347,35	24,36	39,60
diciembre 84	340,43	8,40	322,99	0,00	8,40
enero 85	342,41	10,38	344,2	21,21	31,59
febrero 85	343,01	10,98	342,43	19,44	30,42
marzo 85	346,25	14,22	349,57	26,58	40,80
abril 85	346,11	14,08	350,28	27,29	41,37
mayo 85	348,62	16,59	342,51	19,52	36,11
junio 85	343,447	11,41	344,83	21,84	33,25
julio 85	337,07	5,04	343,62	20,63	25,67
agosto 85	337,48	5,45	341,2	18,21	23,66
septiembre 85	332,03	0,00	345,64	22,65	22,65
octubre 85	333,83	1,80	351,67	28,68	30,48

CUADRO 15

CALCULO DE VOLUMENES SECTORIALES EN LA PLAYA DE POZO IZQUIERDO. LOS VOLUMENES SE CALCULAN MANTENIENDO CONSTANTES LAS LONGITUDES DE LOS PERFILES Y LAS SEPARACIONES ENTRE ELLOS.

Fecha	Sector septentrional (entre los perfiles 1 PR y 1 PV)		Sector meridional (entre los perfiles 2 PR y 4 PV)	
	volumen relativo en m ³	l volumen en m ³	volumen relativo en m ³	l volumen en m ³
Noviembre-84	13.341,2	339,9	14.385,0	168,3
Diciembre-84	13.156,6	155,3	14.230,7	14,0
Enero-85	13.375,7	374,4	14.235,4	18,7
Febrero-85	13.177,3	176,0	24.254,1	37,4
Marzo-85	13.455,0	453,7	14.413,0	196,3
Abril-85	13.453,3	452,0	14.427,1	210,4
Mayo-85	13.389,5	388,2	14.249,4	32,7
Junio-85	13.275,6	274,3	14.314,9	98,2
Julio-85	13.151,4	150,1	14.277,5	60,8
Agosto-85	13.091,0	89,7	14.216,7	0,0
Septiembre-85	13.008,2	6,9	14.310,2	93,5
Octubre-85	13.001,3	0,0	14.441,1	224,4

l = Incremento

portes de sedimentos, en las playas, se deben a corrientes longitudinales. Estos transportes condicionan los procesos de erosión-acreción, que determinan los movimientos de las superficies topográficas de las playas.

Se estima cualitativamente la distribución de la energía cinética media en la playa, durante

un ciclo anual de sedimentación, mediante los parámetros granulométricos de asimetría. El estudio se basa concretamente en los parámetros Ska de Krumbein.

De acuerdo con las figuras 7, 8, 9 y 10, se hacen las siguientes formulaciones:

- a) Los parámetros Ska revelan una mayor

incidencia energética en el margen septentrional que en el meridional, a lo largo del ciclo.

b) Por encima de un determinado valor del parámetro, las fluctuaciones, a la baja, no se corresponden con procesos de acreción.

c) Por encima de un valor crítico de parámetro Ska, específico para cada estación de muestreo, siempre hay procesos de erosión. Análogamente, por debajo de esos valores críticos tienen lugar procesos de acreción o, por lo menos, ausencia de erosión.

Estos valores críticos oscilan entre 0,4 y 0,6 mm, en el margen septentrional, y alrededor del 0.01 en el margen meridional y en el sector sub-central de la playa.

1. Con las estimaciones de procesos de erosión-acreción, a partir de los contrastes temporales de las medianas granulométricas, promediadas en el espacio (cuadro 5), y

2. Con los cálculos de cubicajes relativos de la playa (cuadros 13, 14 y 15).

Los cambios posicionales de las superficies topográficas, en las playas, son una consecuencia de los procesos de acreción y erosión, durante los ciclos sedimentarios.

En relación con esos procesos, las playas grancanarias se distribuyen en tres grupos:

Grupo I:

- Playas de la cornisa N., sometidas a un oleaje difractado del alisio.
- Playas del S., resguardadas del oleaje del alisio.

Grupo II:

- Playas de la cornisa N., abiertas directamente al oleaje del alisio.
- Playas del litoral oriental.

Grupo III:

- Playas del litoral occidental.

Se pueden dar casos de transición.

En las playas arenosas del Grupo I, la erosión tiene lugar preferentemente en los meses de invierno-primavera, y la acreción durante el verano y en la primera parte del otoño.

En el verano es cuando predomina el alisio, pero su oleaje llega a estas playas muy dificultado (debilitado energéticamente), con lo que

se favorecen los procesos de acreción. Las acumulaciones incrementadas perduran hasta bien entrado el otoño.

En el invierno-comienzo de primavera, con situaciones del NE normalmente atenuadas, aparecen los temporales del Sur o del NW., sin descartar los de esporádicos alisios reforzados. En esas circunstancias tienen lugar los procesos más importantes de erosión.

Los anteriores alisios reforzados repercuten, sobre todo, en la erosión de las playas meridionales, resguardadas del NE. Sus oleajes, después de difractados, conservan la suficiente energía como para determinar corrientes longitudinales en las playas, capaces de producir importantes barridos de detritos.

En las playas del Grupo II, las erosiones más significativas culminan en el verano, y las máximas acumulaciones se alcanzan a finales de otoño-comienzo de invierno.

Estos significa:

a) Que la erosión comienza con los temporales atlánticos de finales de invierno, más energéticos que los otoñales. Los procesos erosivos se continúan con la progresiva predominancia del oleaje del alisio, que llega a su apogeo en el verano, y

b) Que los temporales otoñales del NW. y las situaciones de «tiempo Sur» que sustituyen sustancialmente al alisio, propician, en general, bajas energéticas relativas en el oleaje, que favorecen los procesos de acreción en las playas de arenas.

La playa de Pozo Izquierdo pertenece al Grupo II. Los movimientos topográficos, que se deducen a continuación, verifican el modelo de procesos de acreción-erosión en el tiempo, formulados para las playas de este grupo.

Durante el período anual de seguimiento, y según los cuadros 13, 14 y 15, se deducen una serie de movimientos longitudinales y transversales en la superficie topográfica de la playa.

Los movimientos describen un ciclo que se puede analizar en tres fases, correlacionables respectivamente con procesos de acreción, erosión e inicio de acreción.

En el período de acreción (noviembre de 1984-enero de 1985), se observa una combina-

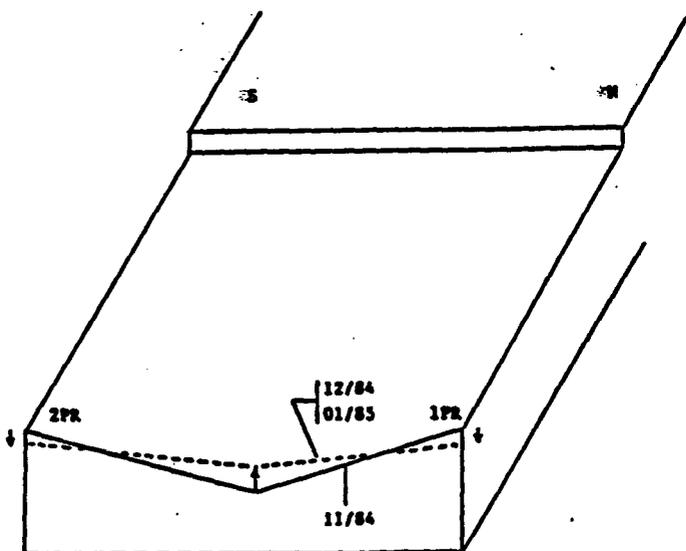


Figura 11.—Playa de Pozo Izquierdo (Gran Canaria). Movimientos de la superficie topográfica durante el periodo de acreción.

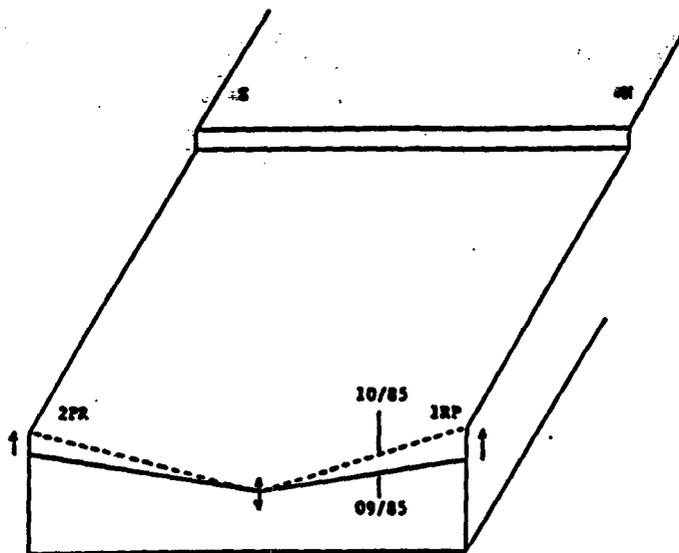


Figura 13.—Playa de Pozo Izquierdo (Gran Canaria). Movimientos de la superficie topográfica durante en el inicio del periodo de acreción.

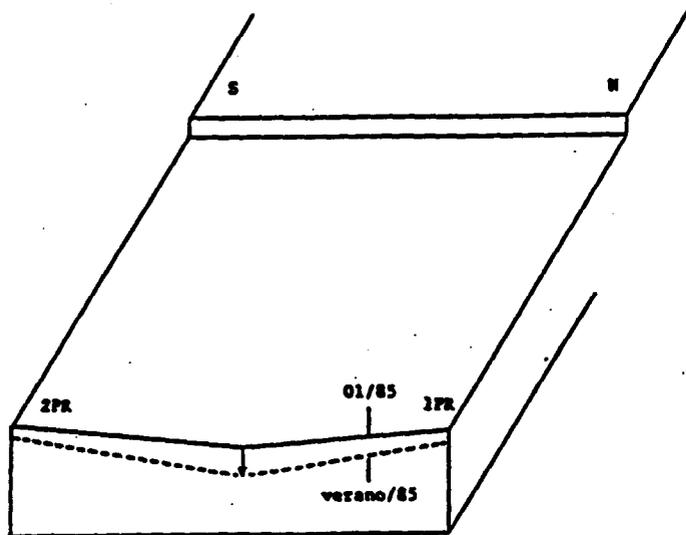


Figura 12.—Playa de Pozo Izquierdo (Gran Canaria). Movimientos de la superficie topográfica durante el periodo de erosión.

ción de dos tipos de movimientos: una basculación monopolar subcentral negativa, más un fuerte desplazamiento vertical positivo, que no llega a anular el signo negativo en los extremos de la playa (figura 11).

En el periodo erosivo (de febrero a agosto de (1985), se identifica un desplazamiento vertical negativo (figura 12).

En el inicio de la nueva acreción, que cierra el ciclo (septiembre y octubre de 1985), tiene lugar los movimientos que originan la posición

topográfica primitiva. Estos consisten en una basculación monopolar subcentral positiva, cuyo eje transversal de abastecimiento se sitúa entre los puntos 2PV y 3PV. Este eje, simultáneamente, sufre una cierta oscilación vertical (figura 13).

El periodo erosivo, con su movimiento vertical negativo «globalizado», encierra unos procesos de acreción, que tienen lugar en los meses de marzo y abril (campañas de 1-4-85 y 27-4-85 y cuadros 14 y 15). Las «transitorias» acreciones de segundo orden se relacionan con caídas de las energías cinéticas medias, sobre todo con las del mes de marzo (figuras 7, 8, 9 y 10), como era de esperar.

Las bajas energéticas, que no solamente interrumpen la erosión, sino que favorecen la acreción, se aplican con la interpretación de los mapas climatológicos de superficie. En ese periodo de tiempo, la climatología regional coincide con el predominio del alisio débil-marasmo y de vientos del E., que implican un oleaje debilitado en la costa oriental de la Isla.

Se identifican los procesos más patentizados, tanto de acreción como de erosión, en el margen septentrional, sometido a las mayores fluctuaciones energéticas (cuadro 15 y figuras 7, 8, 9 y 10). Por otro lado, el margen meridional es el más predispuesto energéticamente para el

inicio de los procesos de acreción (cuadros 14 y 15).

Finalmente, las situaciones, en el tiempo, de los procesos de acreción (incluidos los del segundo orden) y de erosión se verifican, por otra parte, con la metodología del contraste, también en el tiempo, de las medianas granulométricas, promediadas en el espacio.

CONCLUSIONES

1. Se sistematizan dos grupos de movimientos topográficos en trasplayas y zonas intermareales arenosas:

- a) Movimientos transversales:
 - en bisagra.
 - en acordeón.
 - de solapamiento, y
 - de ascensor.
- b) y movimientos longitudinales:
 - basculación monopolar extrema,
 - basculación monopolar subcentral,
 - basculación bipolar,
 - desplazamiento vertical, y
 - movimientos en oruga.

2. La playa grancanaria de Pozo Izquierdo soporta satisfactoriamente los seguimientos sedimentológicos y topográficos.

3. Los cálculos de cubicajes relativos se basan, lógicamente, en el seguimiento topográfico.

4. En la playa intermareal se establecen dependencias, muchas de ellas recíprocas. En estas dependencias intervienen:

- Los parámetros y clasificaciones granulométricas de las arenas.
- Las estimaciones cualitativas energéticas del oleaje incidente.
- Los modelos de transportes longitudinales, por gradientes de sobre elevación.
- Las situaciones climáticas en superficie, por sus repercusiones en el oleaje.
- Y los movimientos topográficos, como consecuencia de los procesos de erosión y acreción.

5. Durante este período de seguimiento, los

movimientos topográficos de la playa de Pozo Izquierdo describen un ciclo de tres fases, que se corresponden con los procesos de acreción, erosión e inicio de acreción. Cada una de las fases se descomponen en movimientos longitudinales y transversales, que se pueden clasificar y denominar de acuerdo con la sistemática propuesta.

6. Procesos secundarios de acreción, y quizás también de erosión, quedan incluidos en las fases principales del ciclo de movimientos topográficos.

BIBLIOGRAFIA

- CORRALES, I.; ROSELL, J.; SANCHEZ, L.; VERA, J.; VILAS, L. 1977: «Estratigrafía». Editorial Rueda. Madrid. 718 págs.
- DEL MORAL, R.; BERENGUER, J. M. 1980: «Planificación y explotación de puertos. Ingeniería oceanográfica y de costas». M.O.P. (Dirección General de Puertos y Costas) y Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas «Ramón Iribarren». Madrid. 483 páginas.
- MARTINEZ, J. 1985: «Clasificación genética de las playas, según Suárez Bores. Una aproximación a la clasificación de las playas grancanarias». I.C.E. de la Universidad Politécnica de Las Palmas. 52 págs.
- MARTINEZ, J. 1986: «Metodologías granulométricas». Publicaciones del I.C.E. de la Universidad Politécnica de Las Palmas. Seguimiento de playas. Serie 2. Número 1, 58 págs.
- MARTINEZ, J. 1986 b.: «Modelos de procesos litorales en playas de arena, según el contraste de los valores granulométricos». Boletín del Instituto Español de Oceanografía. Vol 3. N.º 3.
- MUSLIN, D. 1984: «Comprehensive study of the coast of California». Shore and Beach. Vol. 52. N.º 2. Págs. 31-35.
- SHORT, A. 1979: «Three dimensional beach stage model». J. Geol, 87. Págs. 553-571.
- SHORT, A. 1985: «Rip-Current type, sparing and persistence». Narraben Beach, Australia. Marine Geology, 65. Págs.47-71.
- SUAREZ BORES, P. 1978: «Shore Classification-Simple forms with prevailing wind wave action». III. Congres Inter. IAEG. Madrid. Págs. 150-169.
- WRIGHY, L.; SHORT, A. 1983: «Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia». In: P. D. Komar (Editor), C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosión; C.R.C. Press, Bca Raton, Fla. Págs. 35-64.

Twenty-first Coastal Engineering Conference

Proceedings of the International Conference

VOLUME 3

June 20-25, 1988
Costa del Sol-Málaga, Spain

Conference held under the auspices of the
Coastal Engineering Research Council of the
American Society of Civil Engineers

Organized by the Colegio de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos de España

and cosponsored by the
Directorate General for Ports and Coasts of the
Spanish Ministry of Public Works
Polytechnical Universities of
Madrid, Barcelona, Santander,
and Valencia

Edited by Billy L. Edge



Published by the
American Society of Civil Engineers
345 East 47th Street
New York, New York 10017-2398

CHAPTER 203

ACCRETION - EROSION IN THE BEACHES OF THE CANARY ISLANDS (SPAIN).

JESUS MARTINEZ MARTINEZ

Member of the Spanish Geological Society

Facultad de Ciencias del Mar. Apartado 550. Las Palmas. España.

ABSTRACT

In the beaches under study on the island of Grand Canary, we are identifying and measuring the intertidal annual cyclic processes of accretion and erosion, starting from the topographical movements of the strand.

These processes:

a) We are analyzing and interpreting these in the framework of the physical and geographical interdependences, and as responses to the more internal evolutions of the morphodynamics, in the sedimentary environments in question,

b) and permitting the definition and calculation of some indices of sedimentary gains and losses, of interest to coastal planning and management.

INTRODUCTION AND OBJECTIVES

In the opinion of Charlier (1987), the mathematical calculation and management of the sedimentary volumes, through observation of the topographical movements is, actually, the optimum method for the identification, measurement, and interpretation of the accretion and erosion processes (gains and losses) in sandy beaches.

If the topographical movements refer to the intertidal zones, as it happens in this work, we are obtaining answers to the more internal evolutions of the beach environment morphodynamics, in agreement with the outline of Wright and Short (1983).

The sedimentary dynamics of the beaches develop, to a very important proportion, between the shoreline and the breaker line. With a range of the astronomical tide of up to 2.82 m. (as is the case in the Canaries), the intertidal zones have sufficient amplitude to support truly valid investigations, referring to the accretion - erosion processes, in the beaches under study.

The accretion - erosion processes represent effects resulting from some determined causes. Knowing and understanding the "effect - cause" duality, we can predict "causes - effects" through the numerical model.

The modelling of these processes develops various conceptual stages. We will order these from bottom to top, depending on the best level of abstraction and generalization:

a) In the first phase, the works in the field aimed at identifying a physical model, in which predominates the selection of basic qualitative characteristics.

b) The translation of qualitative data to quantitative data constitutes a complex process, which passes through intermediate partial modeling steps. The representation of the selected descriptive parameters, of adequate scale, culminates in the establishment of a quantitative stage.

c) And in the quantitative phase, we apply, essentially, the mathematical method. This establishes an abstract problem which serves, preferentially, for the analysis of general questions.

The actual work, in the framework described, is situated between the qualitative phase and an intermediate semi-quantitative phase.

On the other hand, the estimations and indices of the sedimentary gains and losses in the beaches are useful, in the present form, in coastal planning and management. Nevertheless, the making of decisions needs to be based on an analysis of the whole of the physical processes and handicaps which appear in these situations.

GEOGRAPHICAL SETTING

The sandy beaches under study (figure 1) are located on the island of Grand Canary (Spain). The descriptions of the same are presented in condensed form in table 1.

ACTUAL TECHNIQUES

The study is based on the following techniques:

1. Elevation of the topographical profiles of the monthly studies, mostly in 1986. We are using the method of geometric levelling (by altitudes), as developed and described by Martínez et al (1987 a, 1987 b, and 1987 c).

2. Calculation of the relative volume of the sands, by the trapezoidal method, in agreement with Puig Adam (1979). The volumes correspond to an intertidal strip, previously determined, and from a convenient base level. The contrast of the series of relative volumes, in relation to the lowest value, measures the sand gains or losses.

3. Oceanographical analysis of the annual gains and losses of the beach sand. For this we have recourse to:

- the surface meteorological predictions
- and visual observations of the surf from ships "en route", in the Canary environment. The data is taken from the "Oceanographic Atlas of the North Atlantic Ocean", in its successive revisions.

With observations of the surf we analyze, for the greatest part of the Grandcanary coast:

- the maximum possibility of presentation/altitude, indefinite depth, of the significant "swell" and "sea" waves in a certain direction (pattern of the directional surf),

Beach	Location	Morphology	Approximate dimensions		Genetic classification after Suñer Bores (1960)
			Length in m.	Maximum width in m.	
Sardina del N.	Costa N. (Gülder)	in cove	85	45	$CC_{0,0}^0$
Las Cintas	Costa N. (Las Palmas)	subcove in a large cove	3100	90	$CCdCCdC_{0,0}^1$
El Hambre	Costa Oriental. (Taida)	in cove	224	91	$CC_{0,0}^0$
El Barrero	Costa Oriental. (Agüimes)	in cove	205	30	$CC_{0,0}^0$
El Ingüla	Costa Meridional (S. Bartolomé)	rectilinear	2700	100	$CC_{0,0}^0 (2)$
La Bojota	Costa Meridional (S. Bartolomé)	curves towards the ocean	470	100	$C_{0,2}^1$
Maspalomas	Costa Meridional (S. Bartolomé)	rectilinear	2103	90	$CC_{0,2}^2$

Table 1

Descriptions of the beaches of Grand Canary (Spain) under study.

- as well as the annual percentages.

Once the annual processes of accretion and erosion have been measured and interpreted, we can define two operative indices:

- estimation of the sedimentary support capacity,
- and the sedimentary variability.

INDEX OF SEDIMENTARY SUPPORT CAPACITY (S.S.C.I.)

This index defines the difference between the actual and potential volumes, derived from topographical profile levelling in situ and theory, respectively, for unity of the observed intertidal surface, and in a certain period of the annual cycle. This is expressed with the formula:

$$\text{S.S.C.I.} = \frac{C_r - C_p}{S_u}$$

in which:

- C_r = actual volume
- C_p = potential volume
- S_u = observed surface

The theoretical topography is calculated based upon the slope, obtaining:

a) In agreement with:

- the median diameter and densities of the beach sand,
- and the surf characteristics.

Formulas of the type of Sunamura (1984) are considered.

b) Or by employing empirical curves of the equilibrium between beach-face slope and the median diameter of sand.

Among others, Bascom (1959), Komar (1976), and Martínez (1986) describe curves of this type.

Using this method the estimation error is larger.

The potential volume for the operative total of a sandy beach, are deduced, in immediate form, with the equation:

$$C_p = L A \left(H - \frac{A}{2} \tan a \right)$$

in which:

- C_p = potential volume
- L = operative length of the beach
- A = amplitude of the observed strand
- H = average vertical length from the head of the profiles till reference basis
- a = beach - face slope.

The index in question qualifies the beaches according to:

- equilibrium,
- deficiencies
- or in surplus,

as is shown in table 2.

INDEX OF SEDIMENTARY VARIABILITY (S.V.I.)

This index is defined as the estimate of the average altitude of erosion to accretion, in an annual cycle, that overtakes the surface of an intertidal delimited strip, in a sector of or in all of the beach. To sum up, it evaluates the maximum "effective" sedimentary deposition during the annual cycle under study.

In the calculation of this index:

- for a determined transverse profile, with a convenient length and width,
- or for the whole of the intertidal delimited strip of the beach;

we divide the volume of the sand into increments, during the period of significant accretion, for the basic profile section area, or for the operative strip.

The index of sedimentary variability qualifies the beaches as:

- changing attenuatedly (with low indices),
- changing moderately (with intermediate indexes)
- or changing strongly (with high indices),

as shown in table 3.

This index allows us to represent the longitudinal topographic movements of the beaches quantitatively, in scale block diagrams.

A third index that may be fundamental in temporal series analysis of the strand volumes, with data from successive campaigns during a significant number of years under study. The beaches are classified as stable, by per-stable, and unstable, after the work of Suárez Boreas (1980).

All of these indices need to be considered:

- in the design of projects, for the optimization and recuperation of sandy beaches, with maritime works and/or artificial sustenance,
- and in the continuing analysis of these beaches, when we have already had experience with the same, for verifying the conduct of the sedimentary process, and to adapt, in each case, the necessary corrective measures.

RESULTS

Table 4 shows the sand gains, in cubic meters, of the beaches under study

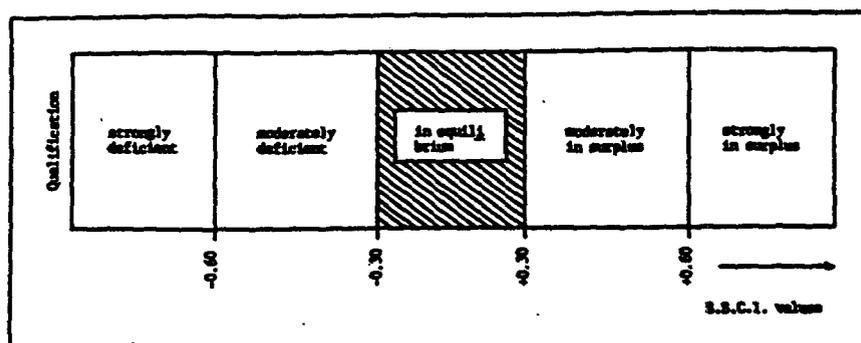


Table 2

Tentative scale for qualifying the sandy beaches according to the index of sedimentary support capacity.

S.V.I. values	Qualification
of 0.00 to 0.75	changing attenuatedly
of 0.75 to 1.50	changing moderately
> 1.50	changing strongly

Table 3

Tentative scale for qualifying the sandy beaches, according to the index of sedimentary variability.

Sedimentary balances, during an annual cycle, in various sandy beaches on the island of Grand Canary (Spain).

Table 4

Sand gains, in m ³ , in relation to the significant erosion of the annual cycle under study							
beach Date	Sardina del N	Las Canteras	El Rubio	El Burro	El Ingifo	La Bajeta	Maspalomas
	D:66.8x9.0	D:2169.0x10.0	D:200.6x10.0	D:97.1x12.0	D:2111.0x15.0	D:471.5x15.0	D:2102.5x15.0
1985/12	303.14	03743.23	3283.30	<u>689.49</u>	32642.96	10680.09	04192.74
1986/1	272.30	03816.09	<u>3383.06</u>	334.70	35704.79	12365.50	06562.06
1986/2	038.30	04095.64	2893.17	313.86	<u>40266.28</u>	12024.72	<u>00000.00</u>
1986/3	100.38	<u>00000.00</u>	0271.30	300.93	38369.33	<u>13671.17</u>	01729.70
1986/4	<u>000.00</u>	03311.09	<u>0000.00</u>	166.31	35401.32	13476.13	01829.60
1986/5	070.63	03861.03	2779.44	292.80	29423.33	11574.44	04696.84
1986/6	266.69	09933.13	3434.31	231.82	17331.43	10148.07	14806.72
1986/7	<u>494.02</u>	09075.08	2686.86	226.63	16042.21	06671.13	16841.51
1986/8	489.18	<u>18887.70</u>	2939.49	132.51	14070.81	04225.79	28591.80
1986/9	327.72	09794.63	3192.79	091.71	12653.42	05070.47	30345.58
1986/10	444.91	04845.50	3096.40	<u>000.00</u>	08796.16	04499.33	<u>37778.00</u>
1986/11	343.37	---	3347.16	023.23	01338.24	02208.58	28671.13
1986/12	445.95	---	3051.68	---	<u>00000.00</u>	<u>00000.00</u>	10215.95

D = dimensions, in meters, of the intertidal delimited strip

dy, in relation to the most extreme erosion of the same. This corresponds to an annual cycle (1986).

In the Canaries are presented, habitually, certain surface meteorological situations. These form three groups, depending on the prevailing wind direction:

1. Atlantic anticyclones (trade winds), in combination with the occasional influence of Saharic thermal depressions, during the spring and summer. These involve winds from the N-NE.

2. Deep Atlantic storms with a nucleus over the Gulf of Vizcaya, and at times Atlantic anticyclones greatly displaced to the south, during the autumn and the end of winter-beginning of spring. These involve winds from the W-NW.

3. North-african and South-european anticyclones, Saharic thermal depressions, and Atlantic storms displaced to the south, from autumn to the beginning of spring. These involve winds from the E-S.

In figure 2 are compiled the directional components and the frequency of these winds, depending on the aforementioned situations, that provoke the dominant and prevailing surfs on the Canary Island coasts.

In the selected beaches. The values of the sedimentary indices are recorded in table 5.

DISCUSSIONS

1. The beaches of Grand Canary are classified based on:

- their geographical location
- and the seasonal incidence of the surf.

We propose the following groups:

Group I:

- beaches in the north cornice, under the influence of diffracted trade wind surf (from the N-NE), and exposed to storms from the W-NW,
- beaches of the south, protected from the trade wind surf.

Group II:

- beaches in the north cornice, directly exposed to the trade wind surf,
- beaches on the east coast, exposed to the trade winds.

Group III:

- beaches on the east coast, protected from the trade winds and open to the SE.

Group IV:

- beaches on the west coast.

We would like to present these transitional cases.

Beach	Period under study	S.S.C.I. (accretion)	Qualification	S.V.I. (annual)	Qualification
Sardina del N. (Galdar)	1983-86	-0.13	in equilibrium	0.82	changing moderately
Las Canteras S. (Las Palmas)	1983-86	+0.13	in equilibrium	0.84	changing moderately
Playa Chica (Las Canteras)	1983-86	+0.24	in equilibrium	0.62	changing attenuatedly
Las Canteras N. (Las Palmas)	1983-86	+0.46	moderately in surplus	0.58	changing attenuatedly
El Humber (Telde)	1983-86	+0.01	in equilibrium	1.79	changing strongly
El Barrero (Ingles)	1983-86	-0.01	in equilibrium	0.59	changing attenuatedly
El Ingles (S. Bartolomé)	1983-86	+0.69	strongly in surplus	1.27	changing moderately
Punta de La Rajeta (S. Bartolomé)	1983-86	+0.74	strongly in surplus	1.93	changing strongly
Naपालmas (S. Bartolomé)	1983-86	+0.20	in equilibrium	1.20	changing moderately

Table 5

Estimations of the sedimentary support capacity and of the annual intertidal sedimentary variability, in various beaches under study in the Grand Canary environment.

2. The significant accretions and erosion (table 4) of the beaches under study, inside of a yearly cycle, have a strong dependence on the proposed beach groups.

In the Group I sandy beaches the erosion takes place preferably during the winter and spring months, and the accretion during the summer and the first part of autumn.

In the Group II beaches the erosion culminates in summer, and the maximum accumulations occur at the end of autumn-beginning of winter.

In the Group III beaches the erosion develops, above all, during autumn, while the accretion takes place from the end of autumn until the beginning of spring.

The Group IV beaches are under actual study at this time.

Figures 3 and 4 show the performance described.

3. At this time we establish a correlation between:

- The most frequent of the different surface winds (figure 2), corresponding to the period of taking the beach data.
- The greatest probability of presentation and the highest maximums, to indefinite depth, of the surf in relation with these winds (with data from visual observations of ships en route).
- And the significant erosion processes in the beaches open to the surf in question (table 4).

In the correlations:

a) During the dominant time of the trade winds, in the summer, we see the greatest probability of the presentation of the "swell" surf from the N-NE.

In this period, and in the north, east and southern coasts, predominate, with various exceptions, wave heights between 1.83 and 3.66 m. Also are presented, although in low percentages, waves with heights greater than 3.66 m.

b) On the north coast, the maximum probability of the presentation of the "sea" surf, from the N-NE, coincides with the dominance of the trade winds. In this case the dominant waves are of little height, less than 0.91 m. They do not surpass a height of 2.44 m.

c) On the east and southern coasts, the maximum probabilities of the presentation of the "swell" and "sea" surfs from the E, SE and S take place during the autumn and winter and coincide with the most frequent winds determined by:

- South-european or North-african anticyclones,
- Saharic storms,
- or Atlantic storms displaced to the south.

The "sea" surf from the NE does not depend on the trade winds, but on the first two meteorological conditions mentioned above.

In this period waves of low height are predominate; smaller than or equal to 1.83 m. With the exception of "sea" surfs from the NE, they do not ap

proach 3.66 m.

d) When the winds come from the W-NW, from autumn to spring, we observe the maximum probabilities of the presentation of the "swell" and "sea" surf from the NW.

During this period prevailing waves of heights between 1.83 and 3.66 m., and a few others that are higher, come to the northern coast, which is directly affected.

4. In agreement with the described previous aspects, the physical model of the accretion - erosion processes, designed for the sandy beaches of Grand Canary, is formulated as follows:

a) When the trade wind surf predominates and takes its main energy (in the summer season).

- This produces the most extreme erosion in Group II beaches.
- And develops the most important accretions in Group I beaches.

b) During the decline of the trade winds:

- The Group II beaches attain the process of accretion (autumn-winter).
- Surfs from the E, SE, and S make their appearance. The dominant and most energetic of these, in autumn, are connected with Group III beach erosion.
- And the Atlantic storms come from the W - NW (from autumn to spring). These same do not impede the most important accretions in the Group III beaches (winter) and determine, in those situations of high surf energy, the significant erosion in the Group I beaches (winter-spring).

5. The index of sedimentary support capacity qualifies for all the beaches under study between in equilibrium and strongly in surplus (table 5).

Forthwith, aside from anomalous very energetic oceanographic situations, and if we do not wish to enlarge the surface in use, the beaches do not have the capacity to accept artificial sustenance for the optimization of these sedimentary environments.

6. The annual sedimentary variations of the beaches are adjusted by a continuity function:

- the "net" processes of erosion are determined by the seasonal impact energies of the surf,
- and the "effective" sedimentary contributions (predominately gains over losses) occur when these impacts subside.

With respect to the dominant trade wind surf, the exposed beaches under study (El Hombre and Punta de La Bajeta) have higher indices of sedimentary variability than the protected ones (Sardina del Norte, Las Canteras, El Burrero, El Inglés and Maspalomas), as we see in table 5. The first group takes the title of "attenuating" and "moderately changing" while the second group takes the title "strongly changing".

From this we deduce that, on the island of Grand Canary, the surf from the N-NE is the most erosive in relation to the others.

On a single beach (Las Canteras for example), the sector most exposed to

the indicated surf shows the largest sedimentary variation (Las Canteras South).

In a single beach or a sector of the same, with an important annual sedimentary variation, the construction of an adequate breakwater, nevertheless determines a reduction in the contributions, would produce a considerable reduction in the erosion processes. The result of the above conveys a net sand gain, with consequent growth of the dry-intertidal area.

CONCLUSIONS

The Grand Canary beaches are classified into four groups. For this we take into account:

- their geographic location,
- and the seasonal incidence of the surf.

The annual accretion and erosion processes are different for each beach group.

In the analysis of the sedimentary balances, we satisfactorily establish correlations between the selected significant variables.

The beaches under study are situated, for the one part, between in equilibrium and strongly in surplus, and for the other part, between attenuating and strongly changing, depending on the scales proposed for the sedimentary indices here defined.

ACKNOWLEDGMENT

The author wishes to express his appreciation to Dr. José M. Pacheco Castaño, the Dean of the Facultad de Ciencias del Mar (Universidad Politécnica de Canarias), for his critical reviewing and contribution of suggestions in the development of this work.

REFERENCES

- Bascom, W.N. 1959. The relationship between sand size and beach-face slope. *Am. geophys. union trans.*, 32 (6), 866-874.
- Charlier, R.H. 1987. General discussion and round table. *European Intensive Course on Land-use Problems, Planning and Management in the Coastal zone*. Bilbao (Spain), October, 8-17.
- Enriquez, F. y Berenguer, J.M. 1986. Evaluación metodológica del impacto ambiental en las obras de defensa de costas. *Publicación del CEDEX*. Madrid.
- Komar, P.D. 1976. *Beach processes and sedimentation*. Ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Martínez, J. 1986. Estabilidad-inestabilidad en los depósitos de arenas de las playas canarias: Relaciones entre pendientes topográficas y

granulométricas. Boletín del Instituto Español de Oceanografía, 3(2), 87-96.

Martínez, J.; Sastre, J.; Alemán, G.; Castro, J.; Martín, A. y Robayna, D. 1987 a. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arena: método de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas, julio-agosto, 469-483.

Martínez, J. y Cárdenas, M. 1987 b. Los cambios topográficos y sedimentológicos en las playas arenosas de El Inglés y Maspalomas (Gran Canaria-España). Actas de la VII Reunión sobre el Cuaternario, AEQUA, 223-226.

Martínez, J.; Navarro, T.; Roldán, A. y Rosario, M. Del. 1987 c. Cuantificación e interpretación de los procesos de acreción-erosión, en la playa arenosa de El Hombre (Gran Canaria-España). Actas de la VII Reunión sobre el Cuaternario, AEQUA, 227-230.

Puig Adam, P. 1979. Cálculo Integral. Editorial Gómez Puig. Madrid.

Suárez Boreas, P. 1980. Formas Costeras. Publicación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

Sunamura, T. 1984. Quantitative predictions of beach-face slopes. Geological Society of America Bulletin, 95, 242-245.

US Naval. 1970. Oceanographic Atlas of the North Atlantic Ocean. S. Naval Oceanographic Office. Washington.

Wright, L. y Short, A. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: P.D. Komar (Editor), C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosion, C.R.C. Press, Boca Raton, Fla., pags 35-64.

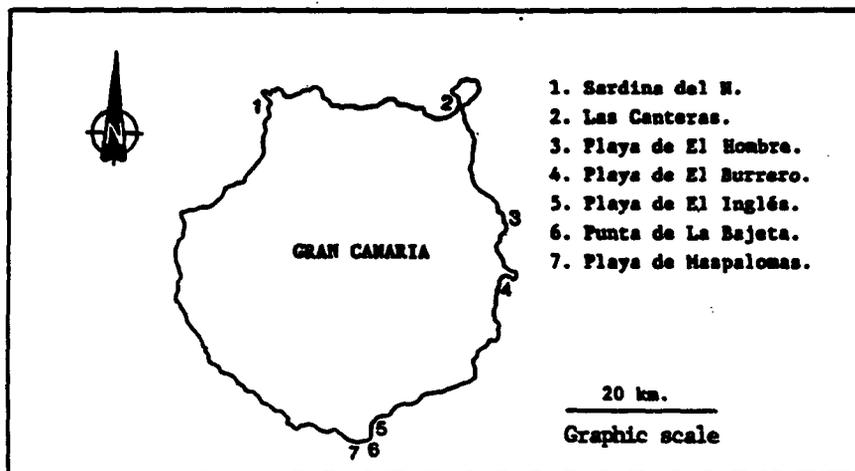


Figure 1

Geographical location of the Grandcanary beaches under study.

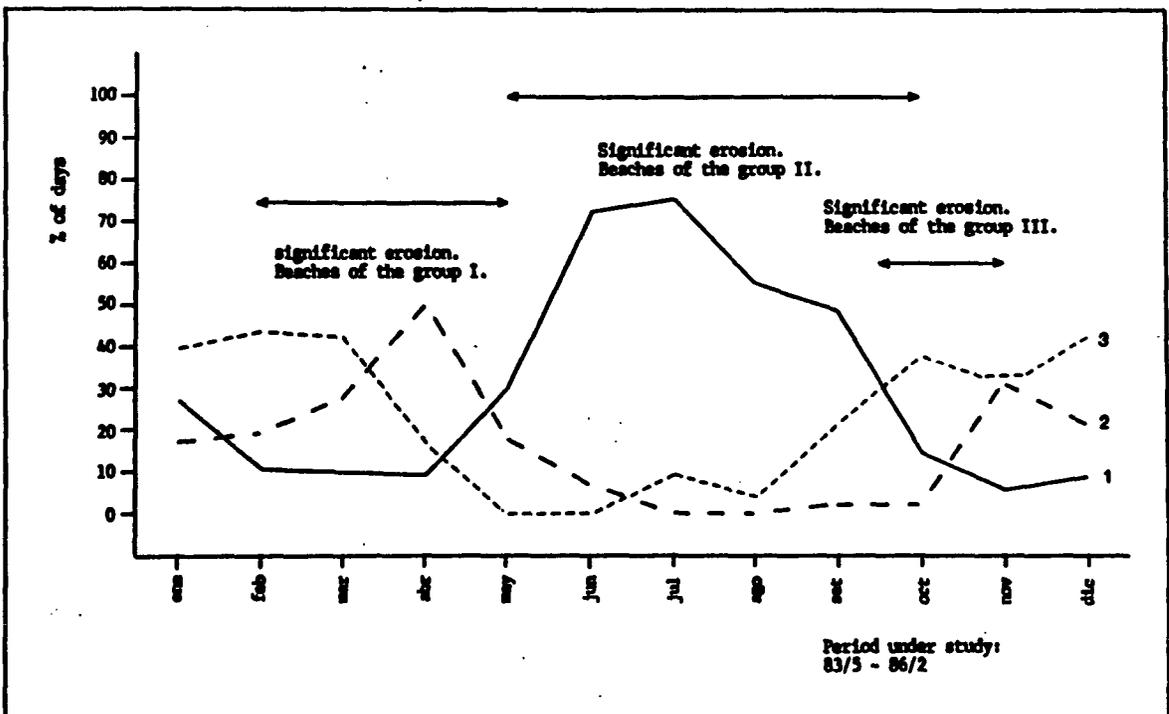


Figure 2

Frequency of the winds in the environment of the island of Grand Canary (Spain): 1: winds from the N - NE, 2: winds from the W - NW, 3: winds from the E - S.

Period of year \ Group of beach	I	II	III	IV
Winter	↑ ↓			
Spring		↑ ↓		
Summer			↑ ↓	
Autumn				↑ ↓

Figure 3

Localization of the extreme processes of annual erosion in the sandy beaches of Grand Canary.

Period of year \ Group of beach	I	II	III	IV
Spring				
Summer	↑ ↓			
Autumn		↑ ↓	↑ ↓	
Winter			↑ ↓	

Figure 4

Localization of the most important annual accretion processes in the sandy beaches of Grand Canary.

Twenty-Second Coastal Engineering Conference

Proceedings of the International Conference

VOLUME 3

July 2-6, 1990
Delft, The Netherlands

Conference held under the auspices of the
Coastal Engineering Research Council of the
American Society of Civil Engineers

Organized by the Royal Institution of Engineers in the
Netherlands (KIVI), Division for Civil Engineering and
co-sponsored by the Permanent International Association of
Navigation Congresses and the International Association for
Hydraulic Research.

Edited by Billy L. Edge



Published by the
American Society of Civil Engineers
345 East 47th Street
New York, New York 10017-2398

CHAPTER 196

STORM EROSION ON A SANDY BEACH

Jesús Martínez *
Ricardo Alvarez *
Ignacio Alonso *

Abstract

Present paper describes the different behaviour of the foreshore of a sandy beach faced with stormy events. Two storms have been selected, since they present a fairly distinct wave approaching direction between them, according with wave forecast maps.

For the first stormy situation waves came for west, and the effect was an accretion on the north end of the beach while an important erosion happened on the south side. With regard to the second storm in which waves came from northwest, an erosive trend was observed all along the beach.

Sandy movements are quantified as net volume changes as well as by means of the erosion and accretion percentages, defined from the sedimentary variability indice.

Description of the beach under study

The beach under study has a total length of 3000 m., is located in the north coast of the Island of Gran Canaria (Spain), and is sheltered from the prevailing northeastern wind and swell. (Fig. 1)

According with Larson's (1988) definition of the backshore and the foreshore, in certain areas the width of the foreshore can reach 100 m. and that of the backshore 50 m. The submerged beach is partially broken up by a fragmented rocky bar that emerges at low tide and affects the larger part of the beach.

* Department of Física, University of Las Palmas de G. C. Apartado 550, Las Palmas, Spain.

This beach is divided into two principal sub-environments, according with the beach stages proposed by Short (1978): Las Canteras North between ranges 10 to 16, and Las Canteras South between ranges 1 to 8. The former behaves as a reflective beach while the last one as a dissipative beach. There is an small central sector called "Short Beach" between ranges 8 to 10 which is studied separately due to its peculiarity, since it is considered an small pocket beach 90 metres long that is in the middle of a much larger pocket beach. (Fig. 2).

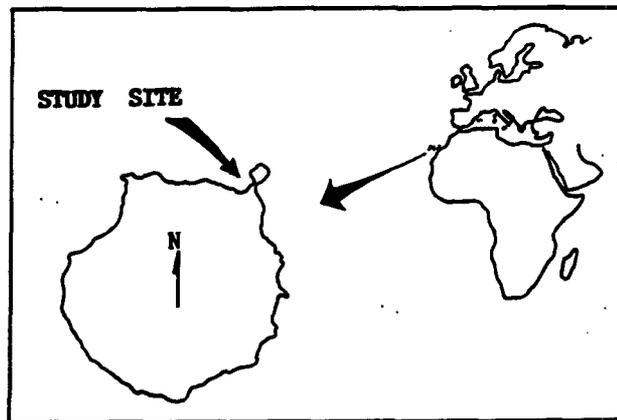


Figure 1. Location map of the beach under study.

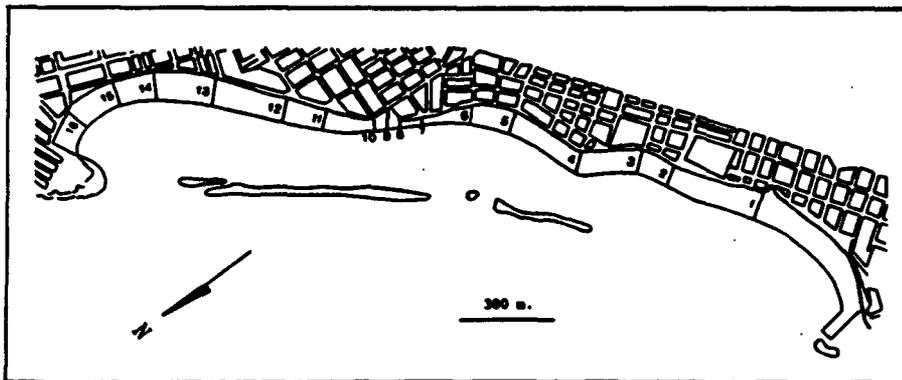


Figure 2. Sketch of Las Canteras beach showing position of the different rangelines and the rocky bar.

If the whole beach is considered, the major accretions take place during the summer period, when the prevailing swell is coming from northeast. The major erosions show up during the fall-winter period, coinciding with the seasonal northwestern storms.

Methodology

Profile data

Sixteen rangelines across the beach have been surveyed between June 26, 1987 and July 24, 1990, approximately at monthly intervals. Surveys were always carried out at low tide using a leveling method, down to about 1 to 1.5 metres below MSL (Martinez et al, 1990).

With regard to the first stormy event, the survey of December 7, 1987 was carried out almost at the end of the storm, but the previous survey was carried out just a month before. In the second situation, an extra survey was carried out just at the end of the storm, only four days after the previous survey which was almost at the beginning of the higher waves.

Sedimentary accretions and erosions on the foreshore were calculated according with Kriebel et al (1986).

Storm characteristics

Two stormy situations have been selected:

- First one between December 2 and 9, 1987.
- Second one between December 26, 1989, and January the second, 1990, although the strongest point took place on December 29 and 30.

First stormy situation corresponded to an strong Atlantic squall centered westward Portugal, that produced barometric lows of 1006 mb. over the Canary Islands, and winds up to 75 km/h where registered. To estimate the approaching wave direction, wave forecast maps were employed. It can be seen the sea coming from west. (Fig. 3).

Significant wave heights higher than 4 metres, and maximum heights around 7.5 metres were recorded by means of a wave gauge placed 1800 metres offshore the beach. (Fig. 4).

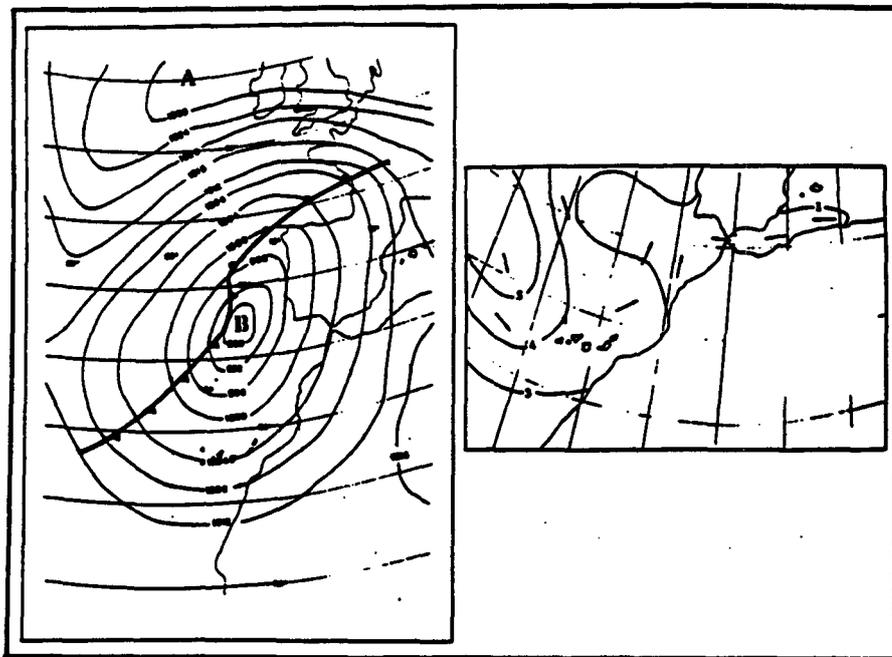


Figure 3. Weather chart and wave forecast map corresponding to December 3, 1987.

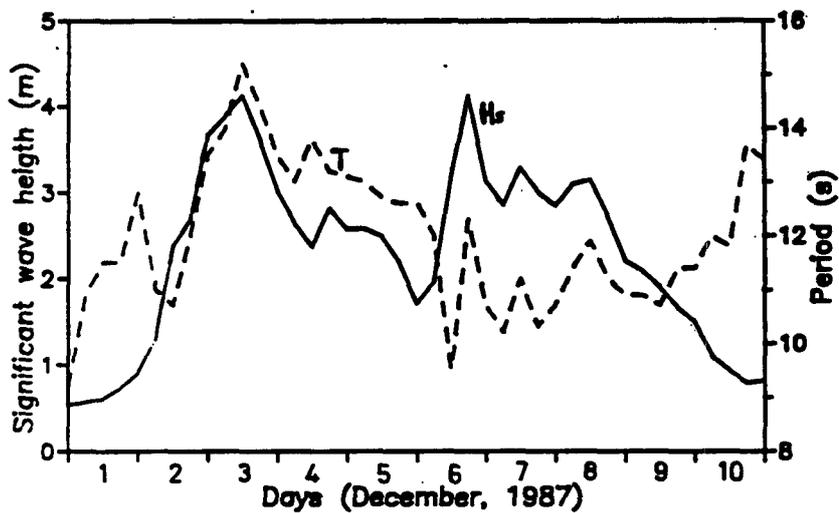


Figure 4. Evolution of significant wave height (H_s) and period (T) during the first storm.

The second storm was due to another squall centered northeast Canary Islands, that produced barometric pressures of 1000 mb and winds up to 100 km/h in the Canary Islands area.

Unfortunately, the wave gauge was out of service, so wave characteristics were estimated from the wave forecast maps provided by the National Meteorological Service. As a result, mean wave heights up to 4 to 5 metres coming from northwest were predicted. (Figure 5).

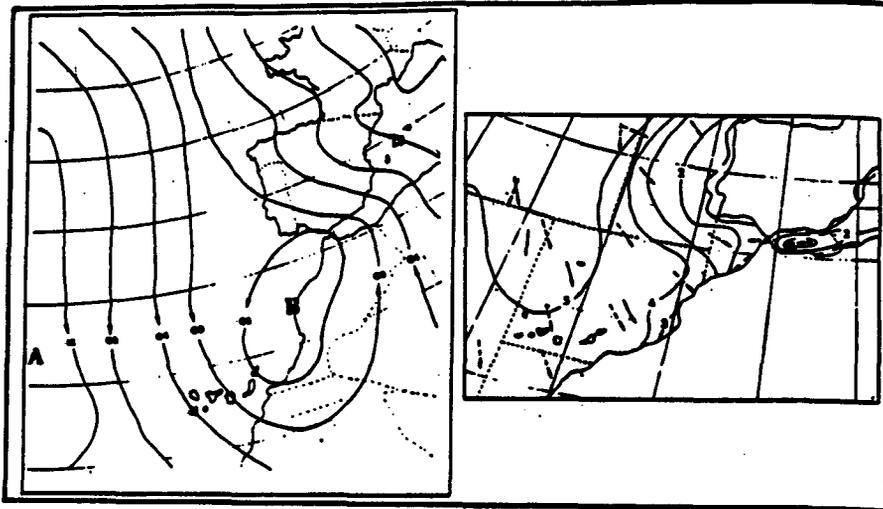


Figure 5. Weather chart and wave forecast map corresponding to December 30, 1989.

New parameters

To analyze the morphological evolution of the beach with regard to these situations, the sedimentary variability indice was employed, defined as the change of mean height between highest accretion to lowest erosion and vice versa, which happen on the beach surface within a sedimentary cycle.

This indice is obtained dividing the net losses or accumulations of sand, in cubic metres, by the delimited surface. Starting from this indice, the erosion and accretion percentages are obtained.

The erosion percentage is defined as the percentage of decrease of the sedimentary variability indice between two surveys, within an erosive period.

On the other hand, the accretion percentage is the percentage of increase of the indice between two surveys, but in this case, within an accretionary subcycle.

Both percentages are good to evaluate the relative magnitude of the erosive / accumulative processes in a given period, within the relative erosive / accretive subcycles. It is necessary to take into account that an accumulative process may happen within a general erosive trend, and vice versa.

Discussion and Conclusions

In relation to the first stormy situation, we estimate sedimentary losses of about 2000 cubic metres on a 21 metre wide foreshore strip, all along the beach. (Table 1).

Date	Whole Beach	Las Canteras North (Profs.10-16)	Short Beach (Profs.8-10)	Las Canteras South (Profs. 1-8)
Nov.7-Dec.7 1987	-1944 (-4.2)	2088 (10.5)	-406 (-21.1)	-3677 (-14.4)
Dec.29,1989 -Jan.2,1990	-5988 (-12.6)	-3806 (-19.1)	-96 (-5)	-2077 (-8.1)

Table 1. Sedimentary losses and accumulations in m³ for both storms, only in a 21 metres wide foreshore strip. Data in brackets are the average heighth changes in cm. on the same area.

These losses assume an erosion percentage of 15.5 % of a sedimentary variability indice of 0.27 m., corresponding to the erosive subcycle.

The above-mentioned erosion percentage has a low value in relation to the others of the same sub-cycle. These others reach up to 41.4 % at monthly intervals, out of significant stormy situations. (Table 2).

Date	1		2		3		4	
	E.P.	A.P.	E.P.	A.P.	E.P.	A.P.	E.P.	A.P.
7-28, 1987							3.2	
9- 9, 1987	38.5		92.2				2.6	
10-10, 1987	41.4			8.3			53.9	
11- 7, 1987	4.6		16.1				5.2	
12- 7, 1987 *	15.5			61.8	55.7		35.1	
1-20, 1988		19.1	47.6		18.0			40.2
2-20, 1988		2.2	1.3		14.3			4.1
3-19, 1988		13.0		15.8		1.2		9.1
5- 2, 1988		0.8		12.7	13.2		2.6	
6- 1, 1988		2.7	38.3			20.0		14.8
7- 1, 1988		51.9		96.9		43.2		20.2
7-31, 1988	20.3		7.6			7.8	19.1	
8-29, 1988	13.1		19.9			8.2	3.1	
9-29, 1988		43.7		17.8		20.8		36.4
10-24, 1988	32.3			5.6	1.9		49.2	
11- 8, 1988	62.8		95.9		19.6		36.8	
11-24, 1988		16.2		12.7	6.2			5.8
12-24, 1988		57.7		12.6	22.9			67.4
1-23, 1989	10.3			3.1		12.4	20.5	
2-21, 1989	32.7		4.5		12.3		39.3	
3-23, 1989	35.8		16.4		8.1		27.4	
4-22, 1989		1.2		1.8	41.4			2.9
5-22, 1989		51.7		23.7		33.2		59.3
6-19, 1989		40.5		28.8		27.8		37.8
7-21, 1989	13.6		20.4			8.5	4.6	
9-15, 1989		20.2		58.6		30.5	19.8	
10-17, 1989	66.6		73.1		35.5		43.9	
10-27, 1989	4.7			18.5		1.4	24.8	
11-28, 1989	28.7		45.4		8.3		6.9	
12-29, 1989		52.6		61.4	51.3			47.4
1- 2, 1990 *	24.1		25.0		6.3		22.0	
1-27, 1990		35.4		27.3		17.8		46.5
2-27, 1990	46.0		49.2			49.8	48.4	
3-28, 1990		39.7		38.6	10.3			43.5
4-25, 1990		0.3	5.9			1.4		10.3
6-22, 1990		24.4		24.1		19.1		22.7
7-24, 1990		17.7		28.7		22.2		

Table 2. Values of erosion percentages (E.P.) and accretion percentages (A.P.) on Las Canteras Beach. Column 1 is the whole beach and columns 2, 3 and 4 are the different sectors (Las Canteras North, Short Beach and Las Canteras South respectively). Dates of studied storms are highlighted with *. Erosive and accretive subcycles are separated with horizontal lines.

There was a distinctly different behaviour in the two main sectors of the beach: while a significant erosion took place in Las Canteras South, an important accretion happened in Las Canteras North.

In Las Canteras South, the storm caused an erosion percentage of 35.1 %, of a sedimentary variability indice of 0.41 m. corresponding to the erosive subcycle. That is to say, the foreshore had a mean drop of 0.14 m.

On the other hand, las Canteras North had an accretion percentage of 61.8 % of a sedimentary variability indice of 0.17 metres calculated for the accretionary subcycle. This represents a mean accumulation of 10 cm. for the foreshore along this sector.

This tilt was due to the strong westerly waves, and explains the low erosion percentage for the whole beach, since sedimentary losses and accumulations become balanced between the two main sectors of the beach.

However, it is necessary to take into account that the above-mentioned sandy movements, might be not only due to the storm, but also to other less important sedimentary processes that happened during the 25 previous days to the storm, and that could be responsible for the softening of the final erosion.

If the whole sedimentary cycle is considered, the most important erosion percentages are not precisely related to this significant storm, which was the most energetic one. In the specific case of Las Canteras South, mean sedimentary losses larger than those measured during the storm, were calculated for the pre-stormy period.

An explanation for this fact can be based on by considering that a beach, immediately after having reached its maximum accretion, is very susceptible to suffer great sand losses due to slight increases in waves energy. In this case, these situations happen with the first sporadic manifestations of northwestern swell and with the fall of the dominant northeastern winds.

In relation with the second stormy situation, we estimate sedimentary losses of nearly 6000 cubic meters in only 4 days for the same foreshore strip defined for the previous case, all along the beach. This amount of eroded sediments involves a decrease of 12.6 cm. all along the beach (see Table 1). The calculated sedimentary variability indice was 0.52 m., and the relative erosion percentage was 24.1 % within an accumulative subcycle (see Table 2).

Although the whole beach was eroded, the average decrease was around 8.1 cm. in Las Canteras South and 19.1 cm. in Las Canteras North. The respective erosion percentages were 22 % and 25 %, and the sedimentary variability indice was 0.37 m. for the northern sector and 0.76 m. for the southern sector, but in both cases within accumulative subcycles.

In this case there were no tilt, but the greatest erosion took place where the accumulation was previously produced.

The difference in the behaviour of the beach, in view of the two stormy situations analyzed, can be explained due to the different characteristics of the storms, specially as for the waves approaching direction. In the first situation waves were coming from west while in the second one were approaching from northwest.

References

- Kriebel, D.L., Dally, W.R., and Dean, R.G., 1986. "Beach profile response following severe storm events," UFL/COEL-86/016, Coastal and Oceanographic Engineering Department, University of Florida.
- Larson, M., 1988. "Quantification of beach profile change," Report No. 1008, Department of Water Resources Engineering, Lund University.
- Martínez, J., Álvarez, R., Alonso, I., and Del Rosario, M.D., "Analysis of sedimentary processes on Las Canteras Beach (Las Palmas, Spain) for its planning and management," Eng. Geol. (in press).
- Short, A.D., 1978. "Wave power and beach stages: a global model," Proc. 16th Coastal Engineering Conference, ASCE, Hamburg, West Germany.

CLASIFICACION CLIMATICA DE LAS PLAYAS ARENOSAS DE GRAN CANARIA

J.Martínez, E. Melián, F.Reyes, C Rua-Figueroa, C. del Toro.

Laboratorio de Geología-Departamento de Física Aplicada.
Campus Universitario de Tafira, 35017-LAS PALMAS DE GRAN
CANARIA.

ABSTRACT

In this work we develop a genetic classification of sandy beaches in Gran Canaria. Intertidal sedimentary gains and losses and the energetic characteristics of these processes are explained.

With that aim we take into account:

- Geographical location and beach orientation,
- and the directional swell regime in the canary coasts.

Moreover, some intrinsic factors of the sands are calculated and interpreted.

RESUMEN

Se intenta desarrollar una clasificación genética de las playas arenosas de Gran Canaria, que expliquen las ganancias y pérdidas sedimentarias más internas y la caracterización energética de estos procesos. Para ello, se relacionan:

- la localización y orientación geográfica de las playas,
- y el régimen de oleaje direccional en el entorno canario.

Además de calcular e interpretar algunos parámetros granulométricos de las arenas.

INTRODUCCION

La clasificación genética, de perspectivas múltiples, que se propone, es válida para franjas intermareales, de dimensiones significativas.

La clasificación tiene :

- una componente morfológica, en cuanto que considera como interviene el entorno fisiográfico delimitante, en los procesos de erosión-acreción,
- y otra morfodinámica, dado que se basa asimismo en algunas variables hidrodinámicas del oleaje, que condicionan las formas del depósito, en dependencia con las localizaciones y orientaciones geográficas de las playas.

En Canarias, el oleaje se encuentra determinado habitualmente por ciertas situaciones meteorológicas de superficie. Estas forman tres grupos, según la dirección de los vientos que conllevan:

1. Anticiclones atlánticos centrados en las proximidades de las Azores (alisios), junto con la influencia ocasional de las depresiones térmicas saharianas. Tales situaciones se dan, sobre todo, en primavera y verano. Explican vientos del N-NE.
2. Profundas borrascas atlánticas, con el núcleo por encima del Golfo de Vizcaya, y algunas veces anticiclones atlánticos, muy desplazados hacia el Sur. Tienen lugar desde el otoño hasta principios de primavera. Explican vientos del W-NW.
3. Anticiclones Norte-africanos o Sur-europeos, depresiones térmicas saharianas y borrascas atlánticas desplazadas hacia el Sur. Coinciden, en el tiempo, con las situaciones anteriores. Explican vientos de E-S.

METODOLOGIA

Para el desarrollo de esta clasificación, se ha seguido las

siguientes técnicas:

- **Calculo de cubicajes de arena en el estrán, a lo largo de ciclos sedimentarios cortos. Para ello, se emplea la metodología de Martínez et al.(1987).**
- **Análisis del clima marítimo, a partir de mapas de superficie de predicción meteorológica y mapas de oleaje.**
- **Y determinación de las características granulométricas de las arenas, que permitan llegar a parámetros de interpretación energética en el ambiente sedimentario.**

Por otra parte, se ha seleccionado un conjunto de playas arenosas representativas, en el litoral grancanario.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las playas en seguimiento están indicadas en la figura 1 y descritas en la tabla 1. En primer lugar, se analiza la localización y orientación geográfica de las mismas. De esta manera, se establecen :

- **Playas de la cornisa Norte resguardadas del oleaje del N-NE. y abiertas a los temporales del W-NW. (Las Canteras y Sardina del Norte).**
- **Playas del litoral oriental abiertas al oleaje del N-NE. (El Hombre, Playa del Inglés y Punta de la Bajeta).**
- **Playas del litoral oriental protegidas del oleaje del N-NE. y abiertas al SE (El Burrero).**
- **Playas meridionales (Maspalomas).**

En la tabla 2 se recogen las ganancias y pérdidas de arenas, a lo largo de ciclos sedimentarios cortos (entre acreciones significativas, o erosiones máximas, consecutivas).

La figura 2, muestra la frecuencia de presentación de los vientos en superficie, en las proximidades de Canarias. Esta

se ha elaborado con datos de mapas de predicción meteorológica, dentro del periodo comprendido entre Mayo de 1983 y Febrero de 1986. Sus realizaciones permiten formular las siguientes deducciones :

- La máxima dominancia de los vientos del N-NE tiene lugar durante los meses del verano.
- Los vientos del W-NW presentan dos picos, uno en otoño y otro en primavera. Durante el verano tienen una fuerte caída.
- Y los vientos del S-E predominan, relativamente, desde otoño a primavera. También dejan de ser significativos durante el verano.

Se estudia el oleaje próximo a Canarias, en mapas analíticos del Servicio Nacional de Meteorología, dentro del periodo 1987-1989. Se considera la probabilidad de presentación/altura, a profundidad indefinida, de las olas significativas Swell y Sea en una cierta dirección (tablas 3,4 y 5 y figuras 3 y 4). En realidad, se hace un análisis del régimen de oleaje direccional. Las observaciones se dan en porcentajes mensuales.

Se establecen correlaciones entre:

- Las frecuencias más altas de los vientos dominantes y reinantes en superficie.
- La probabilidad de presentación y alturas mayores, a profundidad indefinida, de los oleajes condicionados por estos vientos.
- Y los procesos significativos de erosión, en las playas abiertas a los oleajes en cuestión.

Si se integran:

- la anterior correlación
- y la localización y orientación geográfica de las playas,

en una primera aproximación, se describe el siguiente modelo de clasificación climática :

PLAYAS DEL GRUPO I

- Se encuentran en la cornisa Norte, pero orientadas hacia el Oeste (Sardina del Norte y las Canteras), y al Sur de la isla (Playa de Maspalomas).
- Soportan erosiones extremas con los temporales del W-NW (otoño - primavera).
- Y las acreciones importantes tienen lugar cuando no hay oleaje del W-NW, que coinciden con la dominancia del alisio (verano).

PLAYAS DEL GRUPO II

- Se encuentran en la vertiente oriental de la Isla, abiertas al NE (El Hombre y El Inglés).
- Sus erosiones extremas se producen en relación con el oleaje del N-NE (desde el invierno al verano).
- Y las acreciones importantes acaecen durante el decaimiento del alisio, esto es, durante el otoño - invierno.

PLAYAS DEL GRUPO III

- Se encuentran en la vertiente Este de la Isla, pero orientadas hacia el SE (El Burrero).
- Las erosiones extremas se deben a un oleaje significativo del E-SE (otoño - invierno).
- Y las acreciones importantes suelen coincidir, en el tiempo, con los temporales atlánticos del W-NW, que no tienen incidencia en este litoral.

Aquellas playas de la cornisa Norte, orientadas de forma tal que se dejen sentir tanto los temporales del W-NW como el oleaje del N-NE, y las de la vertiente occidental están actualmente en estudio.

Las figuras 6 y 7 ilustran el modelo descrito.

Las tablas 3,4 y 5 y la figura 4, obtenidas de mapas analíticos, precisan que:

1. El oleaje del SW-W-NW tiene sus mayores alturas durante su apogeo (desde el otoño a principios de la primavera). El Ho promediado de las olas Sea generalmente superan los 2 m., cosa que no suele ocurrir con las olas Swell. Luego en las playas del Grupo I, no se da un desfase significativo entre:

- La erosión interna

- y la frecuencia de presentación máxima del oleaje direccional, que la determina.

Las pérdidas de arenas, en las playas de las Canteras y Sardina del Norte (tabla 2), verifican esta sincronización.

2. Tanto el oleaje Swell como Sea del N-NE alcanzan sus máximas alturas durante el invierno-principio de primavera. El Ho promediado normalmente rebasa, o está alrededor de, los 2 m. Las olas podrían depender de situaciones distintas de los alisios. Sea el ejemplo de las borrascas saharianas. Esto explica que las playas del Grupo II (playa de El Hombre, entre otras) tengan sus máximas erosiones internas en este periodo del año. Cuando domina el alisio, sólomente se impide importantes procesos de acreción.

3. Y, por último, para las playas del Grupo III, se da, de nuevo, la sincronización entre máxima frecuencia de presentación del oleaje erosivo y efectos. En este periodo, el Ho promediado del E-SE toma sus valores más altos, próximos a 2 m. Las olas Swell de este régimen direccional determinan erosiones de segundo orden, durante la primavera, en coincidencia con sus Ho promediados de valores más altos, de unos 2 m. La Playa de El Burrero (tabla2) verifica estos comportamientos.

De acuerdo con Martínez et al. (1990), en las playas canarias,

y dentro de la franja intermareal, las pérdidas de arenas, de acreción significativa a erosión máxima, siguen una función exponencial del tipo :

$$y = a e^{bx}$$

en donde :

y = pérdidas en metros cúbicos,

x = tiempo en días, en un intervalo finito, que representa el periodo erosivo,

a = ordenada en el origen. Representaría a parámetros estáticos y

b = pendiente. Representaría a parámetros dinámicos

Los parámetros estáticos y dinámicos, en los procesos de pérdidas de arenas, en el estrán, están definidos por los anteriores autores.

Las figuras 7 y 8 traducen este comportamiento de las playas arenosas seleccionadas.

Para un mismo ambiente sedimentario y tipo de función, se describen una o varias curvas.

Cuando en un proceso global de pérdidas de arena interviene una sólo situación climática, aparece una única curva y la playa se clasifica como monoclimática (Sardina del Norte, El Hombre, El Burrero). En cambio, si intervienen dos o más situaciones climáticas diferenciadas, aparecen dos o más curvas, y la playa será bi o policlimática. Estos son los casos del Inglés y Punta de Maspalomas, que se identifican con playas biclimáticas.

En el ejemplo concreto de la playa del Inglés, la erosión se inicia cuando empieza a predominar el oleaje del N-NE, a finales de primavera, aunque llegue debilitado energéticamente a la orilla, por la difracción. El proceso de

pérdidas cambia de pautas con el apogeo del alisio y con los temporales del Sur, estos últimos en el otoño. Sus efectos erosivos se unen a los producidos anteriormente.

Algunos parámetros de relación, correspondientes a curvas semilogarítmicas de frecuencia acumulada, de arenas intermareales, permiten proponer tres subclasificaciones de las playas. Se basan en la interpretación energética de los efectos sobre el depósito sedimentario, provocadas por el oleaje incidente.

El parámetro M de Trask (1932), en mm., estima la energía cinética media relativa que incide en el ambiente sedimentario. Dentro de una escala logarítmica, en donde las unidades de 2 y 1 mm. tengan una separación de 27 mm., por convenio, se puede representar el promedio de las medias de Trask, de una campaña determinada. De igual manera, cabe representar la serie temporal de campañas mensuales, desde una acreción significativa a su inmediata erosión máxima, o viceversa, sobre líneas consecutivas que, también por convenio, mantengan una equidistancia de 1 cm.

Se opera en papel semilogarítmico, ya que las relaciones entre parámetros de valores granulométricos tienen distintos significados energéticos, en función de los intervalos de diámetros en los que se encuentren. Por ejemplo, un desplazamiento de 0.1 a 0.3 mm. representa un incremento energético menor que un desplazamiento de 1 a 2 mm.

El ángulo de desvío de la energía cinética media sería el que forma la vertical, que pase por el promedio de la media de Trask en acreción significativa, o erosión máxima, con la recta que se ajuste al conjunto de promedios de esta media, de la anterior serie temporal. A menor ángulo, menor evolución energética del ambiente sedimentario. Al respecto, las playas se subclasificarían de acuerdo con la tabla 6, que establece seis categorías :

- evolución energética muy suave,
- evolución energética suave,
- evolución energética moderada,
- evolución energética fuerte.

- evolución energética muy fuerte, y
- evolución energética extrema.

En la figura 9, se describen los ángulos de desvío de las playas en estudio. En las figuras 9f y 9g se detectan las situaciones biclimáticas en los procesos de erosión. La tabla 7 recoge la subclasificación en cuestión de estas playas. Se da una gama completa de posibilidades.

Mediante el parámetro Ska de Krumbein (1934), se mide la tendencia de la energía cinética media a desplazarse hacia valores más altos o bajos de lo normal. Se propone una escala (tabla 8), para subclasificar a las playas de acuerdo con esta tendencia. Los ambientes sedimentarios seleccionados se sitúan en un ábaco bastante completo (tabla 9), sobre todo si se contemplan situaciones promedios, de erosión y acreción. Están representadas playas :

- a) hiper - energéticas,
- b) meso - energéticas;
- c) en equilibrio energético,
- d) e hipo - energéticas.

El parámetro Kqa, en mm., de Krumbein (1938) traduce la duración de la energía cinética media, en el depósito de arenas. Con este otro criterio, las playas pertenecerán a uno de los siguientes grupos :

- de energía cinética media prolongada,
- de energía cinética media de duración normal, y
- de energía cinética media de duración reducida.

En relación con las erosiones máximas, los calificativos, que toman las playas, en este aspecto se recopilan en la tabla 10.

Sólamente en las playas de la provincia morfodinámica de Morro Besudo- Faro de Maspalomas (El Inglés, Punta de la Bajeta y Maspalomas), la energía cinética media tiene una duración reducida. Este hecho es coherente por la localización geográfica: se tratan de playas resguardadas del W-NW, en donde el oleaje del N-NE llega muy debilitado. El tiempo Sur erosivo representa episodios esporádicos.

CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha llegado a tres conclusiones principales:

1. Los procesos más internos de ganancias y pérdidas sedimentarias de arenas se ajustan a un modelo físico, que distribuye a las playas en grupos específicos, en cuanto a características geográficas y del oleaje incidente.
2. Se pueden discriminar las distintas situaciones oceanológicas significativas, que intervienen en los procesos de erosión, mediante el número de curvas que se obtienen en la representación temporal de las pérdidas sedimentarias.
3. Las intensidades relativas, duración y evolución de la energía cinética media, que determinan los procesos de acreción-erosión, se estiman a partir de parámetros granulométricos de las arenas. En estas estimaciones se basan subclasificaciones de las playas arenosas.

BIBLIOGRAFIA

Krumbein, W.C. 1934. Size frequency distribution of sediments. Jour. Sedim. Petrol. 4, 65-77.

Krumbein, W.C.; Pettijohn, F.J. 1938. Manual of Sedimentary Petrography. Appleton. New York. 549 pp.

Martínez, J.; Sastre, J.; Alemán, G.; Castro, J.; Martín, A. y Robaina, D. 1987. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arenas: Métodos de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas, Julio - Agosto, 469-483.

Martinez, J.; Melián, M.E.; Reyes, F; Rua-Figueroa, C.; Del Toro, C. 1990. La predicción de la erosión intermareal por temporales en playas arenosas del entorno canario. Memorias del I Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería. Las Palmas 82 - 89.

Trask, P.D. 1932. Origin and environment of source sediments of Petroleum. Gulf. Publ. co., Houston.

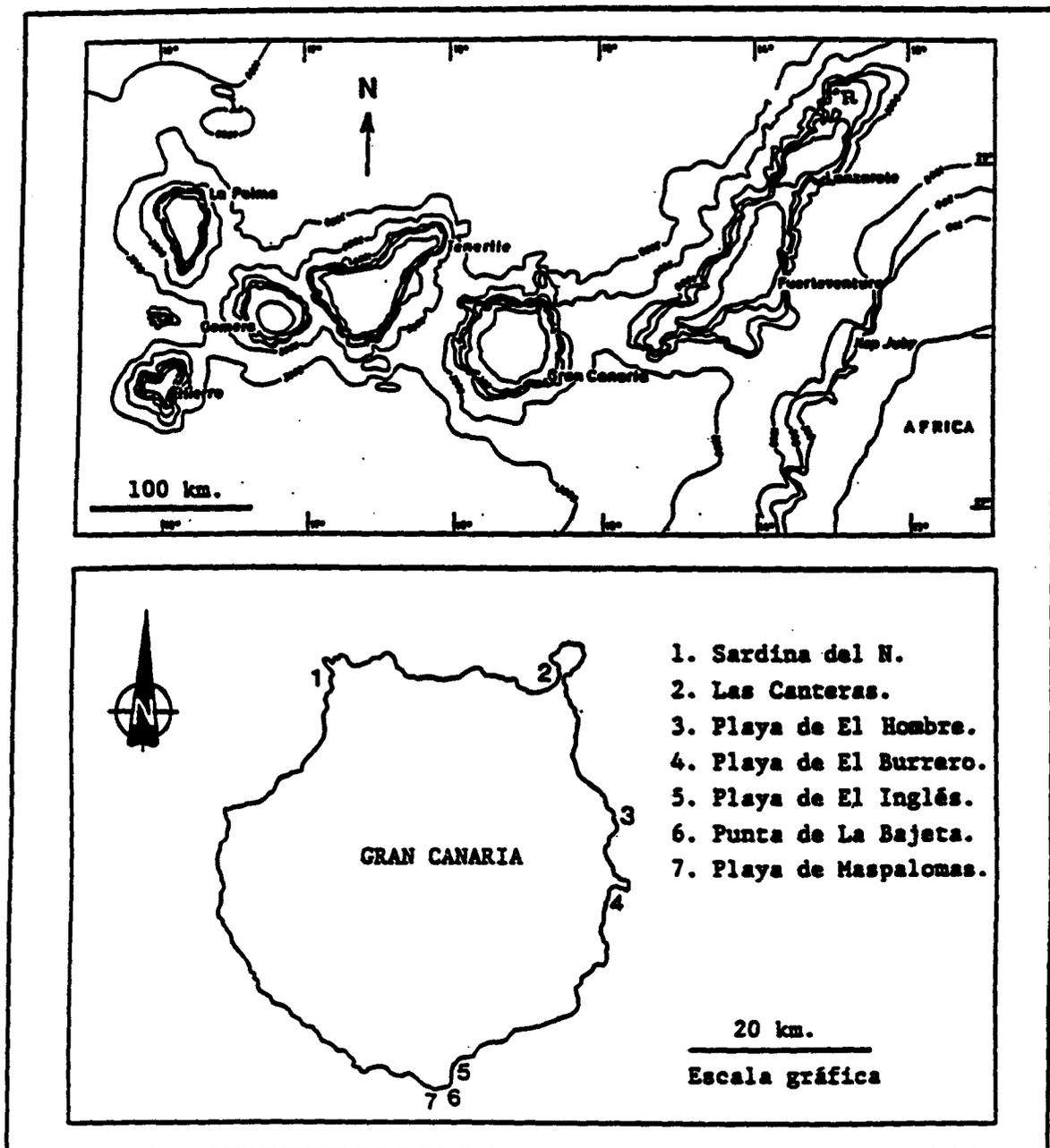


Figura 1

Localización geográfica de las playas grancanarias en seguimiento.

Playa	Localización	Morfología	Dimensiones aproximadas		Clasificación geológica según Salas Illera (1988)
			longitud en m.	anchura máxima en m.	
Barriada del N.	Costa N. (Güldar)	en caleta	85	45	CC _{0,0}
Las Cañeras	Costa N. (Las Peñas)	sub-caleta en una caleta amplia	3100	90	CC4CC9CC _{0,0} ¹
El Huevo	Costa Oriental (Yedo)	en caleta	224	91	CC _{0,0}
El Barranco	Costa Oriental (Aghima)	en caleta	205	30	CC _{0,0}
El Ingles	Costa Meridional (S. Bartolomé)	rectilínea	2700	100	CC _{0,0} (2)
La Bajera	Costa Meridional (S. Bartolomé)	convexa hacia el mar	470	100	S _{0,2} ¹
Maspalomas	Costa Meridional (S. Bartolomé)	rectilínea	2183	90	S _{0,2} ²

Tabla 1

Descripciones de las playas de Gran Canaria (España) en seguimiento.

Cuentas de arena, en m ³ , en relación con la erosión significativa del ciclo anual en seguimiento.							
Playa	Reservas del N	Las Cañeras	El Huevo	El Barranco	El Ingles	La Bajera	Maspalomas
	D:66.8x9.0	D:2169.8x10.0	D:200.4x10.0	D:97.1x12.0	D:2111.0x15.0	D:471.5x15.0	D:2102.3x15.0
Fecha							
diciembre 1985	303.14	05745.23	3385.30	689.49	32642.96	10480.09	04192.74
enero 1986	272.50	03816.09	3585.86	334.70	35704.79	12365.30	06562.86
febrero 1986	038.38	04085.64	2893.17	313.86	40366.28	13034.72	00000.00
marzo 1986	100.58	00000.00	0271.30	300.93	38369.33	15671.17	01729.70
abril 1986	000.00	03311.09	0000.00	164.31	33401.32	12476.15	01829.40
mayo 1986	070.63	03861.03	2779.44	292.80	29423.33	11574.44	04696.84
junio 1986	264.69	09953.13	3434.31	251.82	17331.43	10148.07	14806.72
julio 1986	494.01	09075.08	2686.86	226.63	16042.21	04671.15	14841.51
agosto 1986	489.18	10687.70	2939.49	132.51	14070.81	04225.79	28391.80
septiembre 1986	327.72	09794.63	3192.79	091.71	12653.42	05070.47	30345.58
octubre 1986	444.91	04843.50	3096.40	000.00	08796.16	04499.33	37778.00
noviembre 1986	343.37	—	3347.16	023.23	01338.34	02208.58	28671.13
diciembre 1986	445.95	—	3051.68	—	00000.00	00000.00	10215.95

D = dimensiones, en m., de la franja intermareal observada.

Tabla 2

Balances sedimentarios, durante un ciclo anual, en algunas playas arenosas de la isla de Gran Canaria (España).

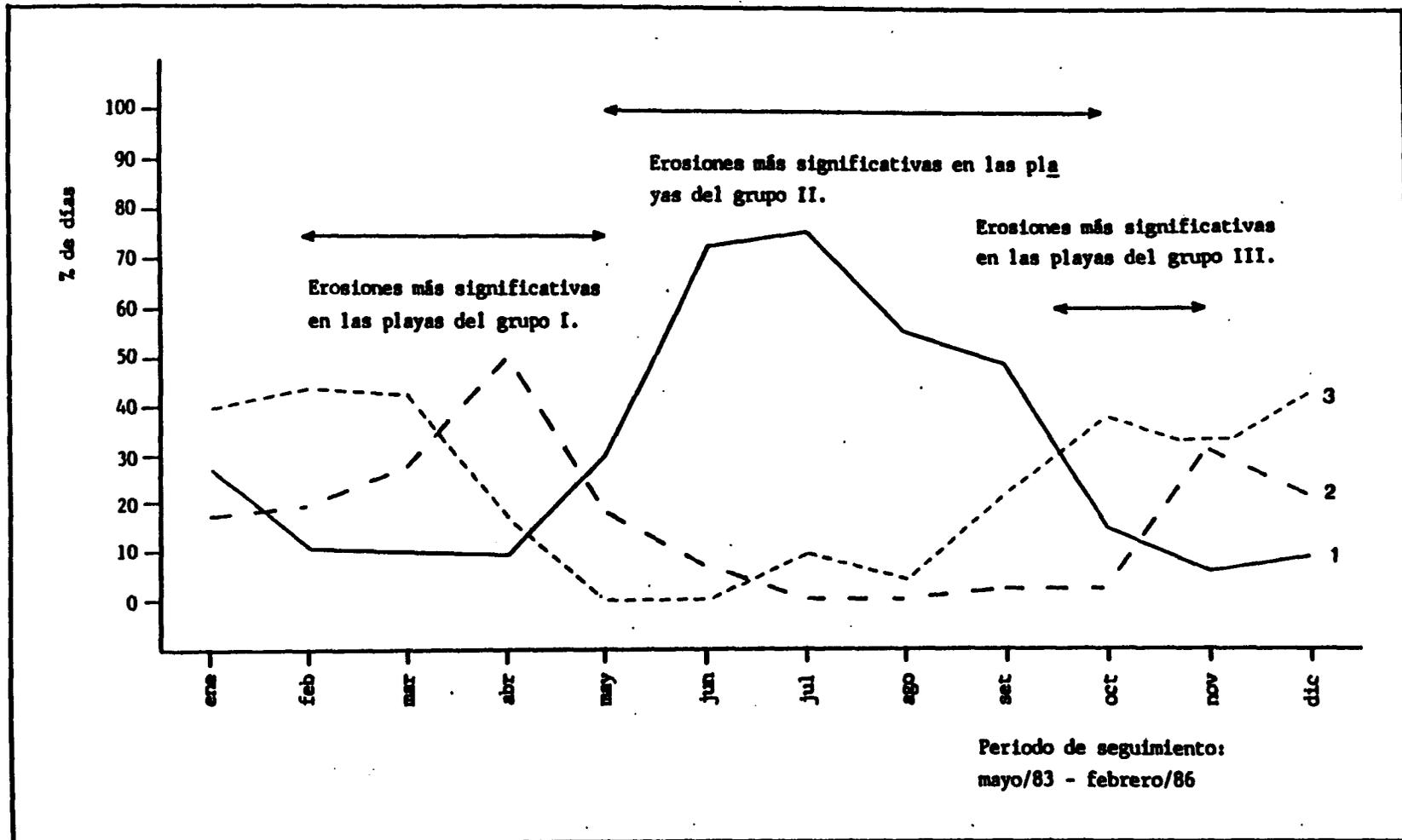


Figura 2

Frecuencia de los vientos en el entorno de la Isla de Gran Canaria (España). 1: vientos del N-NE (alisios), 2: vientos del W-NW,, 3: vientos del E-S. Datos obtenidos a partir del análisis de mapas sinópticos previstos de superficie.

Mes	Swall		Sea		Swall o Sea	
	¶ días	altura promedio	¶ días	altura promedio	¶ días	altura promedio
ENERO	13.98	2.15	27.96	1.73	41.94	1.87
FEBRERO	12.94	2.66	32.94	2.07	65.88	2.15
MARZO	17.20	2.13	61.29	1.96	79.57	1.93
ABRIL	26.67	2.15	62.22	1.89	87.78	1.96
MAYO	27.96	1.42	95.91	1.66	84.95	1.53
JUNIO	22.22	1.23	55.55	1.63	62.22	1.51
JULIO	38.71	1.64	80.65	1.35	95.70	1.50
AGOSTO	40.45	1.58	75.53	1.63	86.52	1.63
SEPT.	37.35	1.29	59.04	1.35	74.70	1.33
OCT.	20.05	1.33	53.66	1.43	63.42	1.40
NOV.	12.20	2.57	31.71	1.60	35.37	1.72
DIC.	7.23	1.42	26.51	1.84	32.53	1.75

Tabla 3

Oleaje del N-NE en el entorno canario, a partir de mapas de análisis. Observaciones de las 6.00 a.m. Período 1987-1989.

Mes	Swall		Sea		Swall o Sea	
	¶ días	altura promedio	¶ días	altura promedio	¶ días	altura promedio
ENERO	19.23	1.88	21.79	2.21	35.48	2.02
FEBRERO	32.43	2.08	13.51	2.30	38.82	2.00
MARZO	22.99	1.73	13.79	2.21	33.33	1.89
ABRIL	25.00	1.60	17.86	1.77	40.00	1.74
MAYO	18.18	1.28	20.45	1.58	36.56	1.44
JUNIO	2.74	1.00	10.96	1.63	11.11	1.45
JULIO	6.90	1.67	4.60	1.50	10.75	1.60
AGOSTO	13.79	1.54	2.30	1.00	15.05	1.46
SEPT.	14.29	1.27	12.99	1.45	24.44	1.30
OCT.	26.83	1.55	20.73	1.29	41.94	1.44
NOV.	19.75	1.47	30.86	1.76	45.36	1.65
DIC.	30.38	1.98	29.11	2.28	50.54	2.13

Tabla 4

Oleaje del SW-W-NW en el entorno canario, a partir de mapas de análisis. Observaciones de las 6.00 a.m. Período 1987-1989.

Mes	Swell		Sea		Swell o Sea	
	¿ días	altura promed	¿ días	altura promed	¿ días	altura promed
ENERO	6.60	1.75	17.60	1.81	20.89	1.80
FEBRERO	0.00	0.00	6.33	1.60	6.33	1.60
MARZO	1.10	2.53	3.33	1.67	4.44	1.90
ABRIL	1.12	2.50	2.25	1.75	3.37	2.00
MAYO	1.90	2.00	1.90	1.50	2.17	1.75
JUNIO	1.11	2.00	2.22	1.25	4.44	1.33
JULIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AGOSTO	0.00	0.00	1.12	1.00	1.12	1.00
SEPT.	1.30	1.50	0.00	0.00	1.30	1.50
OCT.	2.50	1.00	3.00	1.00	7.50	1.00
NOV.	3.65	1.83	3.65	1.50	7.32	1.67
DIC.	3.61	1.66	16.87	1.24	20.48	1.27

Tabla 5

Oleaje del E-SE-S en el entorno canario, a partir de mapas de análisis. Observaciones de las 6.00 a.m. Periodo 1987-1989.

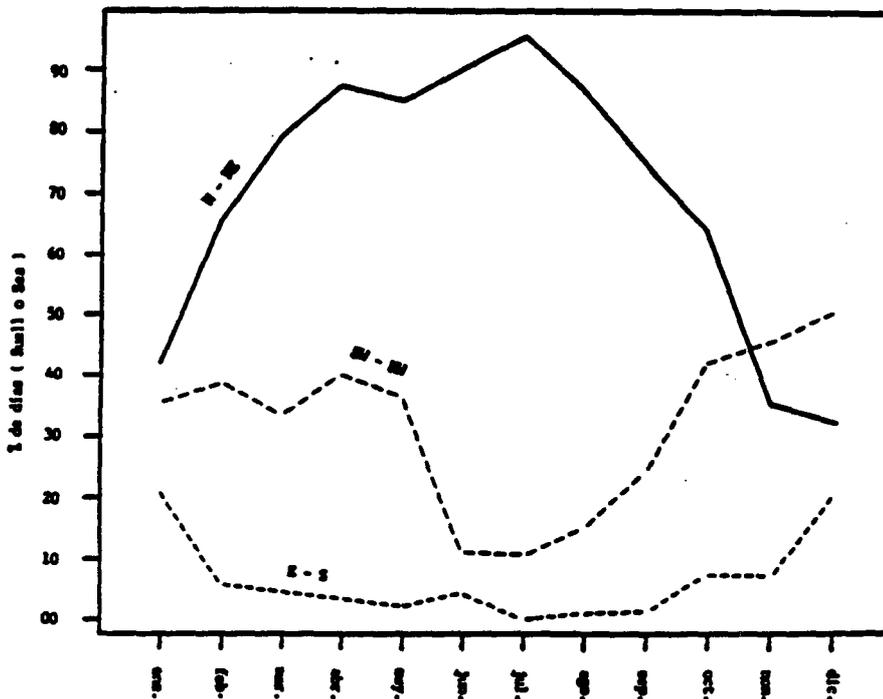


Figura 3

Frecuencia de presentación del oleaje Swell o Sea en el entorno canario, a partir de mapas analíticos. Observaciones de las 6.00 a.m. Periodo 1987-1989.

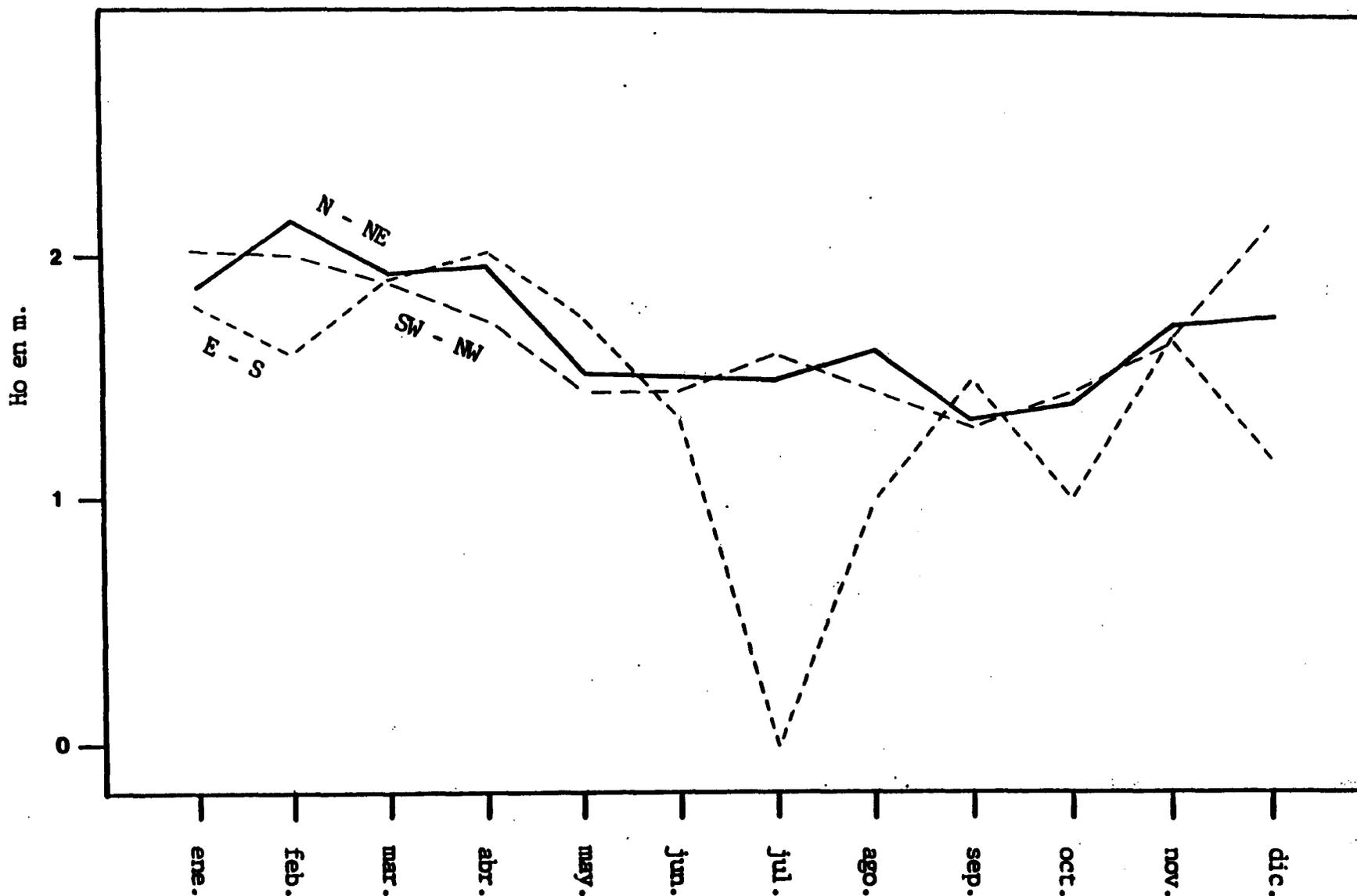


Figura 4

Frecuencia de presentación de la altura H_o del oleaje Swell o Sea en el entorno canario, a partir de mapas de análisis. Observaciones de las 6.00 a.m. Período 1987-1989.

Periodo del año \ Grupo de playa	I	II	III	IV
Invierno	↑			
Primavera	↓	↑		
Verano		↓		
Otoño			↓	

Figura 5

Localización de los procesos extremos de erosión anual en las playas arenosas de Gran Canaria.

Periodo del año \ Grupo de playa	I	II	III	IV
Primavera				
Verano	↑			
Otoño	↓	↑	↑	
Invierno		↓	↓	

Figura 6

Localización de los procesos más importantes de acreción anual en las playas arenosas de Gran Canaria.

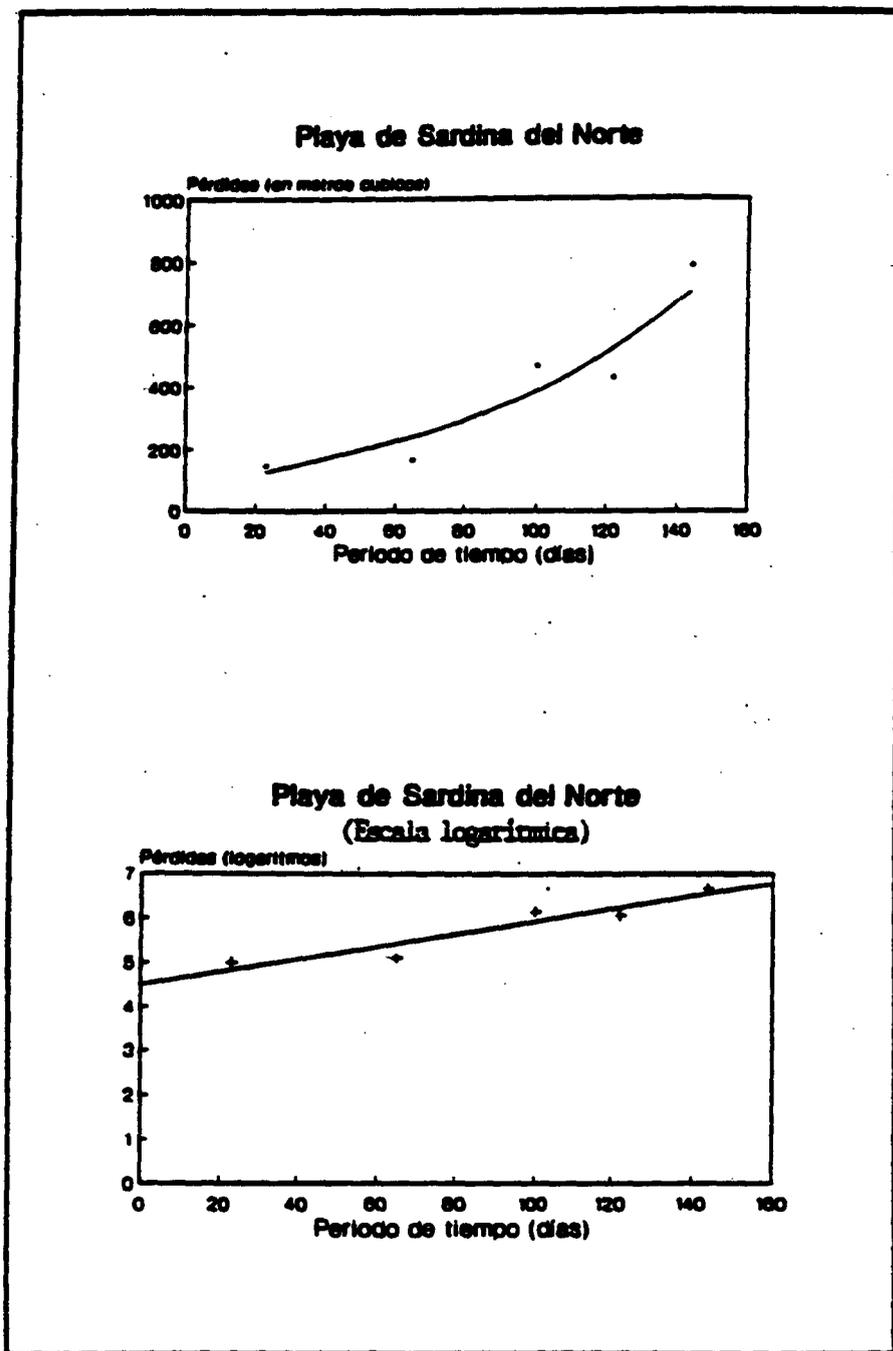


Figura 7

Curvas de erosión.

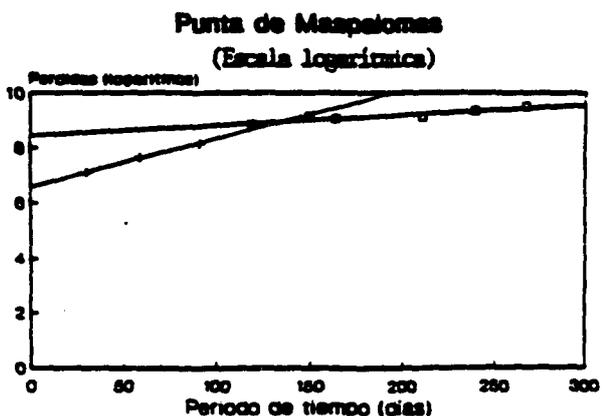
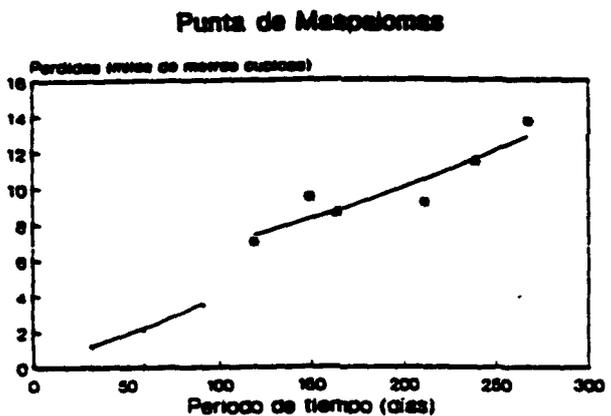
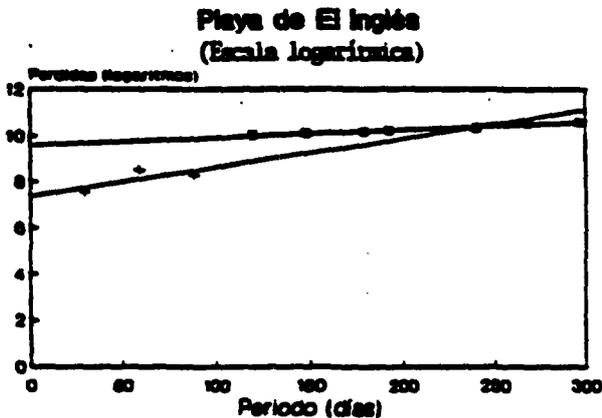
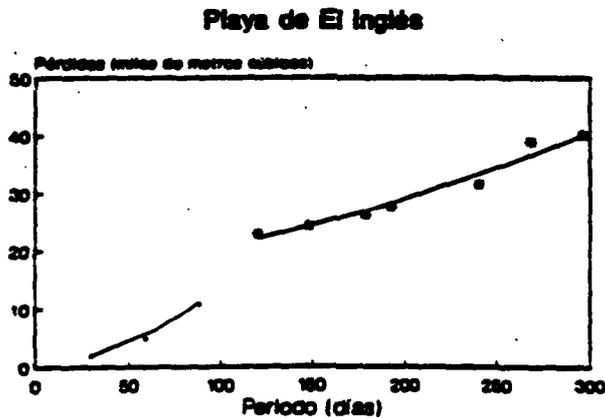
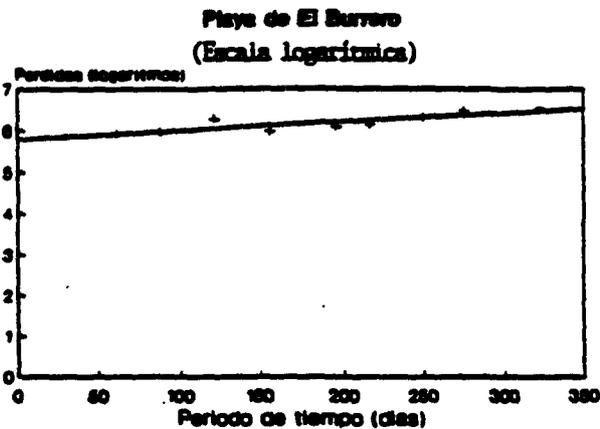
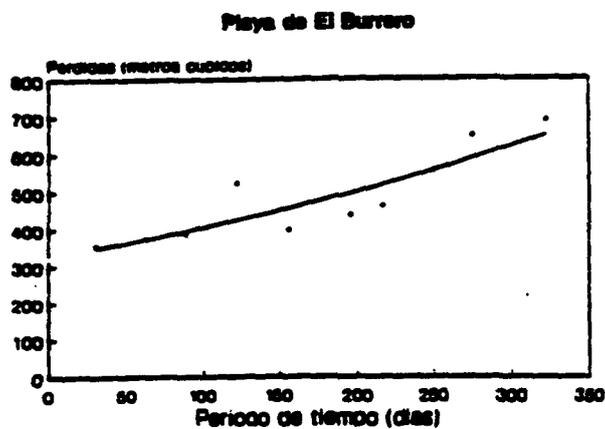
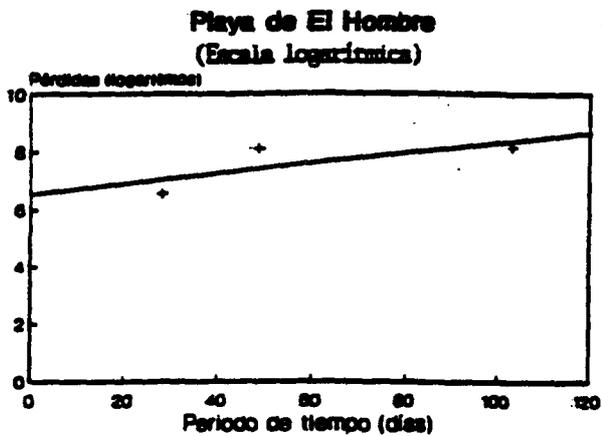
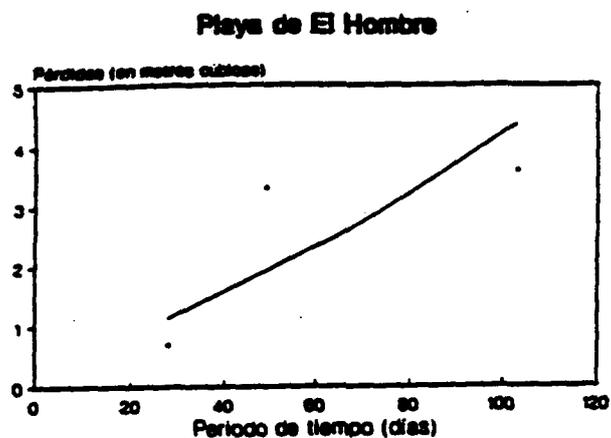


Figura 8
Curvas de erosión

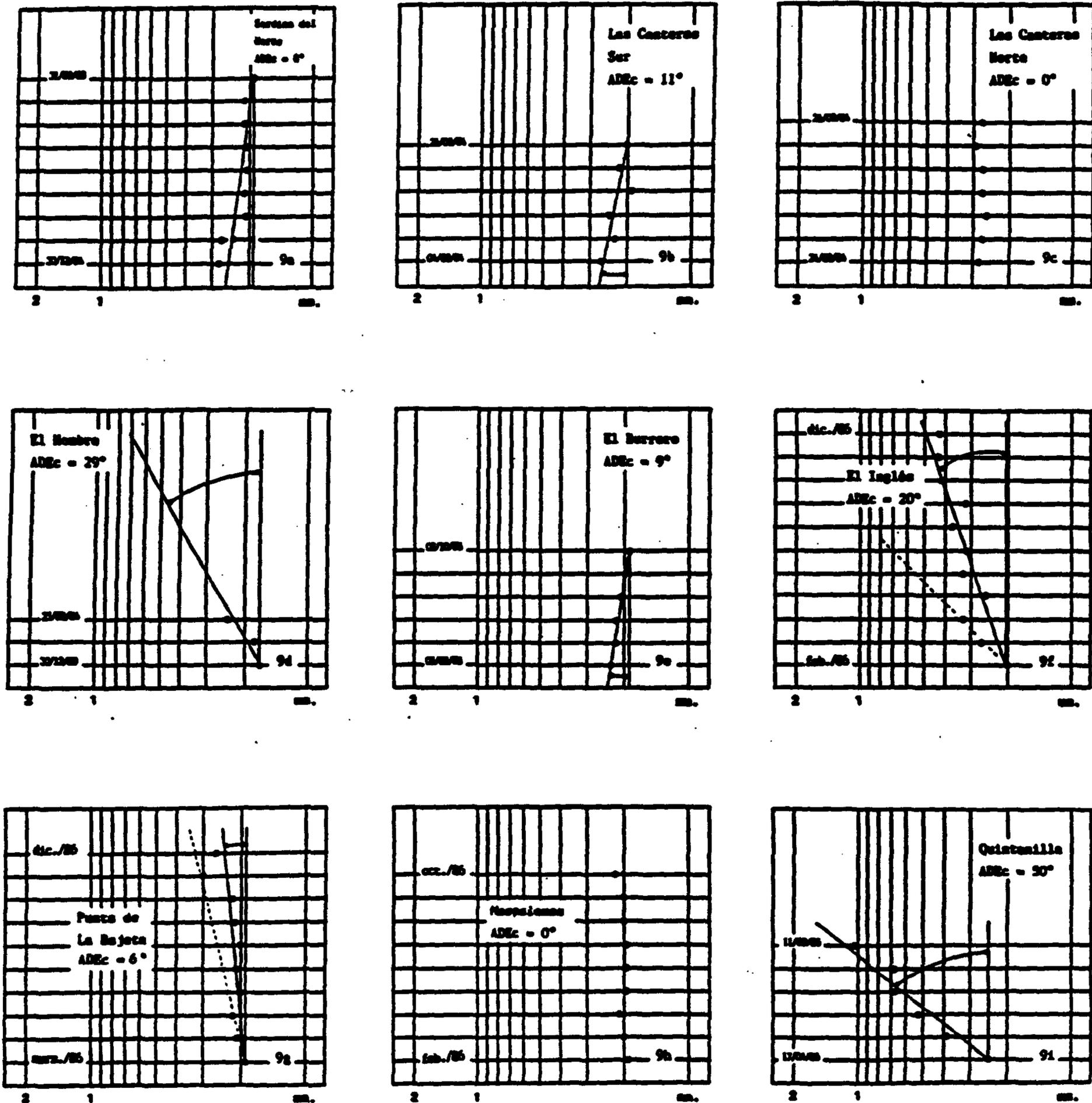


Figura 9

Angulos de desvío de la energía cinética media de las playas en seguimiento.

Angulo de desvío, en grados sexagesimales, de la energía cinética media.	Calificación
de 0 a 5	evolución energética muy suave.
de 6 a 15	evolución energética suave.
de 16 a 25	evolución energética moderada.
de 26 a 35	evolución energética fuerte.
de 36 a 45	evolución energética muy fuerte.
>46 sólo queda arena residual entre gravas, cantos y/o bloques.	evolución energética extrema.

Tabla 6

Tentativa de subclasificación de las playas arenosas de Gran Canaria, de acuerdo con los cambios energéticos relativos desde acreción significativa a erosión máxima o viceversa. Se emplean unas escalas en papel semilogarítmico conforme con el texto.

PLAYA	FECHA	PERIODO SEDIMENTARIO INTERANUAL	ADCL (en grados sesquiesimiles)	CALIFICACION
Sardina del Norte	30/12/84 31/8/85	de erosión a acreción	8°	evolución energética suave
Las Canteras Norte	24/2/84 26/9/84	de erosión a acreción	9°	evolución energética muy suave
Las Canteras Sur	4/2/84 26/9/84	de erosión a acreción	11°	evolución energética suave
El Hombro	30/12/83 23/2/84	de acreción a erosión	29°	evolución energética fuerte
El Burrero	5/5/85 2/18/85	de erosión a acreción	9°	evolución energética muy suave
El Inglés	febrero/86 diciembre/86	de acreción a erosión	20°	evolución energética fuerte
Punta de la Bajeta	marzo/86 diciembre/86	de acreción a erosión	6°	evolución energética suave
Naapalomas	febrero/86 octubre/86	de erosión a acreción	9°	evolución energética muy suave
Quintanilla	17/4/86 11/9/86	de acreción a erosión	50°	evolución energética extrema

Tabla 7

Subclasificación de las playas en seguimiento, a partir del ángulo de desvío de la Ec media (ADEc).

VALORES POSITIVOS	HIPER-ENERGETICA
	MESO-ENERGETICA
	EN EQUILIBRIO ENERGETICO
VALORES NEGATIVOS	HIPO-ENERGETICA

Tabla 8

Escala para la clasificación de las playas a partir del parámetro SKa de Krumbein.

PLAYA	SKa en erosión	CLASIFICACION	SKa en acreción	CLASIFICACION	SKa medio	CLASIFICACION
Sardina del Norte	-0.013	Equilibrio energético	0.009	Equilibrio energético	-0.002	Equilibrio energético
Las Cañeras Norte	0.023	Hiper-energética	0.008	Equilibrio energético	0.016	Meso-energética
Playa Chica	0.034	Hiper-energética	0.011	Meso-energética	0.023	Hiper-energética
Las Cañeras Sur	0.033	Hiper-energética	0.031	Hiper-energética	0.027	Hiper-energética
El Nombre	0.008	Meso-energética	0.007	Equilibrio energético	0.008	Equilibrio energético
El Barrero	-0.006	Hipo-energética	0.004	Equilibrio energético	-0.001	Equilibrio energético
El Inglés	0.053	Hiper-energética	0.028	Hiper-energética	0.041	Hiper-energética
La Bajeta	0.007	Meso-energética	0.006	Equilibrio energético	0.006	Equilibrio energético
Maspalomas	0.005	Equilibrio energético	0.003	Equilibrio energético	0.004	Equilibrio energético

Tabla 9

Subclasificación de las playas en estudio de acuerdo con el parámetro SKa de Krumbein.

PLAYA	FECHA (de erosión máxima)	Kqa	TIPO de curva	CALIFICACION
Sardina del S.	30/12/84	0.147	angulosa	de energía cinética media prolongada.
Las Canteras N.	24/2/84	0.224	angulosa	de energía cinética media prolongada.
Las Canteras S.	4/2/84	0.236	angulosa	de energía cinética media prolongada.
El Hombre	25/2/82	0.260	normal	de energía cinética media, de duración normal.
El Burrero	5/5/85	0.253	angulosa	de energía cinética media prolongada.
El Inglés	diciembre/86	0.300	achatada	de energía cinética media de duración reducida.
Punta de la Bajeta	diciembre/86	0.528	achatada	de energía cinética media de duración reducida.
Maspelomes	3/3/86	0.289	achatada	de energía cinética media de duración reducida.

Tabla 10

Subclasificación de las playas en seguimiento según la duración de la energía cinética media durante la erosión máxima.

**LAS CANTERAS (LAS PALMAS DE GRAN CANARIA): AULA ABIERTA PARA LA ENSEÑANZA
DE LA DINAMICA SEDIMENTARIA EN LAS PLAYAS**

Jesús Martínez Martínez. Facultad de Ciencias del Mar. LAS PALMAS.

Juan José Castro. Facultad de Ciencias del Mar. LAS PALMAS.

RESUMEN

Se propone una metodología, basada en el entorno geográfico próximo, para la enseñanza de determinados aspectos de una Geología elemental en E.G.B. y Bachillerato.

La documentación escrita comprende los cinco módulos siguientes:

- 1.- Localización y descripción del recurso de campo.
- 2.- Definición de los objetivos generales.
- 3.- Presentación de las unidades didácticas.
- 4.- Criterios de evaluación.
- 5.- Y una bibliografía de referencias.

Las unidades didácticas incluyen:

- a) Formulación de objetivos específicos.
- b) Inventarios de recursos instrumentales.
- c) Diseños de recursos de motivación.
- d) Y relaciones de contenidos.

ABSTRACT

A method is propose for teaching elementary Geology in primary and high school, in the near geographic ambient.

The paper has five sections:

- 1.- *The localization and description of Las Canteras Beach (Las Palmas of Gran Canaria).*
- 2.- *Definition of generals objectives.*
- 3.- *A group of didactical units.*
- 4.- *Measurement and evaluation tests.*
- 5.- *And a bibliography.*

Each didactical unit has the following parts:

- a) *Specific objectives.*
- b) *An inventory of instrumentation.*
- c) *A resource of motivation.*
- d) *And an account of contents.*

INTRODUCCION

*** Localización y descripción de la playa de Las Canteras.**

La playa se encuentra en Las Palmas (FIGURA 1), en la cara W del istmo que une la ciudad con la Isleta (conjunto de conos volcánicos basálticos recientes).

Tiene una longitud total de 3.100 m.

Las amplitudes de la playa seca-intermareal puede alcanzar los 90 m. en marea baja (ó 50 m. en marea alta), aunque a veces, y en algunos sectores, quedan reducidas a cero metros, en marea alta. Las pendientes oscilan, normalmente, entre 0,5º y 3º (0,5% y 5%).

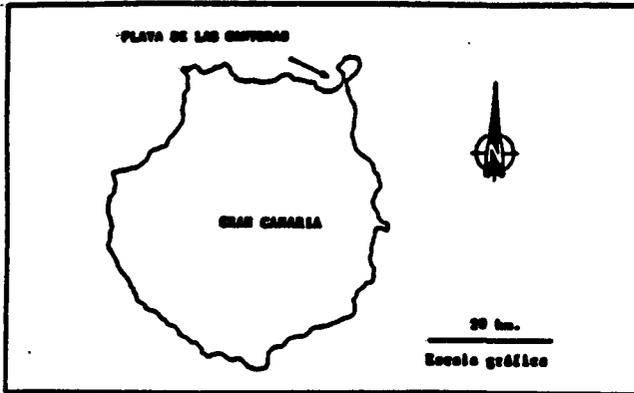


FIGURA 1.- Localización geográfica de la playa de Las Canteras (Las Palmas).

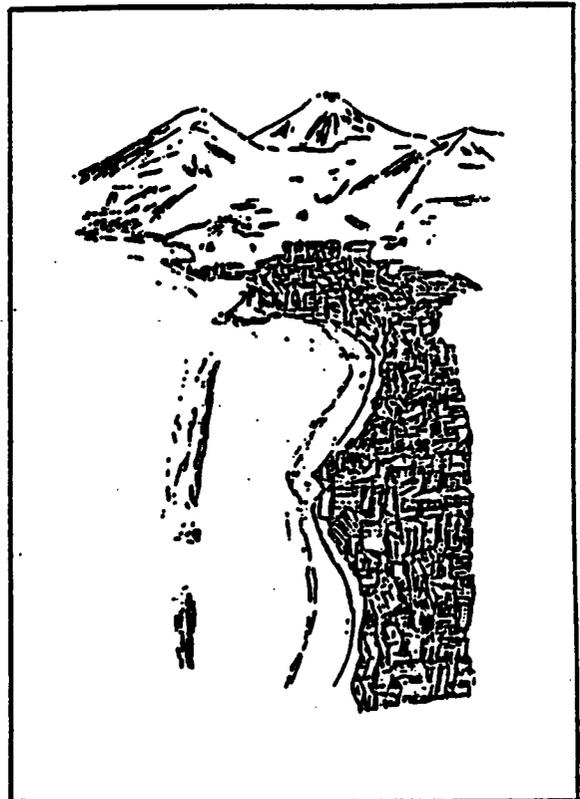


FIGURA 2.- Perspectiva de la playa de Las Canteras (Las Palmas).

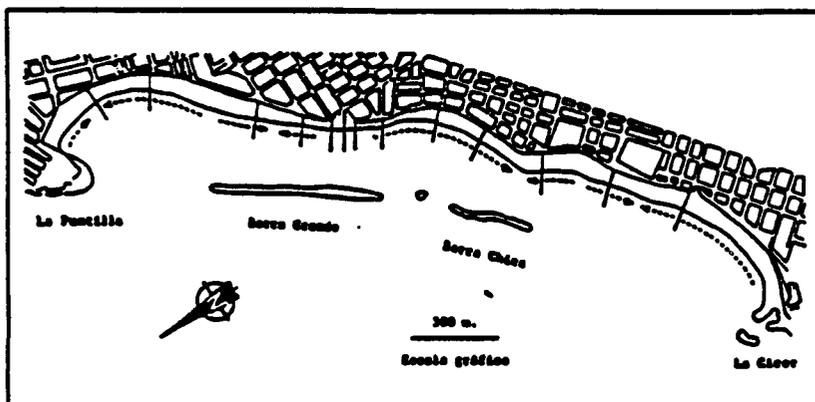


FIGURA 3.- Croquis de la playa de Las Canteras (Las Palmas).

Considerada en planta (FIGURA 3), se diferencian:

- un arco central, entre el Hotel Gran Canaria y la calle Gravina,
- y dos amplios arcos marginales, con tramos rectilíneos hacia el arco central.

La playa sumergida se interrumpe por una barra natural, estática y fragmentada, externamente de arenas cementadas (areniscas), que emerge, durante la baja mar, en tres tramos:

- Barra Grande (hacia el N),
- Peñón Central (Peña La Vieja) y
- Barra Chica (hacia el S).

En cuanto al entorno urbano, este es de edificación intensiva (FIGURA 2). Las antiguas casas unifamiliares, o de tres plantas como máximo, de la primera mitad de siglo, han sido progresivamente sustituidas por grandes hoteles y bloques de apartamentos. Entre la playa y las construcciones, hay un paseo peatonal.

OBJETIVOS

Se propone una metodología que pretende, como objetivos generales:

- a) El desarrollo, en gran medida, de los contenidos de una Geodinámica Externa, sobre todo de los procesos sedimentarios en playas arenosas, en la enseñanza de una Geología, programada para Bachillerato y los últimos cursos de E.G.B.
- b) Y que se quiera, respete y cuide el medio ambiente, a partir de su conocimiento y comprensión.

Los objetivos específicos, recogidos en cada una de las unidades didácticas, se agrupan en tres categorías:

- informativos,
- formativos,
- y de automatismo y destrezas,

a partir de una síntesis de los objetivos de Bloom (1975), propuesta por la escuela franco-belga de la Universidad de Lovaina (Proyecto MI-62, 1978).

Muchos de estos objetivos son optativos y dependerán:

- de las aclaraciones pertinentes y oportunas explicaciones complementarias del profesor,
- y de las disponibilidades del laboratorio de Geología.

UNIDADES DIDACTICAS

UNIDAD Nº 1

El transporte de la arena por las corrientes de una playa

OBJETIVOS

1.- Informativos:

- 1.1. Conocer las definiciones de playa y de formación sedimentaria eólica.
- 1.2. Conocer los conceptos de sistemas circulatorios y diagramas de transporte en las playas.
- 1.3. Conocer metodologías para deducir sistemas circulatorios y diagramas de transporte en las playas.
- 1.4. Conocer el sistema general circulatorio y los diagramas de transporte en la playa de Las Canteras, para unas condiciones predominantes del oleaje.
- 1.5. Conocer las estructuras sedimentarias, más significativas, en los depósitos de arenas.

2.- Formativos:

- 2.1. Relacionar sistemas circulatorios con diagramas de transporte.
- 2.2. Verificar los diagramas intermareales de transporte.
- 2.3. Identificar, describir, clasificar, denominar e interpretar las estructuras sedimentarias en las arenas de la playa.

3.- De automatismos y destrezas:

- 3.1. Dibujar los diagramas de transporte descritos en un croquis de la playa.
- 3.2. Dibujar a mano alzada, las estructuras sedimentarias identificadas.
- 3.3. Localizar, en el croquis, las estructuras sedimentarias identificadas.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Croquis de la playa y útiles de dibujo.

RECURSO DE MOTIVACION

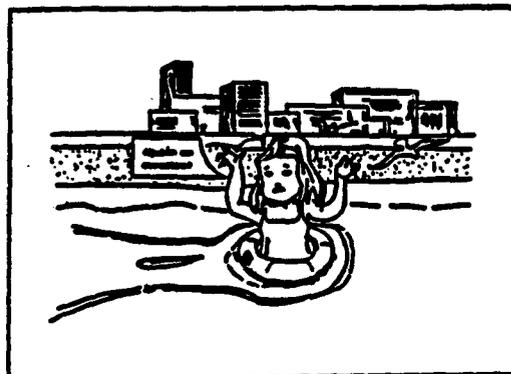


FIGURA 4.- Las arenas de tu playa: ¿También son arrastradas? ¿Por quién? ¿Cómo?

CONTENIDOS

- 1.- Las corrientes en las playas. Clasificación y nomenclatura.
- 2.- Corrientes y diagramas de transporte.
- 3.- Estructuras sedimentarias en relación con el transporte y depósito de las arenas en las playas.

UNIDAD Nº 2

Ganancias y pérdidas de arena en la playa

OBJETIVOS

- 1.- Informativos:
 - 1.1. Conocer los conceptos de acreción y erosión en las playas.
 - 1.2. Conocer métodos para identificar los procesos de acreción y erosión.
 - 1.3. Conocer las características generales de la climatología canaria.
- 2.- Formativos:
 - 2.1. Deducir, evaluar semi-cuantitativamente e interpretar los procesos de acreción y erosión, en relación con la climatología de superficie.
 - 2.2. Formular hipótesis en relación a la dinámica sedimentaria en la playa de Las Canteras.
- 3.- De automatismos y destrezas:
 - 3.1. Dibujar una gráfica, de ganancias y pérdidas de arenas, a partir de medidas en las estructuras fijas y tras un periodo de seguimiento de la playa.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Cinta métrica, papel milimetrado y útiles de dibujo.

RECURSO DE MOTIVACION



FIGURA 5.-

- ¿Cuándo llega arena a tu playa?
¿Cuándo se pierde esa arena?

CONTENIDOS

- 1.- La acreción y erosión en las playas: Definiciones.
- 2.- Dependencias físicas de los procesos de acreción-erosión.
- 3.- Clasificación de las playas de acuerdo con la situación de los procesos de acreción-erosión en un ciclo anual.

UNIDAD Nº 3

Los cambios de la superficie en la playa

OBJETIVOS

- 1.- Informativos:
 - 1.1. Conocer en que se basa la metodología para deducir los procesos de acreción y erosión en una playa.
 - 1.2. Conocer someramente técnicas de observación topográficas.
- 2.- Formativos:
 - 2.1. Describir e interpretar posibles movimientos topográficos de la playa.
 - 2.2. Relacionar los movimientos topográficos de la playa con los procesos de acreción y erosión.
- 3.- De automatismo y destrezas:
 - 3.1. Diseñar y construir clinómetros.
 - 3.2. Medir pendientes en la playa con clinómetros.
 - 3.3. Representar pendientes a lo largo de los perfiles longitudinales y transversales.
 - 3.4. Dibujar posibles movimientos topográficos de la playa.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Transportador de ángulos de plástico, burbuja de nivelación, dos tablas de 100x3x2 cm., tornillo con mariposa, útiles de marquería, cinta métrica de 50 m., papel milimetrado y útiles de dibujo.

RECURSO DE MOTIVACION

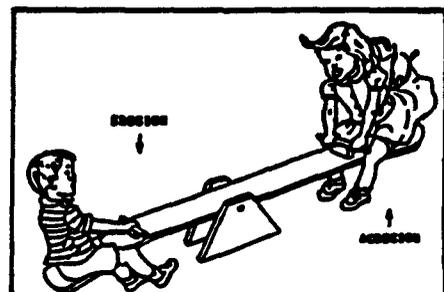


FIGURA 6.- La superficie de tu playa: ¿También se balancea? ¿Por qué?.

CONTENIDOS

- 1.- Los movimientos topográficos en las playas: Concepto y causas.
- 2.- Tipos de movimientos topográficos.
- 3.- El cálculo de cubicajes de arena.
- 4.- La cuantificación de los procesos de acreción-erosión.

UNIDAD Nº 4

La acumulación progresiva de arena en la playa

OBJETIVOS

1.- Informativos:

- 1.1. Conocer el concepto de balance sedimentario de una playa.
- 1.2. Conocer unos primeros criterios básicos de la taxonomía vegetal y animal.

2.- Formativos:

- 2.1. Describir, sectorialmente, los balances sedimentarios en la playa.
- 2.2. Verificar, con observaciones in situ, las tendencias de los balances sedimentarios en la playa.
- 2.3. Formular causas-efectos en las acumulaciones progresivas de arena en algunos sectores de la playa.
- 2.4. Predecir las repercusiones de una progresiva acumulación de arena en la vegetación, y fauna asociada, de la playa sumergida.

3.- De automatismo y destrezas:

- 3.1. Tomar, adecuadamente, muestras de vegetales y animales de la playa.
- 3.2. Identificar, clasificar y denominar especies vegetales y animales de la playa.
- 3.3. Dibujar, sobre un croquis de la playa, las ubicaciones de las comunidades vegetales marinas más significativas.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Bolsas de plástico, frascos de cristal o plástico, formol al 8 % neutralizado, etiquetas, tablas dicotómicas de clasificación y nomenclatura de vegetales y animales, croquis de la playa y útiles de dibujo.

RECURSO DE MOTIVACION

(Figura 7)

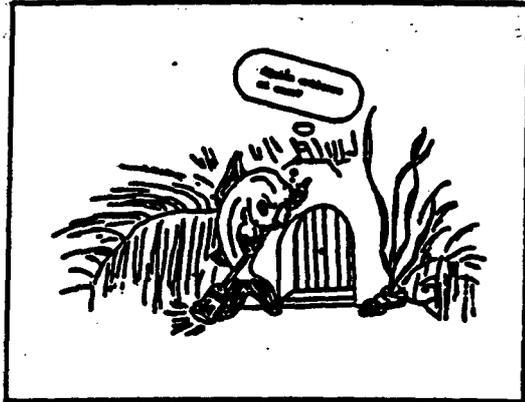


FIGURA 7.-

¿Tu playa tiene cada vez más arena?

¿Cómo te das cuenta de ello?

CONTENIDOS

- 1.- Los balances netos sedimentarios en las playas.
- 2.- Las series temporales de los balances sedimentarios.
- 3.- La estabilidad, hiper-estabilidad e inestabilidad de las playas.
- 4.- Relaciones entre las comunidades biológicas y los balances sedimentarios en las playas.

UNIDAD Nº 5

Los condicionantes del entorno en la forma y evolución de la playa

OBJETIVOS

1.- Informativos:

- 1.1. Conocer los conceptos más elementales para un somero estudio morfodinámico de una playa.

2.- Formativos:

- 2.1. Identificar y describir los elementos geomorfológicos del entorno, que tienen una fuerte incidencia en la evolución morfodinámica de Las Canteras.
- 2.2. Deducir el papel morfodinámico de La Barra de Las Canteras.
- 2.3. Predecir una posible evolución morfológica de Las Canteras.
- 2.4. Analizar la evolución morfodinámica de la orilla de Las Canteras, a partir de un contraste de fotografías aéreas.

3.- De automatismos y destrezas:

- 3.1. Dibujar, a mano alzada, el contorno geomorfológico de Las Canteras.
- 3.2. Localizar posibles hemitómbolos en un croquis de la playa de Las Canteras, después de analizar la morfología de la orilla y la ubicación de los fragmentos principales de La Barra.
- 3.3. Contrastar fotografías aéreas, significativamente distanciadas en el tiempo, de Las Canteras, para describir su evolución morfodinámica.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Útiles de dibujo, croquis y fotografías aéreas de la playa.

RECURSO DE MOTIVACION

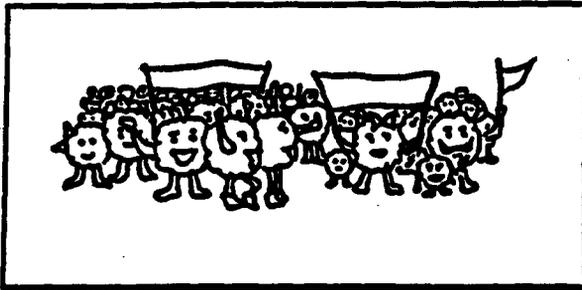


FIGURA 8.-

Parece ser que los granos de arena se concentran, cada vez más, frente a La Barra Grande y a La Barra Chica.

¿Por qué?

¿Cambiará por ello la forma de Las Canteras?

CONTENIDOS

- 1.- Concepto de evolución morfodinámica de una playa.
- 2.- Causas de los cambios morfodinámicos.
- 3.- Cuantificación de los cambios morfodinámicos.

UNIDAD Nº 6

La erosión en los elementos delimitantes de la playa

OBJETIVOS

1.- Informativos:

- 1.1. Conocer las generalidades de los procesos de erosión.
- 1.2. Conocer los criterios necesarios para catalogar el relieve erosionado.

2.- Formativos:

- 2.1. Identificar, describir e interpretar las formas erosivas de La Barra.
- 2.2. Predecir la evolución erosiva de La Barra y sus consecuencias en la playa de Las Canteras.
- 2.3. Interpretar mapas batimétricos de la playa de Las Canteras.

3.- De automatismos y destrezas:

- 3.1. Dibujar, sobre un croquis, las formas de erosión, más significativas, en La Barra.
- 3.2. Dibujar, sobre un croquis de Las Canteras, las plantas de los fragmentos, supuestamente erosionados, de La Barra.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Croquis de La Barra, croquis de la playa y útiles de dibujo.

RECURSO DE MOTIVACION

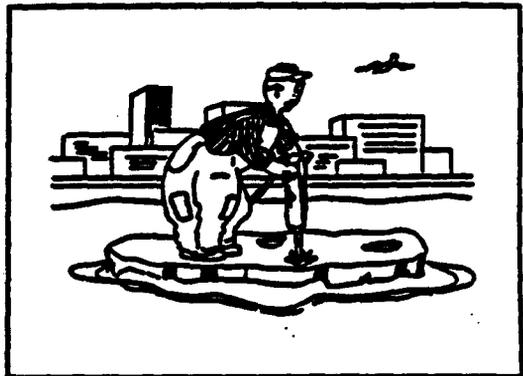


FIGURA 9.-

La Barra participa en la forma de tu playa.

¿Existirá siempre La Barra?

Si se destruye, ¿qué pasará?

CONTENIDOS

- 1.- Definición de erosión.
- 2.- Tipos de erosión.
- 3.- Mecanismos de erosión.
- 4.- Clasificación y nomenclatura de las formas de erosión.

UNIDAD Nº 7

El transporte eólico de las arenas desde la playa

OBJETIVOS

1.- Informativos:

- 1.1. Conocer las generalidades del transporte y depósito eólico de las arenas.
- 1.2. Conocer el concepto de impacto ambiental.
- 1.3. Conocer los esquemas conceptuales básicos para un estudio de impactos ambientales en playas y entornos próximos.
- 1.4. Conocer las distintas etapas, sobre planos, del desarrollo urbanístico de la ciudad de Palma.

2.- Formativos:

- 2.1. Identificar, clasificar, denominar e interpretar las estructuras sedimentarias en los depósitos eólicos de arenas.
- 2.2. Explicar los Arenales de Las Palmas a partir de mapas meteorológicos de superficie y de las situaciones de las playas circundantes.
- 2.3. contrastar el desarrollo potencial y relicto de los Arenales de Las Palmas.
- 2.4. Interpretar el contraste anterior.
- 2.5. Deducir impactos ambientales en la dinámica del transporte y depósito eólico de las arenas, dentro de la playa de Las Canteras y su entorno.
- 2.6. Situar la degradación de los Arenales de Las Palmas en un esquema de impactos ambientales.
- 2.7. Valorar los impactos ambientales en Las Canteras y su entorno.

3.- De automatismos y destrezas:

- 3.1. Dibujar las estructuras sedimentarias en los depósitos eólicos de arenas.
- 3.2. Localizar sobre mapas topográficos, geológicos y urbanos, y en fotografías aéreas, la playa de Las Canteras y el área en donde se encontraban los Arenales de Las Palmas.
- 3.3. Dibujar en un croquis los depósitos relicto de los Arenales de Las Palmas. Indicar, con flechas, las dependencias de estas formaciones sedimentarias con las playas circundantes.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Útiles de dibujo, croquis, fotografías aéreas y mapas topográficos, geológicos y de desarrollo urbanístico de la ciudad de Las Palmas.

RECURSO DE MOTIVACION

(Figura 10)

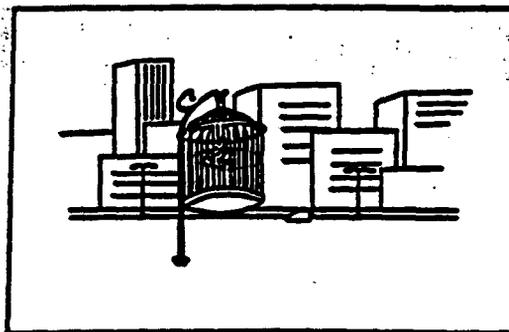


FIGURA 10.-

La arena de tu playa:

¿También está enjaulada?

¿Qué pasó con los Arenales de Las Palmas?

CONTENIDOS

- 1.- Definición de transporte eólico.
- 2.- Mecanismos del transporte eólico de las arenas.
- 3.- Los depósitos eólicos de arenas.
- 4.- Las estructuras sedimentarias primarias en los depósitos eólicos de arenas.
- 5.- Los impactos ambientales en relación con el transporte y depósito eólico de las arenas de una playa.

UNIDAD Nº 8

Las antiguas playas junto a Las Canteras

OBJETIVOS

1.- Informativos:

- 1.1. Conocer las generalidades de los movimientos epirogénicos y eustáticos y de las transgresiones y regresiones.
- 1.2. Conocer los criterios necesarios para identificar, describir (litológica y biológicamente) y datar rasas emergidas y playas levantadas.
- 1.3. Conocer los criterios necesarios para identificar superficies de discordancias.

2.- Formativos:

- 2.1. Identificar y describir las paleolíneas costeras de El Confital.
- 2.2. Identificar, describir, clasificar, denominar e interpretar las discordancias en los cortes de El Confital, con rasas emergidas y playas levantadas.
- 2.3. Identificar, describir e interpretar el contenido biológico de las playas levantadas.

- 2.4. Deducir las características del ambiente sedimentario (biotopo), que definen a las playas levantadas, a partir de su contenido biológico.
- 2.5. Datar e interpretar las paleo-líneas costeras de El Confital, dentro de un esquema de movimientos epirogénicos y eustáticos.
- 2.6. Formular hipótesis en relación con los movimientos epirogénicos-eustáticos en el entorno próximo a la playa de Las Canteras.
- 2.7. Formular la Historia Geológica del entorno de Las Canteras.

3.- De automatismos y destrezas:

- 3.1. Localizar, en un croquis y en mapas geológicos y topográficos, las playas levantadas del entorno próximo a Las Canteras.
- 3.2. Tomar muestras del contenido fosilífero de las playas levantadas de El Confital.
- 3.3. Dibujar, a mano alzada, panorámicas de las playas levantadas de El Confital.
- 3.4. Diseñar columnas litológicas con las playas levantadas de El Confital.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Croquis de la Bahía de El Confital, mapas geológicos y topográficos del N - NE de Gran Canaria, útiles de dibujo, martillo de geólogo, cincel, pincel, bolsas de plástico, etiquetas y tablas dicotómicas para la clasificación y denominación de fósiles.

RECURSO DE MOTIVACION



FIGURA 11.-

¿Aquí hay "Historia"?

CONTENIDOS

- 1.- Conceptos de movimientos epirogénicos, eustáticos, transgresiones y regresiones marinas.

- 2.- Definiciones de rasas emergidas y playas levantadas.
- 3.- Concepto de fosilización.
- 4.- Los fósiles característicos y de facies.
- 5.- Discordancias: Definición y tipos.
- 6.- La datación de rasas y playas levantadas.

CITERIOS DE EVALUACION

Se opta por una prueba de evaluación sumática, en base a informes preparados por equipos de alumnos, sobre el conjunto de procesos físicos en la playa.

En la estimación de la calidad-rendimiento de estos trabajos, se atienden a los siguientes aspectos:

- presentación,
- expresión escrita,
- grado de consecución de los objetivos propuestos,
- orden de ideas y precisiones conceptuales,
- y creatividad y/o productividad.

BIBLIOGRAFIA

- * AHINCO, S.A. (1979). "Estudio sobre la evolución y condiciones de estabilidad de la playa de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria)". Excmo. Ayuntamiento de Las Palmas.
- * BLOOM, B.S. (1975). "Taxonomía de los objetivos de la educación". (2 tomos). Ed. Marfil. Alcoy.
- * ESTUDIO 7. (1988). Proyecto de mejora de la playa de Las Canteras (T.M. de Las Palmas de Gran Canaria-Gran Canaria). Demarcación de Costas de Canarias. Dirección General de Puertos y Costas. Las Palmas.
- * MARTINEZ, J. (1987). "Playas de Gran Canaria (España): Los carbonatos de sus arenas". Boletín del Instituto Español de Oceanografía (en prensa).
- * MARTINEZ, J. et al. (1988). "Cuantificación e interpretación de los procesos de acreción-erosión en la playa arenosa de Las Canteras" (Anejo nº 6 del Proyecto de mejora de la playa de Las Canteras). Demarcación de Costas de Canarias. Dirección General de Puertos y Costas. Las Palmas.
- * PROINTEC, S.A. (1985). Toma de datos sobre estabilidad de la playa de Las Canteras y comportamiento del Arrecife. M.O.P.U. Dirección Gral. de Puertos y Costas. Jefatura de Puertos y costas de Las Palmas.
- * PROYECTO MT-62. 1978. Ed. Alhambra. Madrid.

Dinámica sedimentaria en la playa de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria)^(*)

Por J. MARTINEZ

Doctor en Ciencias Geológicas

Profesor Titular de Gestión del Litoral en la Facultad de Ciencias del Mar (Universidad Politécnica de Canarias)

C. GORDO, J. A. JIMENEZ, J. M. SANTANA y J. J. VELOSO
Licenciados en Ciencias del Mar

En la playa en seguimiento, se identifican y cuantifican los procesos cíclicos anuales intermareales de erosión y acreción, a partir de los movimientos topográficos del estrán.

Estos procesos se analizan e interpretan dentro de un marco de interdependencias físicas, sobre todo de acuerdo con:

- *Los condicionantes morfológicos.*
- *Las situaciones climáticas en superficie.*
- *La hidrodinámica sobre la playa, que condiciona los diagramas de transporte en la misma.*

y representan las respuestas a las evoluciones más internas de la morfodinámica en el referido ambiente sedimentario, conforme a los esquemas de Wright y Short (1983).

MATERIAL Y METODOS

El estudio se basa en las siguientes observaciones y cálculos, de una campaña anual (1986):

- Levantamiento de perfiles topográficos, con el método de la nivelación geométrica (por alturas), con el nivel de línea y miras.
- Deducción, clasificación y denominación de los movimientos de las superficies en la playa.
- Cálculo de cubicajes relativos de las arenas, con el método de los trapecios, tal como lo desarrolla Puig Adam (1979). Los cubicajes corresponden a una franja intermareal, previamente delimitada, de 10 m. de anchura en la horizontal, y desde un nivel convenido de base. El contraste de series de cubicajes relativos, en relación con el valor más bajo, mide las ganancias o pérdidas de arenas.

De acuerdo con Charlier (1987), el cálculo y manejo matemático de cubicajes de arenas, mediante el seguimiento de los movimientos to-

pográficos, es, hoy por hoy, el método más óptimo para la identificación, cuantificación e interpretación de los procesos de acreción y erosión en playas.

ESCENARIO

La playa de Las Canteras (Las Palmas):

- Se localiza en la cornisa N de Gran Canaria (figura 1), al W de la península de la Isleta
- Tiene la longitud de 2.940 m. y una anchura media intermareal, transplaya de unos 56 m.

Si se aplica la clasificación genética (morfológica) de Suárez Boreas (1980), y con la figura 2, la playa adquiere la siguiente fórmula:

	G	d	D	d	G	G	D	G 0 (1)
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,0
Escollera	.....						
G/Gravina		.....					
Playa Chica			.....				
H. Reina Isabel				.....			
La Puntilla					.....		

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de agosto de 1988.

DINAMICA SEDIMENTARIA EN LA PLAYA DE LAS CANTERAS

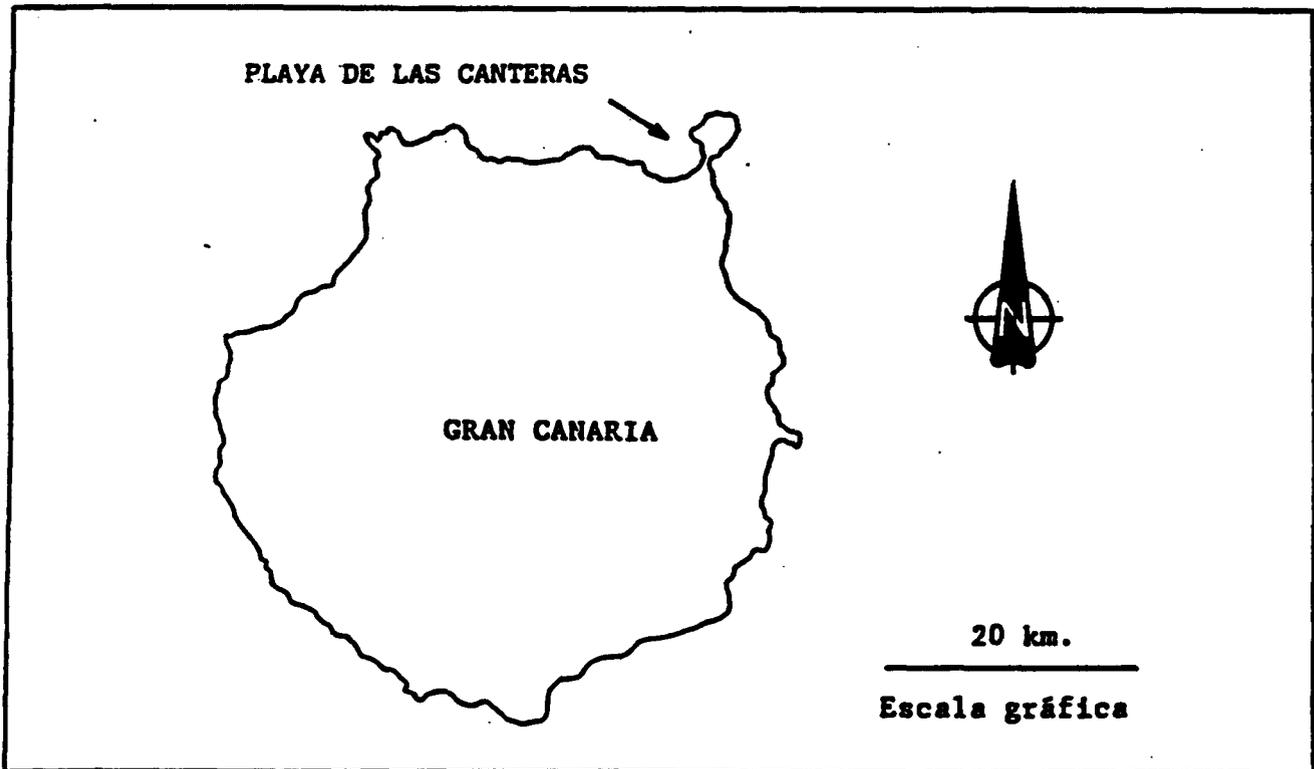
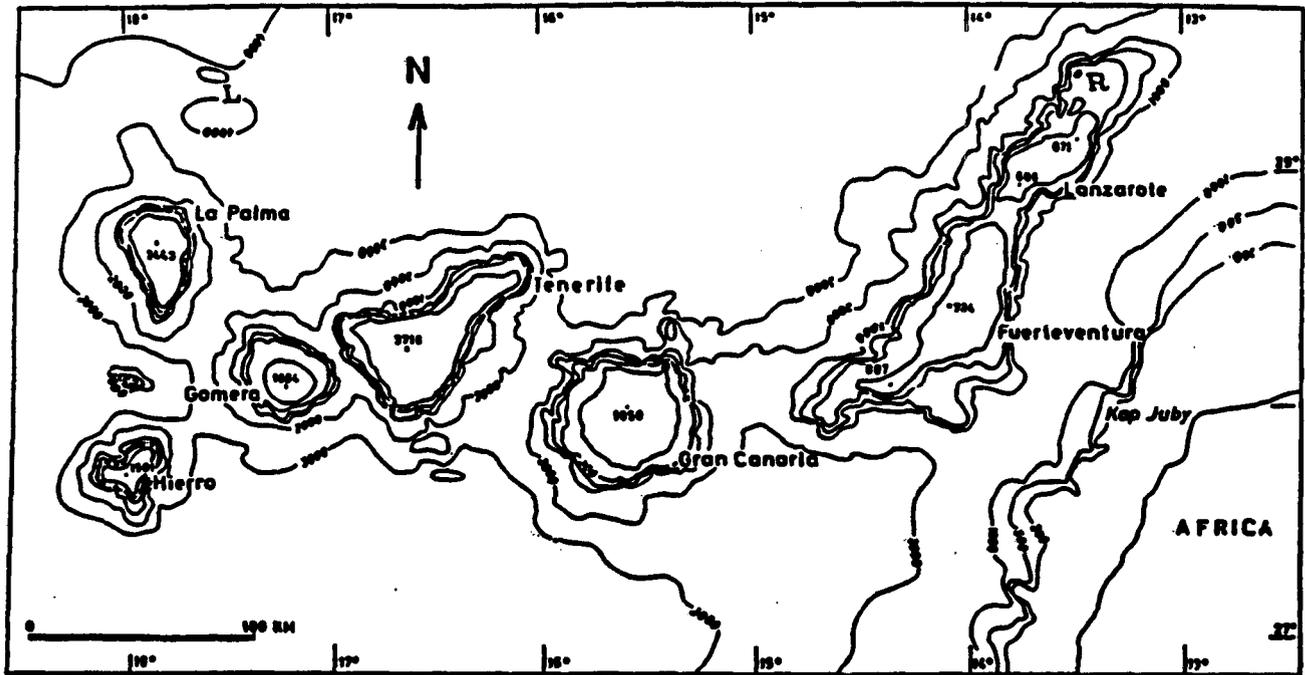


Figura 1.—Localización geográfica de la playa de Las Canteras (Las Palmas).

Que la califica como una playa mixta múltiple (de singularidades geométricas positivas y dinámicas positivas y negativas), homogénea (de arena), de perfil completo y estable, aunque

sectorialmente se comporta como hiper-estable.

Los símbolos «G» (singularidades geométricas) se refieren a los obstáculos laterales (apoyos) de la playa, mientras que «D» y «d»

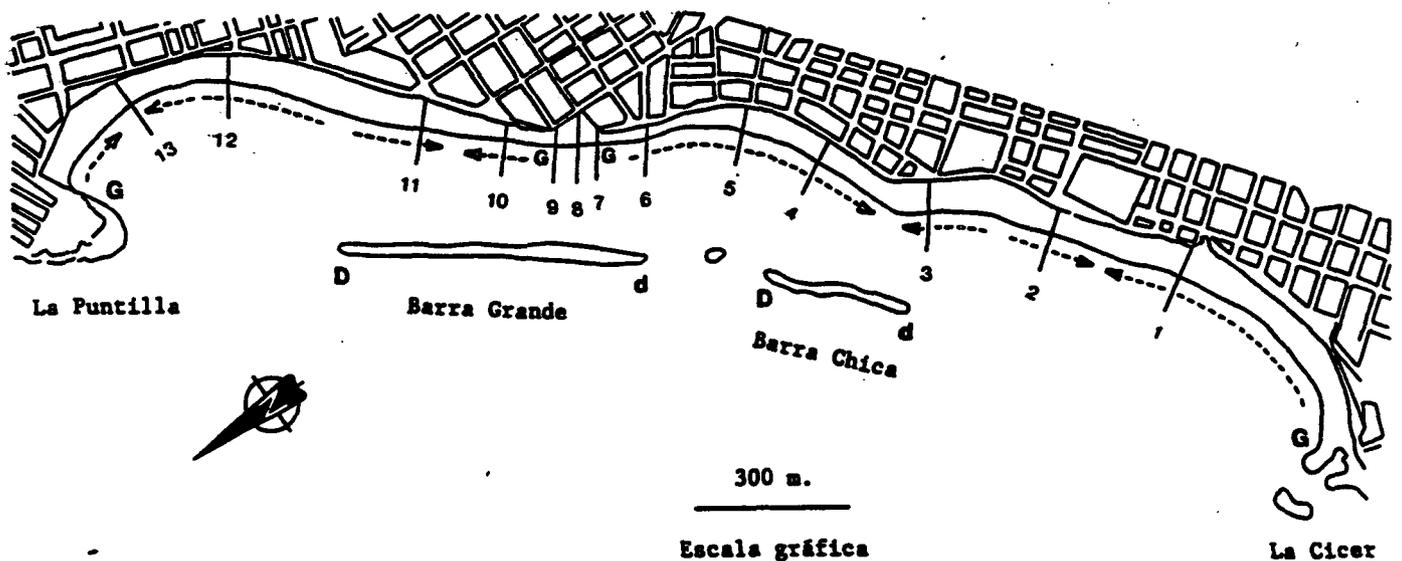


Figura 2.—Playa de Las Canteras (Las Palmas): Localización de los perfiles transversales en seguimiento y diagrama de transportes intermareales, según los valores del parámetro granulométrico Q_2 , con oleaje del alisio.

(singularidades dinámicas) corresponden a los extremos de estructuras separadas de la orilla y paralelas a estas: Barra Grande y Barra Chica (figura 2).

RESULTADOS

El cuadro 1 recoge los contenidos en carbonatos:

- En muestras totales, tanto de la playa seca como de la zona intermareal.
- En las distintas fracciones granulométricas de muestras intermareales.

Los cuadros 2 y 3 recopilan las evoluciones, en el tiempo, de los cubicajes de arena, en una

franja intermareal de 10 m. de anchura. El cuadro 2 hace un análisis sectorial y globalizado de la playa, con datos obtenidos con el método de los trapecios. En cambio, el cuadro 3 considera, por separado, los diferentes perfiles transversales observados. La localización de estos perfiles se encuentra en la figura 2.

La figura 3 visualiza los movimientos longitudinales de la superficies topográficas de la playa (superficies de acreción y erosión), de acuerdo con las medidas del cuadro 3. Los movimientos se interpretan, en parte, con los diagramas de transporte para esta playa (figura 2), diseñados por Martínez (1986).

CUADRO 1

Contenidos y distribuciones de los carbonatos, en peso, en las arenas de la playa de Las Canteras (Las Palmas)

Periodo de seguimiento: 1983-1984		
Playa en su conjunto		
Valores calcimétricos medios, en peso, en muestras totales	Playa seca: 39,00 %	
	Zona intermareal: 38,50 %	
Fracción granulométrica de muestras intermareales	Valores calcimétricos medios en peso	
	Las Canteras N.	Las Canteras S.
	Gruesa: entre 1,00 y 0,25 mm.	47,47 %	27,11 %
Media: entre 1,00 y 0,15 mm.	44,57 %	39,28 %
Fina: igual o menor a 0,10 mm.	25,08 %	10,34 %

DINAMICA SEDIMENTARIA EN LA PLAYA DE LAS CANTERAS

CUADRO 2

Evolución de los incrementos de los cubicajes de arenas, en una franja intermareal de 10 m, de la playa de Las Canteras (Las Palmas). Cálculos con el método de los trapecios.

Fecha	Incrementos relativos (m ³)			
	Las Canteras N.	Playa Chica	Las Canteras S.	Totalidad de la playa
Diciembre 1985	0.000	0.000	7104.217	5745.23
Enero 1986	2310.427	158.937	2705.718	3816.09
Febrero 1986	2337.232	176.439	2940.960	4095.64
Marzo 1986	960.667	398.327	0.000	0.00
Abril 1986	1679.595	163.064	3028.021	3511.69
Mayo 1986	3093.595	250.755	3875.674	5861.03
Junio 1986	3899.850	377.322	7034.946	9953.13
Julio 1986	4138.210	441.977	9578.275	9075.08
Agosto 1986	4879.227	538.671	6628.791	10687.70
Septiembre 1986	5409.485	539.054	5205.113	9794.63
Octubre 1986	1813.585	378.182	4012.725	4845.50
Noviembre 1986	— — —	— — —	2587.407	— — —

CUADRO 3

Playa de Las Canteras (Las Palmas). Ganancias y pérdidas de arenas en los perfiles de seguimiento. Se conviene una amplitud de 2 m y una longitud de 10 m intermareal en cada perfil

Fecha	Incrementos relativos (m ³)													Totalidad de la playa
	SW ← Perfiles → NE													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Diciembre 1985	24.29	22.31	30.10	0.00	2.48	6.47	0.00	0.00	0.68	9.14	9.74	11.42	8.22	5745.23
Enero 1986	7.65	9.17	2.43	15.85	4.74	15.88	1.56	1.16	10.53	3.06	5.40	11.40	6.92	3816.09
Febrero 1986	20.24	7.06	2.93	16.36	11.23	0.00	4.08	3.18	6.34	1.48	8.32	10.24	6.48	4095.64
Marzo 1986	9.29	0.65	0.00	9.52	8.56	—	3.48	12.70	8.14	9.12	0.00	6.90	5.10	0.00
Abril 1986	3.19	7.05	12.44	12.78	5.52	7.35	2.5	1.5	9.54	0.00	4.7	10.48	4.36	3511.69
Mayo 1986	7.59	8.39	11.12	19.15	—	—	3.32	5.04	9.77	9.98	8.26	11.38	6.80	5861.03
Junio 1986	9.16	18.77	12.11	20.64	—	24.16	6.48	9.59	9.58	10.98	12.84	11.32	6.00	9953.13
Julio 1986	4.20	23.52	27.29	21.61	10.72	22.46	7.18	15.68	3.48	18.46	14.30	12.64	6.42	9075.08
Agosto 1986	0.00	14.79	7.81	37.65	18.29	2.40	14.46	15.65	5.71	22.18	14.14	11.96	6.24	10687.70
Septiembre 1986	20.35	20.41	4.07	17.99	9.38	5.32	14.42	18.17	1.26	21.72	18.28	11.78	7.46	9794.63
Octubre 1986	16.96	9.97	6.10	15.36	2.95	18.66	7.24	14.63	0.00	9.62	15.88	0.00	0.00	4845.50
Noviembre 1986	—	0.00	5.15	15.66	0.00	31.29	—	—	—	—	—	—	—	—

DISCUSIONES

- Análisis en planta de la playa. Implicaciones de las singularidades geométricas y dinámicas en la evolución de los depósitos sedimentarios.**

Las singularidades geométricas y dinámicas, que delimitan a la playa, explican, en parte, la evolución sedimentaria en este ambiente.

Los abrigos, que suponen la «Barra», determinan unos transportes por corrientes de sobreelevación. Las deposiciones, dependientes de esos transportes, dan lugar a la formación de unos tómbolos, actualmente en fase de «hemitómbolos», como describen Ahinco (1979) y Pointec (1985). Los hemitómbolos se localizan, como era de esperar, a las alturas subcentrales de los dos segmentos principales de la perturbación geomorfológica.

El hemitómbolo más septentrional está rela-

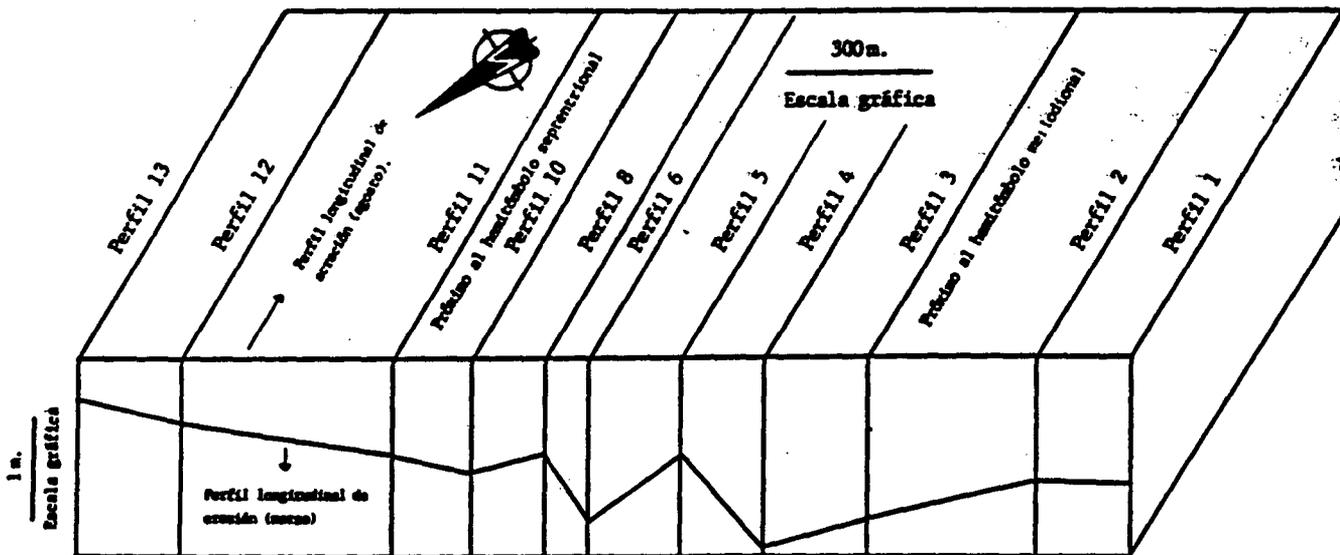


Figura 3. Movimientos longitudinales en la playa de Las Canteras (Las Palmas).

cionado con la Barra Grande y se encuentra sumergido frente al Hotel Reina Isabel. El barloomar de la formación sedimentaria mira hacia La Puntilla y el sotamar hacia La Peña de La Vieja (Peñón Central).

El hemitombolo más meridional depende de la Barra Chica. Se encuentra entre las calles Giavina y Pelayo. El lado de barloomar mira hacia La Peña de La Vieja y el de sotamar hacia el Rincón.

Con la evolución de los dos hemitombolos, lo hará la playa en su conjunto. Las Canteras, en su parte central, tenderá al desarrollo de una playa típica «en concha», que incluiría a la Playa Chica, aunque esta, individualmente, sea una playa encajada.

A ambos lados de la potencial concha, se desarrollarían playas mixtas, parcialmente encajadas y abrigadas (semi-conchas).

En la playa mixta septentrional, el apoyo lo representa la rasa recortada y el muro de La Puntilla. El abrigo lo proporciona el extremo N de la Barra Grande.

En la playa mixta meridional, las escolleras hacen de apoyo y el extremo S de la Barra Chica determina el abrigo.

Las actuales respuestas a las potenciales plantas de la playa son los tres arcos que describen:

- El arco central, en relación con la incipiente concha y entre el Hotel Gran Canaria y la calle Gravina.

- Los dos amplios arcos marginales, con tramos rectos, en relación con las playas mixtas.

2. Caracterización del sistema sedimentario

Los contenidos en carbonatos, en peso, en las muestras totales de arenas, oscilan alrededor de un 39,00 y 38,50 % en la playa seca y zona intermareal, respectivamente, de Las Canteras (cuadro 1).

Pero además, interesa conocer la distribución de los carbonatos, en las distintas fracciones granulométricas de las arenas, como recoge el cuadro anterior. Con estas nuevas medidas, a partir de sus interpretaciones, como propone Martínez (1987b), la playa se subdivide en dos ambientes sedimentarios:

- uno tendente a un sistema cerrado (o estático): Las Canteras N,
- y otro hacia un sistema abierto (o dinámico): Las Canteras S y frente a al bocana del Peñón Central.

Se entiende por sistema cerrado una playa en la que los procesos de erosión y acreción representan transportes de los detritos entre el estrán y la playa sumergida. En los sistemas abiertos, los procesos de acreción, en gran medida, responden a aportaciones desde fuera de la playa, y los de erosión comprenden evacuaciones hacia otros entornos.

3. Los procesos cíclicos anuales de Acreción-Erosión, en la franja intermareal de la playa.

Los cuadros 2 y 3 recogen los incrementos de los cubicajes relativos, tanto de los perfiles transversales como de la totalidad de la playa. Estos datos permiten deducir que el período de máxima acreción, para la playa globalizada, se sitúa alrededor del mes de agosto, mientras que la erosión más energética tiene lugar entorno al mes de marzo.

Esta dinámica sedimentaria está muy relacionada:

- a) Con los oleajes:
 - Predominantes del NE (del alisio).
 - Y del W-NW.
- b) Y con la orientación de la playa:
 - Resguardada geomorfológicamente del NE.
 - Y abierta al NW.

En el verano es cuando predomina el alisio, pero su oleaje llega a la playa difractado. Como en este período Las Canteras soportan los procesos de acreación más significativos, cabe suponer que el oleaje incide:

- Con la energía suficiente como para transportar y depositar arena.
- Pero lo suficientemente debilitado como para erosionar.

En invierno —comienzo de primavera, con vientos del NE normalmente atenuados, aparecen los temporales del W— NW, sin descartar situaciones de esporádicos alisios reforzados. En esas circunstancias se dan los procesos más importantes de pérdidas sedimentarias. Esto hace suponer que el oleaje, de los anteriores temporales, llega con energía como para erosionar y transportar.

4. Los movimientos topográficos intermareales de la playa.

La superficie topográfica de la playa, de acreción a erosión, describe los siguientes movimientos longitudinales (figura 3), de acuerdo con la clasificación y nomenclatura propuesta por Martínez et al (1987 a):

- Basculación bipolar, con desplazamiento

vertical, en cada uno de los sectores (Las Canteras N, Playa Chica y Las Canteras S).

- Y una basculación monopolar extrema, para el conjunto del ambiente, con el eje de giro situado en el extremo N.

A partir de los movimientos longitudinales, de erosión a acreción y viceversa, se deducen que las mayores ganancias, pérdidas sedimentarias intermareales, durante el ciclo anual de sedimentación, tienen lugar:

- Frente a los dos segmentos principales de la Barra (Barra Grande y Barra Chica).
- A la altura de la bocana del Peñón Central (Peña de La Vieja).
- Y hacia el extremo meridional.

Las ganancias y pérdidas, frente a los dos segmentos principales de la Barra, se relacionan, en gran medida, con los diagramas de transporte, condicionados por las singularidades dinámicas existentes en la playa (figura 2).

Frente a la Barra Grande, los cambios volumétricos de la arena son de menor magnitud que los de frente a la Barra Chica. Obviamente, este comportamiento resulta comprensible, al estar el sector N de la playa sometida, presumiblemente, a una menor energía del oleaje (mayor protección de la Barra y olas dominantes, del NE, más difractadas).

Las ganancias y pérdidas sedimentarias anuales, en relación con estos dos segmentos implicarían deposiciones intermareales de arenas, y posteriores redistribuciones dentro del «Lagoon». El esquema sería válido, sobre todo, para Las Canteras N, en donde el sub-ambiente sedimentario tiende a un sistema cerrado.

Las ganancias y pérdidas, relativamente importantes, a la altura de la bocana de La Peña de La Vieja, se explicarían con:

- Aportes (transporte y depósito por el oleaje incidente).
- Pérdidas (erosión por el oleaje y transporte por la deriva lateral).

Lo descrito depende de las fluctuaciones estacionales del oleaje.

En el sector intermareal más meridional de la playa, a pesar de recibir los mayores impactos energéticos, se dan las mayores aportaciones sedimentarias, que luego se pierden por los pro-

cesos de erosión. De aquí podría deducirse que con un adecuado abrigo parcial del sector, aunque determine quizás una disminución de los aportes, se producirá una reducción de los procesos de erosión. El resultado de lo anterior conduciría a un aumento neto de arena en esta parte de la playa.

Hacia el extremo N de la playa, los cambios intermareales, en los cubicajes de arena, toman valores cada vez más bajos. El comportamiento en cuestión es coherente con el decaimiento, en ese sentido, de la energía del oleaje incidente dominante, por los condicionantes geomofológicos del entorno.

CONCLUSIONES

Se formula una serie de conclusiones para la playa de Las Canteras (Las Palmas), después de un seguimiento durante un ciclo anual (1986):

1. La planta de la playa tiende a describir, por transportes y deposiciones sedimentarias:

- Un arco central.
- Dos amplios arcos marginales, con tramos rectilíneos.

Esta configuración se debe, en parte, a las singularidades geométricas y dinámicas, que delimitan al ambiente sedimentario.

2. El arco septentrional, con su tramo rectilíneo, se aproxima a un sistema sedimentario cerrado (estático), en el que tiene lugar una acumulación progresiva de arenas, por aportes externos. Por lo contrario, el resto de la playa define a un sistema abierto.

3. Los procesos de acreción —erosión guardan relación con varias variables y condicionantes, a saber:

- a) La orientación de la playa:
 - Resguardada geomorfológicamente del NE.
 - Y abierta al NW.
- b) Los oleajes determinados por la climatología de superficie:
 - Predominantes del NE (del alisio).
 - Y del W-NW.
- c) Las singularidades geométricas y dinámicas delimitantes del entorno.
- d) Y los transportes de deriva lateral, en

gran parte por gradientes de sobre elevación del agua en el estrán.

4. En la franja intermareal delimitada, de la totalidad de la playa:

- El período de máxima acreción se sitúa alrededor del mes de agosto, en coincidencia con la dominancia del alisio.
- Mientras que la erosión más energética se desarrolla en torno al mes de marzo, en coincidencia con los temporales del W-NW más significativos.

5. Las ganancias y pérdidas sedimentarias determinan movimientos topográficos. En la zona intermareal de la playa, y en un ciclo anual, se describen los siguientes movimientos longitudinales:

- Basculación bipolar, con desplazamiento vertical, en cada uno de los sectores (Las Canteras N, Playa Chica y Las Canteras S).
- Y una basculación monopolar extrema, para el conjunto del ambiente.

6. Los anteriores movimientos topográficos traducen que las mayores ganancias y pérdidas sedimentarias anuales intermareales se localizan:

- Frente a los dos segmentos principales de la Barra (Barra Grande y Barra Chica).
- A la altura de la bocana del Peñón Central (Peña de La Vieja).
- Y hacia el extremo meridional.

BIBLIOGRAFIA

- AHINCO, S. A.: 1979. Estudio sobre la evolución y condiciones de estabilidad de la playa de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria). Excmo. Ayuntamiento de Las Palmas.
- CHARLIER, R. H.: 1987. Ponencia: Analyse cartographique appliquée a la geomorphologie cotiere. Seminario Internacional, del Consejo de Europa, sobre la Planificación y Manejo del Litoral. Bilbao, 8-17 de octubre.
- MARTINEZ, J. J.: 1986. Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas; n.º de octubre, 767-781.
- MARTINEZ, J.; SASTRE, J.; ALEMAN, G.; CASTRO, J.; MARTIN, A.; ROBAYNA, D.: 1987 a. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arenas: Métodos de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas; n.º 3260; julio-agosto, 469-483.
- MARTINEZ, J. J.: 1987 b. Playas de Gran Canarias (España): Los carbonatos de sus arenas. Boletín del Instituto Español de Oceanografía (en prensa).

PROINTEC, S. A.: 1985. Toma de datos sobre estabilidad de la playa de Las Canteras y comportamiento del Arrecife Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Dirección General de Puertos y Costas. Jefatura de Puertos y Costas de Las Palmas.

PUIG ADAM, P.: 1979. Cálculo Integral. Ed. Gómez Puig. Madrid. 325 pp.

SUAREZ BORES, P.: 1980 Formas costeras. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. 79 pp.

WRIGHT, L.; SHORT, A.: 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia, pp. 35-64, in: Komar, P. D. (Ed). C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosion. C. R. C. Press, Boca Raton, Fla. 305 pp.

Jesús Martínez Martínez



Estudió Ciencias Geológicas en la Universidad de Granada, en donde defendió su Tesis Doctoral sobre «Meteorización en basaltos recientes de Canarias». Siguió un programa de formación del profesorado en el Marine Sciences Research Center, de la Universidad del Estado de Nueva York, en Stony Brook, en donde dio varias conferencias a post-graduados e investigadores,

en relación con la oceanología geológica. Mantiene investigaciones comparativas, sobre procesos litorales, con el profesor doctor Bokuniewicz, del M.S.R.C. en Stony Brook (Nueva York). Impartió geología y Márgenes Continentales, y actualmente Gestión del Litoral, en la Facultad de Ciencias del Mar, de la Universidad Politécnica de Canarias, de la cual es Profesor Titular Numerario. Responsable de la Geología en la Facultad de Ciencias del Mar desde sus inicios. Colabora en la gestión litoral con el Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Asesor del MOPU (Demarcación de Costas de Canarias). Tiene diversas publicaciones sobre procesos litorales.



Analysis of sedimentary processes on the Las Canteras beach (Las Palmas, Spain) for its planning and management

J. Martínez Martínez, R. Alvarez Espejo, I. Alonso Bilbao and M.D. del Rosario Cabrera

Facultad de Ciencias del Mar, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria, Apartado de Correos 550, Guía de G.C., Las Palmas de Gran Canaria 35017 (Spain)

(Accepted for publication February 1, 1990)

ABSTRACT

Martínez, Martínez, J., Alvarez Espejo, R., Alonso Bilbao, I. and del Rosario Cabrera, M.D., 1990. Analysis of sedimentary processes on the Las Canteras beach (Las Palmas, Spain) for its planning and management. *Eng. Geol.*, 29: 377–386.

The sedimentary dynamics of a sandy beach located on the North coast of the Island of Gran Canaria has been studied in relation to physical processes.

The morphodynamic behaviour of the beach has been established and interpreted. Special emphasis has been placed on the characterization of erosive and accretionary processes by means of sediment transport calculations. Two sedimentary indices have been used to define these processes qualitatively and quantitatively. These indices are of importance for management.

DESCRIPTION OF THE STUDIED AREA

Located on the northeastern coast of Gran Canaria, the beach is shielded from the prevailing northeastern winds and swells (Fig.1). The total length of the beach is about 3000 m, and is bounded to the north by a headland and southward by a groyne. This prevents lateral exchange of sediments with adjacent beaches (Fig.2). In certain areas, the width of the foreshore reaches 100 m while the backshore is about 50 m. This is due to the range of tides, more than two and a half metres.

The submerged beach is partially cut-off by a rocky bar parallel to the shore and about 200 m from the beach face (Fig.2), which emerges during low tide periods. The presence of this partially destroyed bar is very important, since it establishes relatively protected and exposed areas along the beach. This is the main reason for which the beach has been divided into the following five stretches (Fig.2):

Las Canteras South (lines 1–3). This is the most exposed area.

Hemitombolo (lines 3–5). This stretch is sheltered by the southern part of the bar, in which a hemitombolo has been developed.

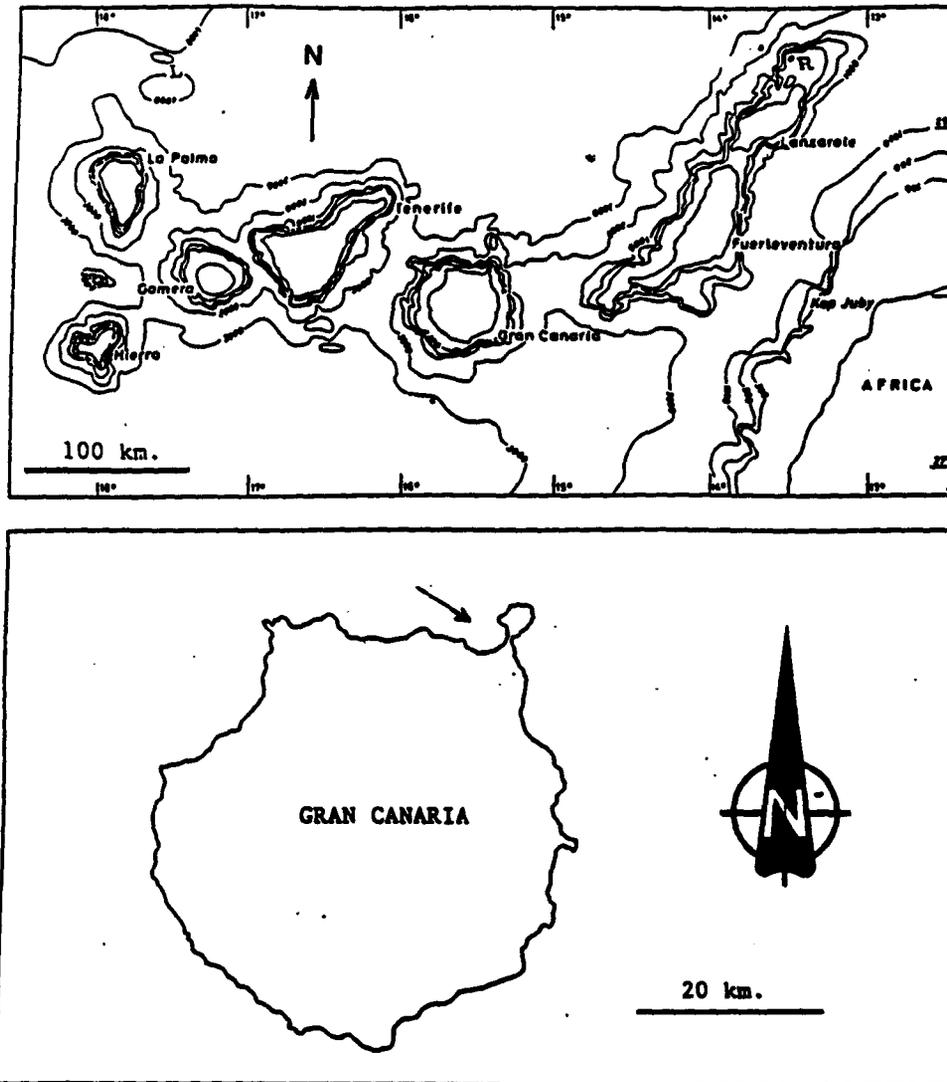


Fig.1. Location of the beach studied.

Central Opening (lines 5–6). This is the zone situated opposite to the opening between the two main parts of the bar.

Short Beach (lines 8–10). This sector is quite short, but it has been considered separately, since it is morphologically established as a pocket beach.

Las Canteras North (lines 10–16). This is the most protected area, not only because of the presence of the largest part of the bar, but also because of being the most sheltered place from the prevailing northeastern winds.

Diagrams of currents along the beach for the prevailing winds have been obtained

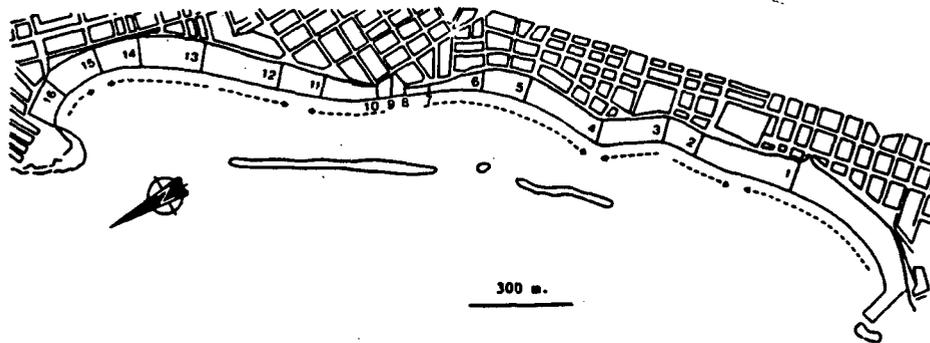


Fig.2. Sketch of Las Canteras beach. Numbers 1-16 indicate the location of the profiles taken. Arrows represent the current pattern (see text).

by Martínez et al. (1988). The currents plotted on Fig.2 correspond to northeast wind conditions.

METHODOLOGY

The collected data include topographic surveys and sediment samples. Swell data from seagoing ships were also obtained. Sand samples were collected once a month during an annual cycle on certain fixed points along the beach on the intertidal zone. Samples were analyzed in the laboratory mainly for grain size and organic carbonate content.

Profiles were obtained from 16 sections using a leveling method on fixed transect lines along the beach (Fig.2). Surveys were conducted monthly during the lowest tidal periods, across the backshore and the foreshore, from July 1987 to July 1988. Making use of the data from the sections thus obtained, the volume of sand between them was calculated; for that purpose, a base elevation level (10 m under a fixed point), and an intertidal strip 21 m wide were established.

Once the different monthly volumes of sand are calculated in cubic metres, it is possible to establish the sediment increases for each sector on the beach in relation to the lowest volume. The spatial and temporal evolution of these sedimentary variations can be qualitatively and quantitatively studied by means of two sedimentary indices: sediment variability and support capacity.

The sediment variability index is defined as the average change of height from the highest accretion to the greatest erosion, and vice versa, which takes place on the surface of the beach during a sedimentary cycle. It is the ratio between the net increase or decrease of sand in cubic metres and the delimited surface:

$$SVI = \Delta V/S$$

where ΔV = variation in sediment volume (positive or negative), and S = surface considered.

The sediment support capacity index, enables the comparison between the actual

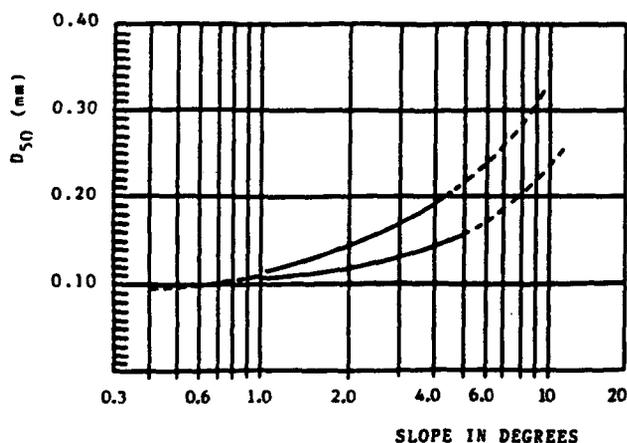


Fig.3. Relationship between beach-face angle and grain size for Canarian beaches.

surface of the beach face and a theoretical one. This ratio is obtained by means of the difference between the actual and the potential volume of sand, on a certain surface:

$$SSCI = (V_r - V_p) / S$$

where V_r = actual volume, V_p = potential volume, $V_p = LA[H - (A/2)\text{tg}\beta]$, L = length of the beach sector, A = width of the intertidal strip (21 m in this case), H = height difference between the upper tidal limit and the reference level, β = slope of the intertidal strip, and S = surface considered.

The potential volume is obtained once the theoretical slope is calculated. This may be done using expressions like those from Sunamura (1984). In the present work, an empirical curve relating grain size and slope of the beach face has been used (Fig.3). This curve is quite similar to those from Komar (1976) and Bascom (1951), but in this case it was obtained using data from Canarian beaches.

RESULTS

As may be seen from Table I, the medium grain size of sand for the entire beach is 0.23 millimeters. On the southern end of Las Canteras the grain size is finest, whereas the coarsest size appears on the short beach.

The content of organic carbonates, as shown in Table II, is about 38% of the total weight. Along the foreshore, the highest concentrations of carbonates are found in the coarsest fraction in Las Canteras North, and in the medium fraction at the southern end of the beach.

The above results allow, according to Martínez (1987), the establishment of two sedimentary sub-environments in the beach: Las Canteras South, with finer sands and a trend towards an open sedimentary system behaviour; and Las Canteras North, with coarser sediments and a trend towards a closed sedimentary system.

Table III presents monthly slope changes in different profiles along the beach. Each

TABLE I

Annual average of grain-size characteristics of sediment along the foreshore of the beach under study

	Las Canteras South		Hemitombolo	Central opening	Short beach	Las Canteras North		Mean values
Profile:	1	2	4	6	9	12	15	
Mean annual values								
Q_1 (mm)	0.218	0.249	0.369	0.353	0.752	0.305	0.304	0.328
Q_2 (mm)	0.177	0.183	0.231	0.234	0.465	0.227	0.228	0.230
Q_3 (mm)	0.155	0.158	0.179	0.186	0.293	0.189	0.191	0.185
Grain-size classification*	A	A	B	B	C	B	B	B

*A = fine sand; B = medium-size sand with fine sand; C = coarse sand with medium-size sand.

TABLE II

Mean annual carbonate contents in percentage of total weight for intertidal samples

Size (mm)	Las Canteras North	Las Canteras South
Coarse size $\phi > 0.25$	47.47	27.11
Medium size $0.25 > \phi > 0.15$	44.57	39.38
Fine size $\phi < 0.15$	25.08	10.34

TABLE III

Mean slope of the foreshore strip on certain profile lines along the beach (values in %)

Date of survey	Las Canteras South	Hemitombolo	Central opening	Short Beach	Las Canteras North	
Line:	1	4	6	9	13	15
July 87	4.70	4.83	6.12	7.76	7.95	9.58
Aug. 87	4.03	4.36	6.63	7.21	9.33	10.17
Sept. 87	2.86	3.84	6.65	6.69	7.92	8.24
Oct. 87	3.76	3.27	6.31	6.47	7.28	7.76
Nov. 87	3.40	3.84	4.98	6.33	8.54	8.71
Dec. 87	3.90	3.30	4.80	6.14	6.42	6.15
Jan. 88	3.55	3.64	5.19	6.80	5.52	7.18
Feb. 88	4.09	2.71	5.02	7.00	6.35	6.59
March 88	2.46	4.25	5.51	6.44	6.81	8.03
April 88	2.82	4.20	5.29	6.53	7.36	9.09
May 88	3.17	4.57	5.24	6.76	8.73	10.83
June 88	2.96	4.21	5.92	6.33	8.33	12.44
July 88	2.89	3.72	5.82	6.49	7.95	9.86
Annual average	3.43	3.90	5.65	6.69	7.57	8.81

sector is represented by one line, with the exception of the northernmost one, where two profiles have been included. It can be seen that the slopes increase from line 1, with 3.43%, to line 16, with 8.81%. That is, the lesser slope lies on the most exposed stretch.

Comparing these data with those of Wright and Short (1983), the beach under study can be divided into two morphodynamic sub-environments:

(1) The southern end of Las Canteras can be identified as a nearly dissipative beach with a main annual slope of about 3.4% across the intertidal strip. In Fig.4 the great variation of the profiles at line 1, where the beach face reaches 100 m, can be observed.

(2) The northern side of the beach, which can be compared to a reflective beach. In this case the average annual slope is in the range of 8.5%, though sometimes the foreshore slope reaches 12%. In Fig.4 several profiles are plotted at line 15. It is worthy to note that there is a very small difference between these profiles.

It must be noted that the dissipative sector coincides with the open sedimentary system and vice versa.

Figure 5 shows the monthly variation in sediment volume for the entire beach. This

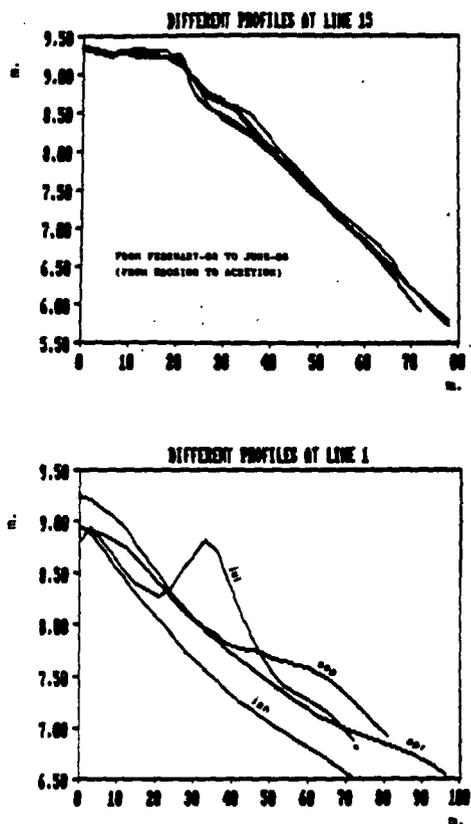


Fig.4. Monthly variations of two significant profiles in Las Canteras.

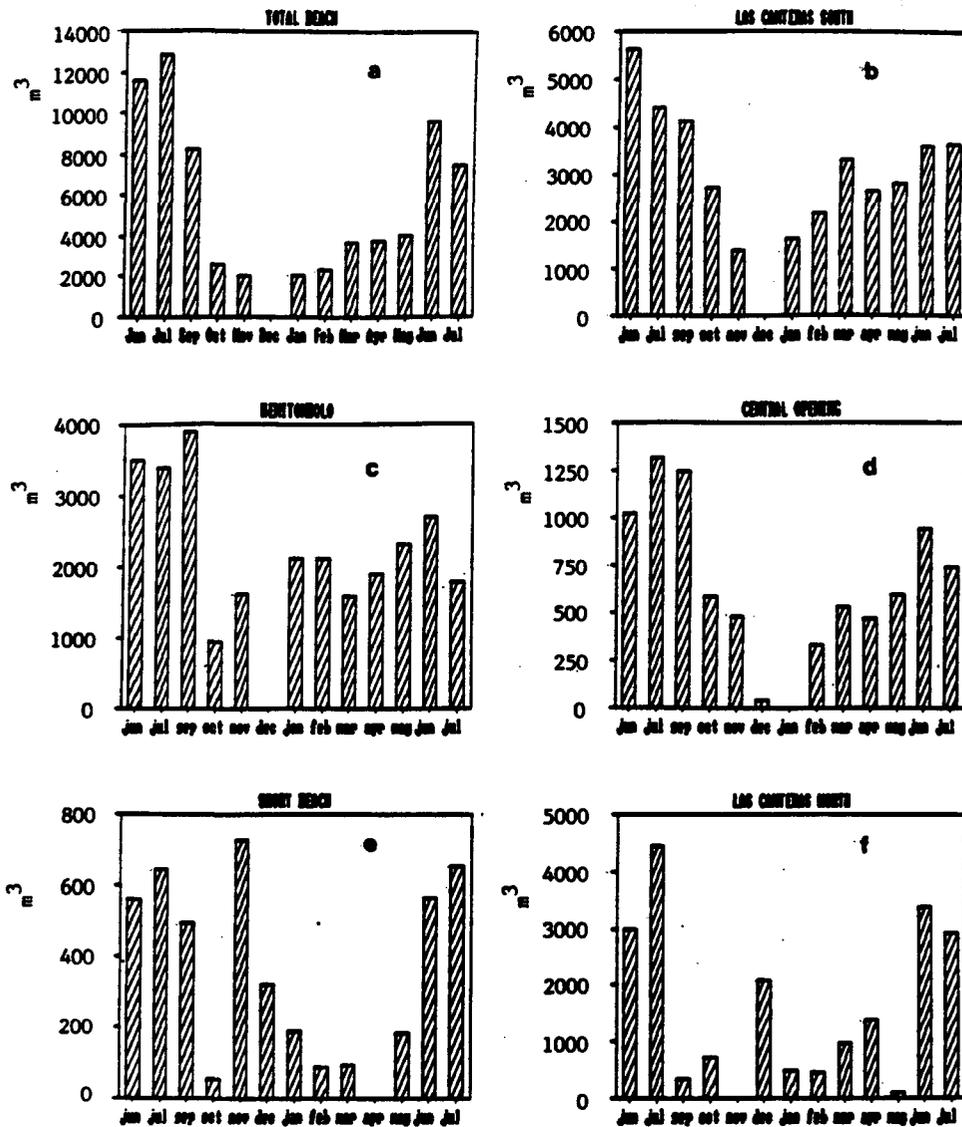


Fig.5. Monthly variations in sediment volume (in m^3) during the period of study: a, whole beach; b-f, different sectors (see text).

indicates that increases of sand occur in the summer, whereas a decrease takes place between autumn and spring. This, in fact, fits perfectly in with swell data obtained from seagoing ships. In Fig.6 the data from observations of northern, northeastern and northwestern swell have been plotted for the year. These swells are very energetic, since the wave height in deep water is more than 12 ft.

During the summer, trade winds from the north-northeast are prevailing, but due to the effect of diffraction, these swells are unable to erode when they arrive at the

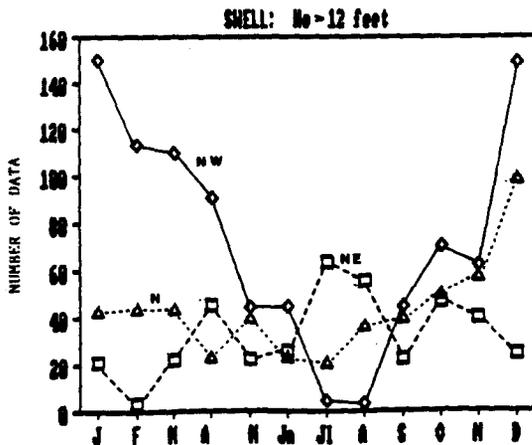


Fig.6. Maritime climate offshore the northern coast of Gran Canaria.

beach. There is, however, enough energy to settle sand on the foreshore of the submerged beach. Concurrently the greatest accretion takes place during the summer. Between October and April trade winds are weaker but western and northwestern storms appear, affecting the beach directly. The main erosive processes take place under these conditions.

In each sector, the following peculiarities can be observed (Fig.5b,c,d,e,f):

(a) Between profiles 1 and 6 (stretches named Las Canteras South, Hemitombolo and Central opening), the greatest accretion occurs during the summer, whereas the greatest erosion takes place in December.

(b) On the Short Beach the sedimentary behaviour is very unusual since the greatest accretions takes place in the autumn and the main erosion occurs in the spring. This anomalous behaviour is possibly due to the special boundary conditions in this sector.

(c) On the northern end of Las Canteras, significant variations were observed for short periods of time. It can be explained by sediment re-distributions, since this part receives most of the sand eroded from other sectors of the beach.

The processes described can be qualitatively and quantitatively characterised by means of the two indices identified above, which can be of significance for planning. Values of the sediment variability index lower than 0.75 are indicative of slight changes, 0.75–1.5 of moderately changing beaches and values greater than 1.5 of strongly changing beaches. In the case of sediment support capacity index, beaches with values between -0.3 and 0.3 would be in equilibrium: -0.3 to -0.6 and < -0.6 would correspond, respectively, to moderately deficient and strongly deficient beaches, whereas 0.3 to 0.6 and > 0.6 would indicate beaches with a moderate and a strong surplus, respectively.

Table IV shows the values for both indices on each sector of the beach. The length of each sector is also indicated. It is necessary to bear in mind that both indices are a function of a surface corresponding to an intertidal strip 21 m wide, for each one of the sectors considered.

TABLE IV

Sedimentary rates on the Las Canteras beach

Sector	Studied length (m)	Sediment variability index (m)		Sediment support capacity index (m)
		from erosion to accretion	from accretion to erosion	
Las Canteras South	400	0.68	0.44	0.536
Hemitombolo	450	0.41	0.29	1.053
Central opening	120	0.52	0.37	0.879
Short Beach	90	0.38	0.35	
Las Canteras North	950	0.22	0.17	0.700
Whole beach	2010	0.29	0.23	0.727

There are two values for the sediment variability index for each sector. The first one is from the highest erosion to the greatest accretion and the second one is conversely. It must be noted that the months in which erosion and accretion are greatest, are different for each sector of the beach (Fig.5).

This establishes a new correspondence between high values of this index and a predominantly dissipative sector, whereas low values correspond to a reflective beach.

As for the sediment support capacity index, positive values suggest that more sand is found than would be expected, this being in accordance with the findings on the beach. During the last century, when there were no buildings at all, sand from the beach fed a dune field by means of aeolian transport. Today, this transport is totally broken by back beach constructions. Therefore, sand remains on the beach, this being the reason for the positive values.

From the comments above, it appears that the indices obtained can be useful indicators for beach-use planning and management. These indices should be considered for: (a) the preparation of projects for the regulation of the use of beaches and for carrying out works to improve their conditions; (b) in the monitoring and follow-up of interventions on beaches, in order to detect unwanted disturbances in sediment behaviour and to introduce the necessary corrective measures.

CONCLUSIONS

- (1) The beach under study is constituted mainly of sand of medium and fine grain size. Carbonates represent 38% of the total weight.
- (2) A correspondence is established between an open sedimentary system with a nearly dissipative beach, and a closed sedimentary system with a reflective beach.
- (3) Along the foreshore, accretionary processes occur in the summer, when the northeastern swell is prevailing. Erosion takes place between autumn and spring in relation to northwestern storms.
- (4) The sediment variability index permits the establishment of a new relationship,

due to the fact that a reflective beach has low values, whereas a dissipative beach has higher values.

(5) The sediment support capacity index shows that there is an excess of sand on the beach which is due to the interruption of aeolian sand transport by buildings.

(6) These indices can be useful indicators for planning human interventions on beaches and for monitoring their behaviour.

REFERENCES

- Bascom, W.N., 1951. The relationship between sand size and beach-face slope. *Trans. Am. Geophys. Union*, 32: 866-74.
- Komar, P.D., 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 429 pp.
- Martinez, J., 1987. Playas de Gran Canaria (España): Los carbonatos de sus arenas. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 4(2): 87-95.
- Martinez, J., Gordo, C., Jimenez, J.A., Santana, J.A. and Veloso, J.J., 1988. Dinámica sedimentaria en la playa de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria). *Rev. Obras Públicas*, Feb., pp.145-152.
- Sunamura, T., 1984. Quantitative predictions of beach-faces slopes. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 95: 242-45.
- Wright, L. and Short, A., 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: P.D. Komar (Editor), *Handbook of Coastal Processes and Erosion*. C.R.C. Press, Boca Raton, Fla., pp.35-64.

AEQUA

Asociación Española para el Estudio del Cuaternario

VII REUNION SOBRE EL CUATERNARIO

Santander (Cantabria, España) 1987

ACTAS

CAMBIOS TOPOGRAFICOS Y SEDIMENTOLOGICOS EN LAS PLAYAS ARENOSAS DE EL INGLES Y MASPALOMAS (GRAN CANARIA - ESPAÑA).

Martínez, J. y Cárdenas, M.A. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Politécnica de Canarias. Apartado 550. Las Palmas.

En las playas arenosas de El Inglés y Maspalomas (Gran Canaria) se deducen e interpretan los procesos de acreción-erosión en el estrán, y los diagramas de transporte, dentro de un marco de interdependencias físicas, y como respuestas a las evoluciones más internas de la morfodinámica en estos ambientes, de acuerdo con Wright y Short (1983).

Las playas estudiadas se localizan y esquematizan en las figuras 1 y 2. Estas están formadas por arenas que proceden de basaltos alcalinos, fonolitas y carbonatos organógenos, según Martínez et al (1986).

El trabajo se basa en las siguientes observaciones y cálculos, de una campaña anual (1986):

- Levantamiento de perfiles topográficos con el método de la barra niveladora.
- Deducción, clasificación y denominación de los movimientos de las superficies en las playas.
- Cálculo de cubicajes relativos de las arenas, con el método de los trapecios, según Puig Adam (1979). Los cubicajes corresponden a una franja intermareal, previamente delimitada, de 18m. de anchura, y de acuerdo con el nivel convenido de referencia. El contraste de series de cubicajes relativos (incrementos) en relación con el valor más bajo, mide las ganancias o pérdidas reales de arenas.
- Y toma de arenas intermareales, para el cálculo de los parámetros granulométricos de las mismas.

El cuadro 1 recoge los cambios relativos de los incrementos en los cubicajes, de las playas seleccionadas.

A partir de los anteriores datos se deducen y cuantifican los procesos de acreción y erosión, en un ciclo anual, y en dependencia con el oleaje de terminado por la climatología de superficie:

- oleaje del NE,
- y del S - SE.

En las playas de El Inglés y Punta de la Bajeta, los procesos de acreción tienen lugar en la segunda mitad del invierno-inicio de la primavera, y se corresponden con el decaimiento:

- del alisio,
- y de las brisas marinas - tiempo "Sur".

Los temporales del NW no dificultan los procesos de acreción, al estar las playas resguardadas de estas situaciones.

El oleaje del alisio, aunque debilitado en estas playas, se deja sentir a finales de primavera y durante el verano. Si no estuviera debilitado, determinaría la máxima erosión poco antes de concluir su periodo de mayor auge. Sin embargo, la erosión se desarrolla principalmente en otoño. En esta época entran en juego las brisas marinas potenciadas, junto con los temporales del "Sur", cuyos efectos erosivos se unen a los producidos anteriormente.

En la playa de Maspalomas, resguardada del oleaje del alisio, los procesos de acreción se realizan, sobre todo, durante el verano e inicio del otoño. Las acumulaciones netas alcanzan sus máximos desarrollos antes de que aparezcan las brisas marinas potenciadas y los temporales del "Sur".

Los procesos de erosión están en estrecha dependencia con:

- las brisas marinas otoñales (potenciadas),
- los temporales del "Sur",
- y el alisio ligado a los temporales de primavera.

La máxima erosión se refleja cuando culminan las situaciones referidas (en primavera).

La figura 3 muestra los movimientos cualitativos longitudinales, en el estrán de la playa, diseñados con los incrementos de cubicajes relativos en los distintos perfiles.

Los movimientos longitudinales, de acreción a erosión, describen:

- Desplazamiento vertical más basculación monopolar subcentral, en la playa de El Inglés.
- Desplazamiento vertical más basculación monopolar extrema, en la Punta de la Bajeta.
- Y desplazamiento vertical más basculación bipolar, en la playa - Maspalomas.

Los diagramas de transportes intermareales, deducidos con las medianas granulométricas (Martínez, 1986b) se representan en la figura 2. La mayoría de los mismos se encuentran condicionados por las brisas marinas del Sur, - según las observaciones de los vientos, para el estudio de las dunas de Maspalomas (Martínez et al, 1986), sin descartar los temporales del S-SE. Con estas situaciones:

1. En la playa de El Inglés, por incidencia oblicua del oleaje, se describen diagramas de corrientes longitudinales unidireccionales, de velocidades crecientes (tipo c de Pethick, 1984); hacia el N.

2. Y en la playa de Maspalomas, por incidencia paralela del oleaje, se observan diagramas en células de circulación, con velocidades crecientes hacia las bases de los rips reales o potenciales (tipo a de Pethick, 1984).

Con el oleaje difractado del NE, que llega principalmente cuando el alisio se refuerza:

a) En la playa de El Inglés se determinan, de nuevo, transportes longitudinales unidireccionales, de velocidades crecientes, pero hacia el Sur, por un oleaje ligeramente oblicuo a la orilla.

b) Y, en la playa de Maspalomas, se mantienen los diagramas - que recuerdan a las corrientes en células de circulación.

En las playas en seguimiento, los procesos de acreción-erosión se relacionan con estas corrientes, en las que las capacidades de transporte (de evacuación de arenas) crecen progresivamente hacia sus sentidos de avance.

Si se superponen los diagramas de transporte y los movimientos longitudinales intermareales de estas playas, se deduce:

a) Que en las playas de El Inglés-Punta de la Bajeta, los procesos de erosión dependen de los transportes originados por el oleaje del NE, a pesar de ser minoritario.

b) Mientras que en la playa de Maspalomas están condicionados por el oleaje del S-SE.

Todo esto ya se había formulado con el análisis de los cubicajes relativos. En definitiva, se desarrollan, verificaciones recíprocas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Martínez, J., Carpio, P., Gómez, M., Hernández, T., Mena, A. 1986: Las Dunas de Maspalomas: Geología e impacto del entorno, 151 pp. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria-Universidad Politécnica de Las Palmas.
- Martínez, J. 1986b: Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas, octubre-1986, 767-781.
- Pethick, J. 1984: An Introduction to Coastal Geomorphology, 260 pp. Edward - Arnold. London.

Puig Adam, P. 1979: Cálculo Integral, 325 pp. Ed Gómez Puig. Madrid.
 Wright, L., Short, A. 1983: Morphodynamic of beaches and surf zones in Australia, pp. 35-64 in: Komar, P.D. (Ed). CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion, 305 pp. CRC Press, Boca Raton, Fla.

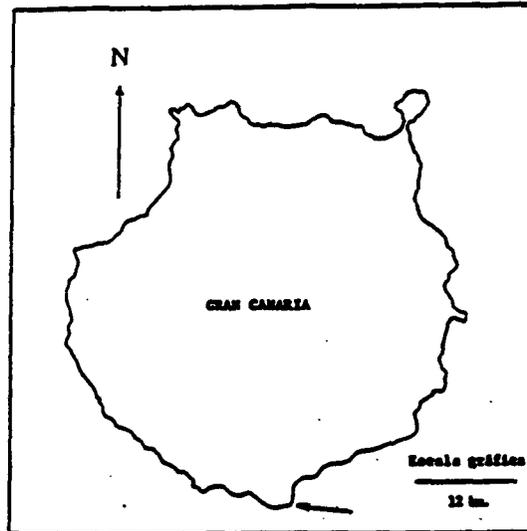


Figura 1

Localización geográfica de las playas en seguimiento.

Fecha	Incrementos m^3 de los cubilotes relativos		
	Playa de El Inglés	Punta de La Sajeta	Playa de Maspalomas
3/1/86	32642.96	10600.09	4192.74
2/2/86	35704.79	12345.50	6362.84
3/3/86	48266.28	12024.72	0.00
1/4/86	38369.33	13671.17	1729.70
1/5/86	35401.38	12476.15	1829.60
30/5/86	29423.33	11574.44	4694.84
1/7/86	17331.43	10148.07	14804.72
29/7/86	16842.21	6671.15	16841.51
28/8/86	14078.61	4225.79	28591.60
11/9/86	12653.42	5078.47	30343.38
29/10/86	8796.14	4499.33	37778.00
26/11/86	1338.24	2208.58	28671.13
24/12/86	0.00	0.00	10215.93

Cuadro 1

Cambios y pérdidas de arenas, en una franja intermareal de 10 m. de anchura.

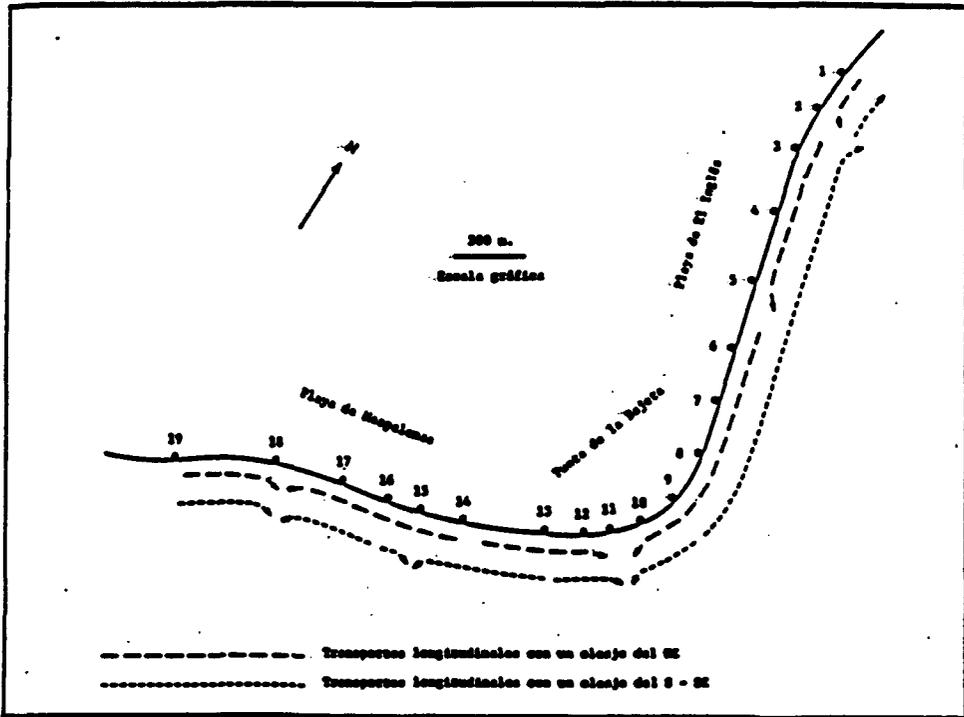


Figura 2

Diagramas de transportes longitudinales incoherentes, por incidencia oblicua y/o paralela del oleaje, en las playas en secuencia.

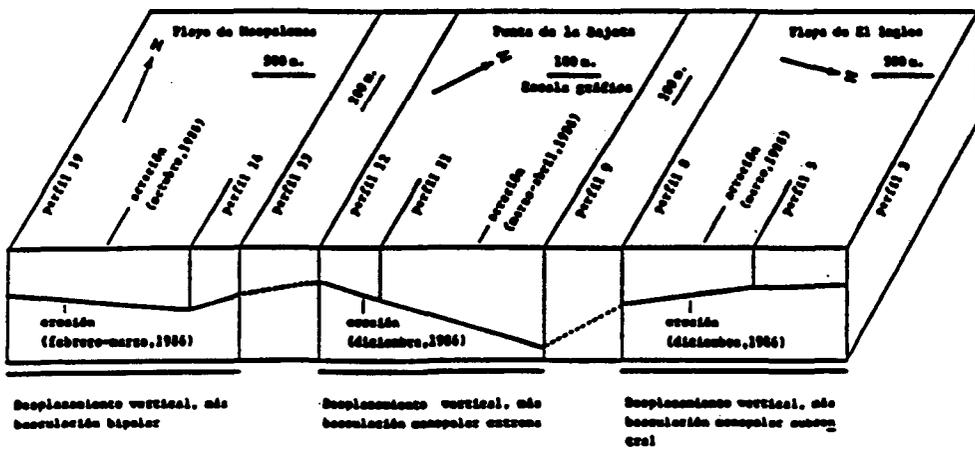


Figura 3

Perfiles longitudinales en las playas en secuencia.

1 Reunión Nacional de Geomorfología

LA PROVINCIA MORFODINAMICA DE MORRO BESUDO - FARO DE MASPALOMAS (ISLA DE GRAN CANARIA, ESPAÑA):
CONOCIMIENTO Y COMPRESION DE SUS PROCESOS GEOMORFOLOGICOS Y SEDIMENTARIOS PARA LA PLANIFICA-
CION Y GESTION DE ESTE LITORAL.

Martínez Martínez, J. Facultad de Ciencias del Mar. Campus Universitario de Tafira, 35017
Las Palmas de Gran Canaria.

RESUMEN

Dentro de una misma unidad sedimentaria, situada en el Sur de la Isla de Gran Canaria (España), se definen, morfodinámicamente, cinco ambientes: Playa de Las Burras, Playa de El Inglés, Punta de La Bajeta, Playa de Maspalomas y Campo de Dunas de Maspalomas.

En estos ambientes:

- se identifica, describe, analiza e interpreta la dinámica de la orilla,
- y se formulan los mecanismos y tendencias de la evolución morfológica en la formación sedimentaria.

PALABRAS CLAVES: erosión en playas, acreción en playas, planeamiento.

ABSTRACT

Within the same sedimentary unit, situated in the South of the Island of Grand Canary (Spain), five environments are defined: Playa de Las Burras, Playa de El Inglés, Punta de La Bajeta, Playa de Maspalomas and Campo de Dunas de Maspalomas (dunes). In these environments:

- one identifies, describes, analyzes and translates dynamis of the shore,
- and the mechanisms and tendencies of the morphologic evolution of the sedimentary formation are formulated.

KEY WORDS: erosion in beaches, accretion in beaches, planning

MARCO GEOGRAFICO

Se entiende por provincia morfodinámica un litoral que sustenta a un conjunto de playas,

entre las que se establece un flujo sedimentario, de forma tal que las alteraciones de ese flujo repercutirán en las morfologías de los depósitos situados aguas abajo. El sentido de "aguas abajo" se define de acuerdo con la componente longitudinal "teórica" del oleaje dominante.

En el Sur de la Isla de Gran Canaria (figura 1), se delimita la provincia morfodinámica de Morro Besudo-Faro de Maspalomas, a lo largo de un litoral de 8,5 Kms.

En este marco, la playa significativa más al Norte es la de Las Burras. Tiene una longitud de unos 300 m. por una amplitud media de unos 150 m. Según la clasificación genética de Suárez Bares (1978), se ajusta a la fórmula morfológica:

$$G \begin{matrix} G^1 & \text{(intermareal-playa seca)} \\ 0 & \text{(arenas), 0} \end{matrix}$$

Hacia el Sur, y en el límite oriental externo del Campo de Dunas de Maspalomas, se encuentra la Playa de El Inglés. Tiene una longitud de unos 1879 m. (entre los perfiles 1 y 8 de la figura 2), y una anchura de varias centenas de metros. Se ajusta a la expresión genética:

$$G \begin{matrix} g^1 & \text{(intermareal)} \\ 0 & \text{(arenas), 0} \end{matrix}$$

El límite externo meridional del campo dunar corresponde a la Playa de Maspalomas. Tiene una longitud de 1912.5 m. (entre los perfiles 13 y 19 de la figura 2), y una anchura de varias centenas de metros. Se ajusta a la fórmula genética:

$$g \begin{matrix} G^2 & \text{(intermareal)} \\ 0 & \text{(arenas), 2} \end{matrix}$$

La convergencia de las playas de El Inglés y de Maspalomas constituye la Punta de La Bajeta. Presenta una orilla convexa (observada desde el mar). Arbitrariamente, queda configurada entre los perfiles 8 y 13 (figura 2). De acuerdo con estos límites, tiene una longitud de unos 893.5 m. La amplitud, como era de esperar, alcanza los varios cientos de metros. Se ajusta a la expresión genética:

$$g \begin{matrix} g^1 & \text{(intermareal)} \\ 0 & \text{(arenas), 2} \end{matrix}$$

El Campo de Dunas de Maspalomas (figura 1) cubre una superficie de unos 4 Km². La longitud máxima (NE-SW) mide unos 3 Kms. y la anchura puede llegar a los 2 Kms. El límite interno de mayor entidad lo constituye un escarpe, casi vertical, de unos 25 m. de potencia, de una llanura aluvial. El límite occidental lo determina el Barranco y la Charca de Maspalomas.

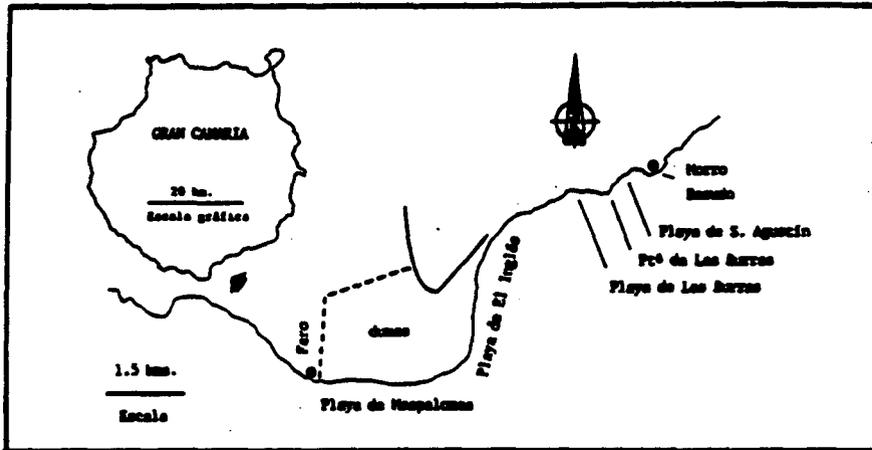


Figura 1

Localización geográfica de la provincia morfodinámica en estudio.

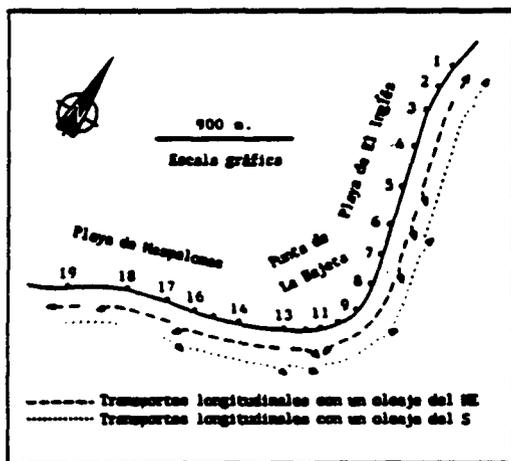


Figura 2

Diagramas de transportes longitudinales intermareales, en las playas en seguimiento

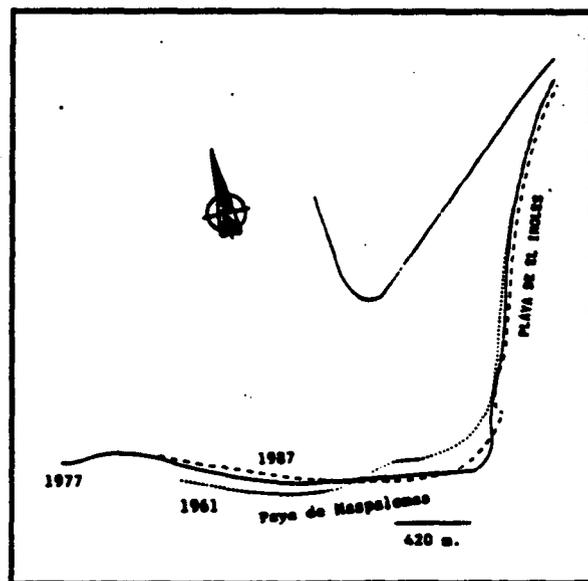


Figura 3

Evolución de la orilla en el entorno del Campo de Dunas de Maspalomas (isla de Gran Canaria).

Los límites externos ya han sido indicados.

En síntesis, el depósito eólico, de arenas fonolíticas-carbonatadas, está formado por dunas transversales y barjanas, estas últimas, sobre todo, en la periferia externa. Las formas sedimentarias están libres y sometidas a un desplazamiento principal del NE al SW, en dependencia con los vientos dominantes de Canarias: los alisios, de componente NE. Un desplazamiento secundario se debe a los vientos del S-SE.

MATERIAL Y METODOS

De acuerdo con Komar (1988), en las delimitaciones de las provincias morfodinámicas, se sigue una metodología basada:

- En las caracterizaciones de las arenas: mineralógica - petrológicas, morfoscópias y otras.
- En los diagramas de transporte, que hacen interdependientes al conjunto de playas y que explican las caracterizaciones de sus arenas, incluidas las tendencias de las distribuciones mineralógicas.
- Y en la descripción del marco litológico del litoral, como fuente de aportes sedimentarios.

En cuanto a la dinámica litoral y morfología de las playas arenosas, se han utilizado estas otras técnicas y metodologías:

1. Análisis texturales, mineralógicos y petrológicos de las arenas.
2. Diseño de diagramas de transporte longitudinal, entre la zona de rompientes y la orilla, a partir de las medianas granulométricas de las arenas (Martínez, 1986 c).
3. Estimación de la evolución de la orilla, mediante contrastes en el tiempo, de fotografías aéreas.
4. Seguimiento fotográfico, en el tiempo y en el espacio, de las formas sedimentarias.
5. Obtención de diagramas 3D, para detectar sumideros en la playa sumergida-plataforma insular. Se utilizan los datos de cartas batimétricas.
6. Levantamiento mensual de perfiles topográficos, a lo largo y ancho de las playas, durante un año.
7. Cálculo de ganancias y pérdidas de arena en la franja intermareal, según Martínez et al. (1987).

8. Análisis matemático de los procesos intermareales de las pérdidas sedimentarias.

9. Y determinación de los índices de capacidad de sustentación sedimentaria (ICSS) y de variabilidad sedimentaria (IVS), según Martínez (1988).

RESULTADOS

Las arenas de estas playas y dunas proceden de la erosión de fonolitas (Martínez, 1986 a). Pero en sus composiciones entran, además, carbonatos orgánicos, alrededor de un 50% en peso (Martínez et al., 1986 b).

Texturalmente se clasifican como arenas finas y/o medias.

En la figura 2, se diseñan los diagramas promediados de transporte longitudinal intermareal, para las situaciones significativas del oleaje que incide en estas playas.

La figura 3 muestra la evolución de la orilla, en las playas en seguimiento, durante un periodo de 26 años (entre 1961 y 1987).

El diagrama 3D, representado en la figura 4, describe el sumidero sedimentario, que se localiza frente a la Punta de La Bajeta, en la playa sumergida-plataforma insular.

Se ha cartografiado una flecha en la Punta de La Bajeta. Esta, conforme con las observaciones de la campaña de seguimiento de 1987-1988, se ajusta a la siguiente descripción:

- Se desarrolla a finales del invierno-inicios de primavera.
- Se encuentra entre los perfiles 9 y 12 (figura 2), a lo largo de unos 700 m.
- Se suelda a la playa en su extremo meridional.
- Tiene una amplitud energida máxima alrededor de los 90 m., en bajamar viva.
- La pendiente media es de un 0.8%, aunque se llega a 6.33%.
- Hacia el Norte, define un "lagoon", abierto, que alcanza, en bajamar viva, una anchura máxima de unos 75 m.

A partir del levantamiento topográfico, se calculan las pendientes topográficas intermareales. En la Playa de El Inglés, la pendiente promediada, en el espacio y en el tiempo, es de 1.53%. Los valores extremos llegan a un 4.0% y 0.2%. En la Punta de La Bajeta, se obtiene una pendiente promediada de un 3.2%, aunque se miden casos extremos de 0.1% y 9.2%. Y en la Playa de Maspalomas, esta pendiente se sitúa en un 4.87%. Las medidas extremas son 0.6% y 11.0%.

El cuadro 1 recopila las ganancias y pérdidas de arenas, en m³, a lo largo del ciclo sedimentario seleccionado, y dentro de una franja intermareal, en la que se ha delimitado una

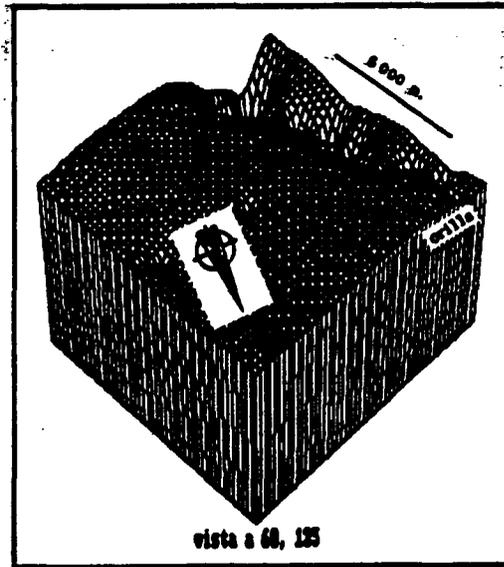


Figura 4

Sumidero de la Punta de La Bajeta (Maspalomas, isla de Gran Canaria).

Fecha	Incrementos (m ³) de los cubicajes relativos		
	Playa de El Inglés	Punta de La Bajeta	Playa de Maspalomas
3/1/86	32642.96	10680.00	4192.74
2/2/86	35784.79	12345.90	6562.86
3/3/86	40266.28	12024.72	0.00
1/4/86	38349.33	12671.17	1729.70
1/5/86	33401.38	12476.13	1829.60
30/5/86	29423.33	11374.64	4696.84
1/7/86	17331.43	10146.07	14806.72
29/7/86	16042.21	6671.15	16841.51
28/8/86	14070.81	4223.79	28591.00
11/9/86	12653.42	5070.47	30345.58
29/10/86	8796.16	4499.33	37778.00
26/11/86	1338.24	2208.58	28671.13
24/12/86	0.00	0.00	10213.93

Cuadro 1

Ganancias y pérdidas de arenas en la franja intermareal de 15 m. de anchura.

amplitud operativa de 15 m.

La figura 5 recoge las curvas de los procesos de pérdidas sedimentarias en las playas de El Inglés y Punta de La Bajeta.

En la Playa de El Inglés, los índices de capacidad de sustentación sedimentaria toman los valores de 1.11 y 1.49, para la acreción significativa y erosión máxima respectivamente. El índice de variabilidad sedimentaria, de acreción a erosión, es de 1.27.

En la Punta de La Bajeta, los índices de capacidad de sustentación sedimentaria tienen valores positivos, en torno a uno, tanto en las situaciones de acreción como de erosión. El índice de variabilidad sedimentaria, de acreción a erosión, toma un valor de 1.93.

En la Playa de Maspalomas, los índices de capacidad de sustentación sedimentaria son más bajos, alrededor de 0.4, en las situaciones significativas de acreción y erosión. El índice de variabilidad sedimentaria, de erosión a acreción, alcanza el valor de 1.20.

DISCUSION

1. El litoral emergido de Morro Besudo-Faro de Maspalomas se localiza en un conjunto geológico de fonolitas. Las arenas de sus playas y dunas conservan esta naturaleza petrológica sin minerales que permitan deducir aportaciones de los relieves próximos: de los basaltos, que se encuentran aguas arriba, y de las traquitas, tanto de tierra adentro como del litoral sud-occidental.

La Playa de Las Burras evolucionó de cantos y bloques a depósitos de arenas, en hiper-estabilidad, como lo demuestra el desarrollo de un pequeño campo de dunas. La causa de este cambio hay que buscarla en la construcción de un apoyo lateral (una escollera), en 1966, en su límite meridional. De esto, se deduce un transporte sedimentario neto hacia el Sur, a lo largo de este primer tramo del litoral, y próximo a la orilla.

Según la figura 2, con el oleaje significativo del NE se mantiene, a grandes rasgos, este sentido del transporte, en las restantes playas de aguas abajo.

Todo lo anterior permite delimitar una provincia morfodinámica, con importantes playas conectadas mediante los transportes sedimentarios.

2. Con el contraste de las fotografías aéreas desde 1961 a 1987 (figura 3), se estima una estabilidad de la orilla en la Playa de El Inglés, mientras que la Playa de Maspalomas tiende al retroceso. En la Punta de La Bajeta, aparentemente progresa la orilla.

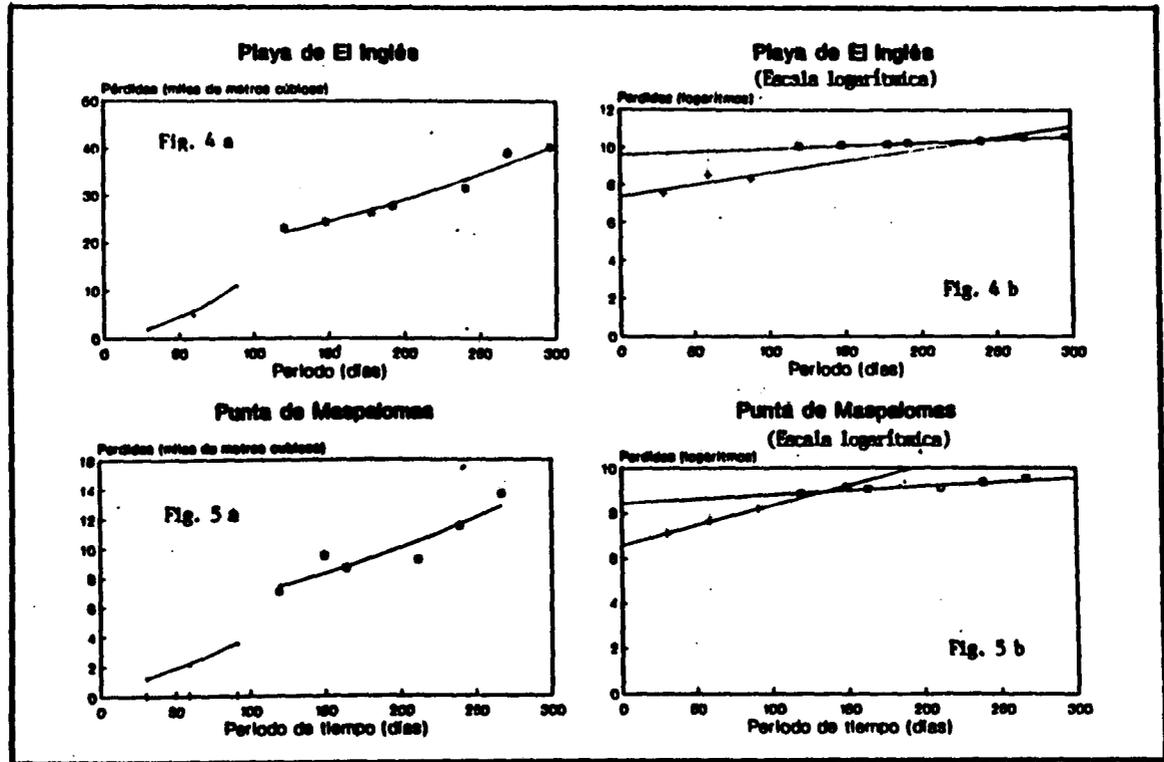


Figura 5

Curvas de los procesos de pérdidas sedimentarias

3. Mediante el análisis de las pendientes de las superficies topográficas internareales, y dentro de los estadios morfodinámicos de Wright y Short (1983), se obtienen las siguientes deducciones:

- La Playa de El Inglés siempre se comporta como disipativa.
- En La Punta de La Bajeta abundan las situaciones disipativas, aunque se llegan a los estadios reflectivos.
- En La Playa de Maspalomas predominan las situaciones intermedias, pero se alcanzan los estadios disipativos y reflectivos.

La hidrodinámica explica un transporte transversal significativo, entre el estrán y el ambiente sumergido, cuando la playa se comporta como disipativa o intermedia. En los estadios reflectivos, ese transporte carece de importancia.

4. En la Playa de El Inglés y en la Punta de La Bajeta, la acreción tiene lugar en la segunda mitad del invierno-inicio de la primavera (cuadro 1). Se corresponde con el decaimiento del alisio (vientos del NE), y con la probabilidad más baja de que haya temporales del Sur.

La erosión se inicia cuando empieza a predominar los alisios, a finales de la primavera y durante el verano (cuadro 1), aunque sus oleajes lleguen debilitados energéticamente a las orillas por la difracción. El proceso de pérdidas (figura 5) cambia de pautas con el apogeo del alisio y con los temporales del Sur, estos últimos en el otoño. Sus efectos erosivos se unen a los producidos anteriormente.

Las pérdidas se ajustan a funciones exponenciales del tipo $y = a e^{bx}$, en donde: y = pérdidas en m^3 , x = tiempo en días. Las curvas serían el resultado de la serie de temporales que intervienen en el proceso erosivo, junto a periodos de "calma". En estos casos, se refleja una característica biclimática de la erosión.

Con el oleaje del alisio, el dominio internareal se encuentra sometido a transportes longitudinales, de N a S (figura 2), dependientes de corrientes unidireccionales, de velocidades crecientes. En cambio, con los temporales del Sur, tales transportes longitudinales son de S a N, también unidireccionales y correspondientes a corrientes de velocidades crecientes.

Tanto en los periodos de acreciones y erosiones máximas, en estas dos playas, los índices de capacidad de sustentación sedimentaria traducen un superavit fuerte. El hecho se interpreta como que el viento que condiciona básicamente el transporte hacia el campo dunar (el alisio) se encuentra debilitado. No tendría la suficiente constancia y velocidad para establecer un equilibrio natural, entre la playa y el depósito eólico. La estabilidad de la orilla, por otra parte, indica que los procesos de aportes y pérdidas sedimentarias, en la franja

internareal, están equilibrados.

Los índices de variabilidad sedimentaria cuantifican los cambios altimétricos de la superficie internareal. Estos son moderados. Sin embargo, no reducen sustancialmente la superficie de "uso", emergida o alternativamente emergida, durante el periodo de erosión, a pesar del rango regional de la marea, que llega a los 2.82 m. Esto se debe a la presencia de una amplia playa seca, que cede temporalmente parte de su dominio.

5. La Punta de La Bajeta, representa, además, a una singularidad geométrica negativa: un cambio brusco de la orientación de la orilla, que describe una convexidad, observada desde el mar. Lo anterior determina la formación de flechas, en este caso anuales y morfológicamente atípicas. Las formas se desarrollan hacia la Playa de El Inglés, durante la primavera, y en relación con la erosión de la Playa de Maspalomas. Los transportes longitudinales internareales, en dependencia con el oleaje Sur (figura 2) juegan un papel decisivo.

El "lagoon" originado se colmata, y se recorta la orilla externa de la flecha anual, cuando tienen lugar la erosión de la Playa de El Inglés y los transportes longitudinales hacia el Sur (verano-otoño).

Como resultado de unas posibles yuxtaposiciones de flechas recortadas y colmataciones de sus respectivos "lagoon", se produce un avance neto de la orilla hacia el mar, durante una serie de años. Este avance se verifica mediante el contraste de fotografías aéreas (figura 3). Sin embargo, el progreso de la orilla y la delimitación de las flechas están condicionadas por la presencia de una especie de cañón, hacia mar adentro (figura 4), que actúa a manera de sumidero sedimentario.

6. En la Playa de Maspalomas la acreción (cuadro 1) se realiza en el verano y concluye al inicio del otoño. El proceso coincide con unos diagramas de transportes longitudinales internareales, de E a W (figura 2), en relación con unas corrientes unidireccionales de velocidades crecientes. En este periodo de tiempo, la playa está sensiblemente resguardada del oleaje del alisio (que llega muy difractado) y los temporales del Sur no tienen lugar.

Las pérdidas sedimentarias se patentizan a principio de primavera (cuadro 1), como culminación del proceso erosivo que se inicia en el otoño. Las causas están en los temporales del Sur y en otros que inciden en la playa (del SW y W). Predominan los diagramas de transportes internareales (figura 2), de W a E, determinados por corrientes unidireccionales de velocidades crecientes.

Los índices de capacidad de sustentación sedimentaria, calculados para los periodos significativos de acreción y erosión, indican un permanente superavit moderado. Como la orilla está

en retroceso (figura 3), se puede admitir que los aportes son menores que las pérdidas en la franja intermareal. En estas circunstancias, para interpretar unos excesos moderados intermareales de arenas, sobre todo durante el periodo erosivo, se ha de recurrir al papel de "despensa sedimentaria" que desempeña el campo dunar. Los efectos de la erosión intermareal se encuentran amortiguados por la realimentación externa. Estas especulaciones se verifican con la observación de las dunas del NE, cortadas por la erosión del mar, en el periodo de máxima erosión.

El índice de variabilidad sedimentaria traduce movimientos posicionales de la superficie intermareal. Los efectos son análogos a los analizados respecto a las playas limítrofes.

7. En la provincia morfodinámica de Morro Besudo-Faro de Maspalomas:

a) Las actuaciones que interfieran a los transportes descritos en cadena, provocarán degradaciones morfológicas en las playas y campo dunar, o acentuarán estas, si ya se dan (sea el caso de la Playa de Maspalomas). Estas interferencias se podrían localizar:

- tanto en el ámbito de costa, por obras marítimas,
- como en la superficie del Campo de Dunas.

En relación con el Campo de Dunas, las actuaciones periféricas se pueden ubicar:

- sobre el borde de la llanura aluvial,
- y/o a lo largo de la playa seca.

Las grandes pantallas arquitectónicas, próximas al escarpe de la llanura aluvial, podrían provocar amortiguaciones del viento, por lo menos sectorialmente, y con ello una caída en la capacidad del transporte, que conduciría a una reducción de la reserva sedimentaria.

Muchas de las intervenciones en las playas secas, delimitantes del Campo de Dunas, actúan a modo de corta vientos. De esta manera, los transportes hacia los depósitos eólicos se interfieren. Como el Campo de Dunas se alimenta por frecuentes aportaciones reducidas (Martínez 1986 b), con un viento deficitario "de transporte", la capacidad de reserva sedimentaria se afectaría negativamente.

En la atenuación de la degradación de la Playa de Maspalomas, la reserva sedimentaria del campo dunar es un factor fundamental.

b) Y, por último, las posibles concesiones administrativas, para las explotaciones de áridos, en bancos arenosos sumergidos, próximos a la orilla, deben contemplarse desde la perspectiva

de los transportes transversales. Como estas playas tienen una componente disipativa significativa, en principio no serían admisibles tales explotaciones, dentro del dominio de sus respectivos ambientes sumergidos, si no se quiere romper el equilibrio natural en la dinámica y morfología sedimentaria. Los desequilibrios se reflejarían en una degradación del estrán.

Si tuvieran lugar estas intervenciones:

- la Playa de El Inglés aportaría menos arenas al Campo de Dunas, que paulativamente disminuiría sus reservas,
- al mismo tiempo que este campo tendría que amortiguar, más intensamente, la erosión en la Playa de Maspalomas.

CONCLUSIONES

Dentro de la provincia morfodinámica de Morro Besudo-Faro de Maspalomas:

1. La Playa de El Inglés recibe aportes sedimentarios significativos a través de otras, situadas a su Norte (sea el ejemplo de la Playa de Las Burras). En este transporte, son decisivas las corrientes longitudinales próximas a la orilla, dependientes del oleaje del NE.
2. Desde la Playa de El Inglés, el viento del NE transporta arena al Campo de Dunas de Maspalomas.
3. A su vez, el Campo de Dunas alimenta a la franja internareal de la Playa de Maspalomas, durante el subciclo erosivo. Las pérdidas de arenas quedan así amortiguadas. Esto se deduce, fácilmente, cuando se observan dunas del NE cortadas transversalmente por la acción del mar.
4. Corrientes de deriva transportan parte de la arena de la erosión de la Playa de Maspalomas a la Punta de La Bajeta.
5. En este último sector de playa, por el sumidero de sus proximidades, se pierden arenas, tanto de los aportes que llegan directamente de la Playa de El Inglés como de los procedentes de la Playa de Maspalomas. Así se cierra el flujo sedimentario.
6. El esquema se completa con la deducción de importantes transportes de arena entre el estrán y las playas sumergidas. A esto se llega en función del comportamiento disipativo, en mayor o menor medida, de todas estas playas estudiadas.
7. Los proyectos de intervenciones en este litoral, para su explotación como recursos turísticos y/o otros fines, deben contemplar la dinámica litoral y morfologías sedimentarias descritas.

BIBLIOGRAFIA

- Komar, E. (1988): Composición de playas producidas por la mezcla de arenas de múltiples fuentes. Comparación entre modelos de computador y datos de campo de la costa de Oregón. 21 Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas (Málaga-España, 20-25 de julio). Libro de Resúmenes, 564-565.
- Martínez, J. (1986 a): Dunas de Maspalomas (Gran Canaria): Naturaleza petrológica de sus arenas. Anuario de Estudios Atlánticos, 32, 785-794.
- Martínez, J.; Carpio, P.; Gómez, M.; Hernández, T. y Mena, A. (1986 b): Las Dunas de Maspalomas: Geología e impacto del entorno. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria-Universidad Politécnica de Las Palmas. 151 P.
- Martínez, J. (1986 c): Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas, octubre, 767-781.
- Martínez, J.; Sastre, J.; Alemán, G.; Castro, J.; Martín, A. y Robayna, D. (1987): Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arena: método de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas, julio-agosto, 469-483.
- Martínez, J. (1988): Accretion-erosion in the beaches of the Canary Islands (Spain). Coastal Engineering 1988 Proceedings (American Society of Civil Engineers, New York), 3, 2738-2752.
- Suárez Bores, P. (1978): Shore Classification-Simple forms with prevailing wind wave action. Proceedings the III International Congress I.A.E.G. (Madrid), Sec I, vol 2, 150-169.
- Wright, L. and Short, A. (1983): Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In Komar, P.D. (Ed.): C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosion, C.R.C. Press, 35-64. Boca Raton, Fla.

IX BIENAL DE LA R.S.E.H.N.

ACTAS DE LAS JORNADAS



SEVILLA, 24 - 30 DE SEPTIEMBRE DE 1989

LA EVOLUCION MORFODINAMICA DE LA PUNTA DE LA BAJETA, EN LA PLAYA DE MASPALOMAS (ISLA DE GRAN CANARIA, ESPAÑA).

JESUS MARTINEZ, MARTA DELIA DEL ROSARIO y MIGUEL CARDENES.

Facultad de Ciencias del Mar. Apartado de Correos nº 550. Las Palmas.

RESUMEN

Una extensa playa arenosa de unos 5.4 kms. de longitud y del orden de centenares de metros de amplitud, situada en el Sur de la Isla de Gran Canaria (España), define, morfo dinámicamente, tres sectores dentro de una misma unidad se dimentaria:

- Playa de El Inglés,
- Punta de La Bajeta, y
- Playa de Maspalomas.

En este ambiente, se identifica, describe, analiza e inter preta la dinámica de la orilla. Se formula los mecanismos y tendencias de evolución morfológica en la formación sed imentaria.

ABSTRACT

An extensive sandy beach of some 5.4 kms long and of seve ral hundreds of metres wide, situated in the South of the Island of Grand Canary (Spain), defining, morphodinamicly, three sectors within the same sedimentary unit:

- Playa de El Inglés,
- Punta de La Bajeta, and
- Playa de Maspalomas.

In this environment one identifies, describes, analyzes and

translates dynamism of the shore. The mechanisms and tendencies of the morphologic evolution of the sedimentary formation are formulated.

MARCO GEOGRAFICO Y SEDIMENTOLOGICO

La Playa de la Punta de La Bajeta se localiza entre las de El Inglés y Maspalomas, en el Sur de la Isla de Gran Canaria (figura 1). Estas playas, junto con su campo de dunas, definen una unidad morfodinámica, a lo largo de un litoral 5.4 kilómetros. La franja intermareal rebasa los 100 m.

El material sedimentario del ambiente lo constituye arenas finas y medias. Las medianas medias de estas se distribuyen como sigue:

- playa sumergida: 0.169 mm.,
- franja intermareal: 0.222 mm.,
- trasplaya-campo de dunas: 0.195 mm.

Proceden de la erosión de fonolitas (Martínez, 1986 a). Y tienen un contenido de carbonatos organógenos alrededor de un 48%, en peso (Martínez, et al., 1986 b).

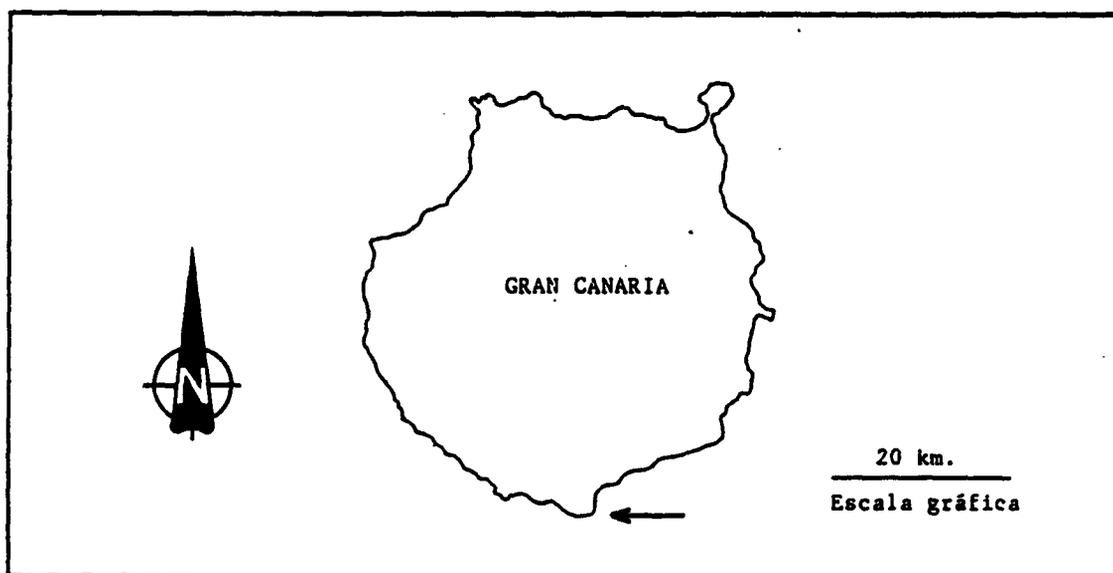


Figura 1

Localización geográfica de las playas en seguimiento.

MATERIAL Y METODOS

La metodología utilizada en este estudio comprende:

1. Levantamiento mensual de perfiles topográficos, a lo largo y ancho de las playas, durante un ciclo anual.
2. Cálculo de ganancias y pérdidas de arena en la franja intermareal, según Martínez et al. (1987).
3. Análisis de las características de los sedimentos.
4. Diseño de diagramas de transporte longitudinal, entre la zona de rompientes y la orilla, a partir de las medianas granulométricas de las arenas (Martínez, 1986 c).
5. Estimación de la evolución de la orilla, mediante contrastes, en el tiempo, de fotografías aéreas.
6. Y seguimiento fotográfico de las formas sedimentarias.

RESULTADOS

La figura 2 muestra la evolución de la orilla, en las playas en seguimiento, durante un periodo de 16 años (entre 1961 y 1977).

El cuadro 1 recoge las medias, en el tiempo, de las medianas granulométricas de las arenas, muestreadas en puntos medios de la zona intermareal.

En la figura 3 se diseñan los diagramas promediados de transporte longitudinal, para las situaciones significativas del oleaje que incide en estas playas.

El cuadro 2 recopila las ganancias y pérdidas de arena, en metros cúbicos, a lo largo del ciclo sedimentario seleccionado, dentro de una franja intermareal, en la que se ha de

limitado una amplitud operativa de 18 m.

Se ha cartografiado una flecha en la Punta de La Bajeta. Esta, conforme con las observaciones de la campaña de seguimiento de 1987-1988, se ajusta a la siguiente descripción:

1. Se encuentra entre los perfiles 9 y 12 (figura 3), a lo largo de unos 700 m.
2. Se suelda a la playa en su extremo meridional.
3. Tiene una amplitud emergida máxima entorno a los 90 m., en bajamar viva.
4. La pendiente media es de un 0.80%, aunque se llega a un 6.33%.
5. Hacia el Norte, define un "lagoon" abierto, que alcanza, en bajamar viva, una anchura máxima de unos 75 m.

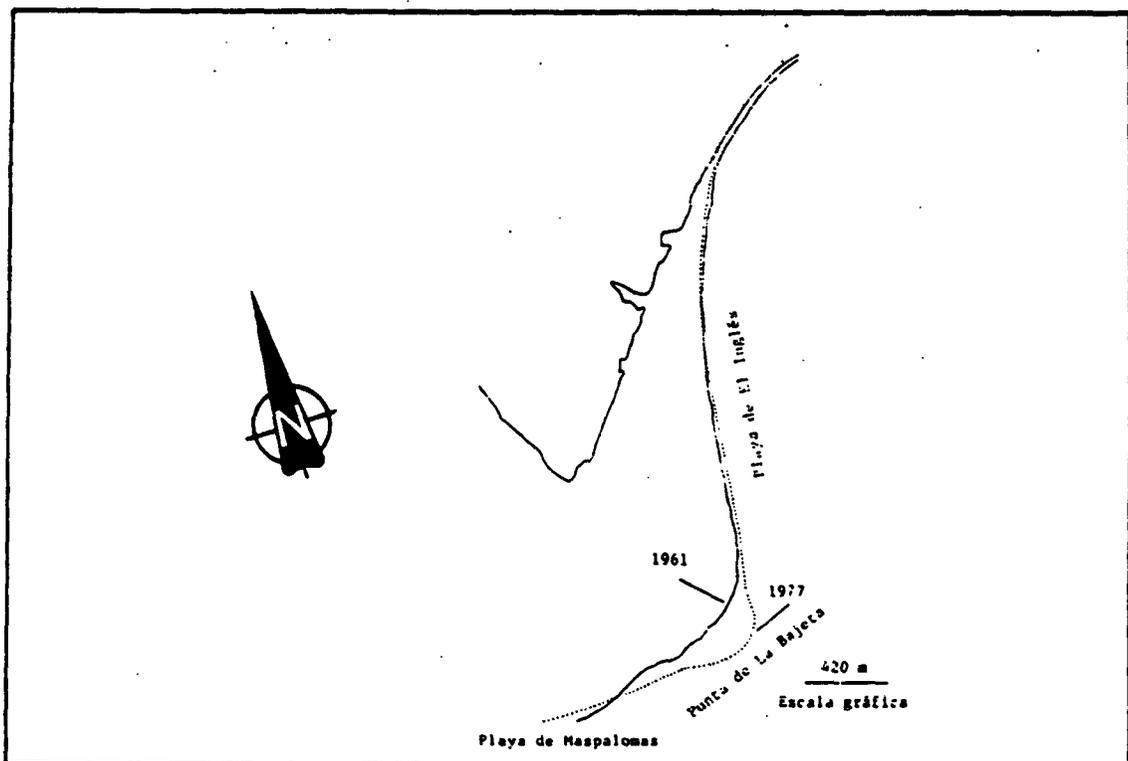


Figura 2

Estimación de la evolución de la orilla en las playas en seguimiento, por contraste de fotografías aéreas.

Perfil Q ₂ en mm.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
a	0.280	0.414	0.357	0.332	0.329	0.252	0.287	0.205	0.198	0.227	0.210	0.199	0.200	0.204	0.202	0.190	0.214	0.196	0.174
b	0.692	0.226	0.228	0.310	0.478	0.332	0.185	0.184	0.210	0.217	0.224	0.190	0.178	0.190	0.190	0.208	0.182	0.186	0.176

Cuadro 1

Promedios, en el tiempo, de las medianas granulométricas de las arenas intermareales.

a = situaciones predominantes del oleaje del Sur.

b = situaciones minoritarias del oleaje del NE.

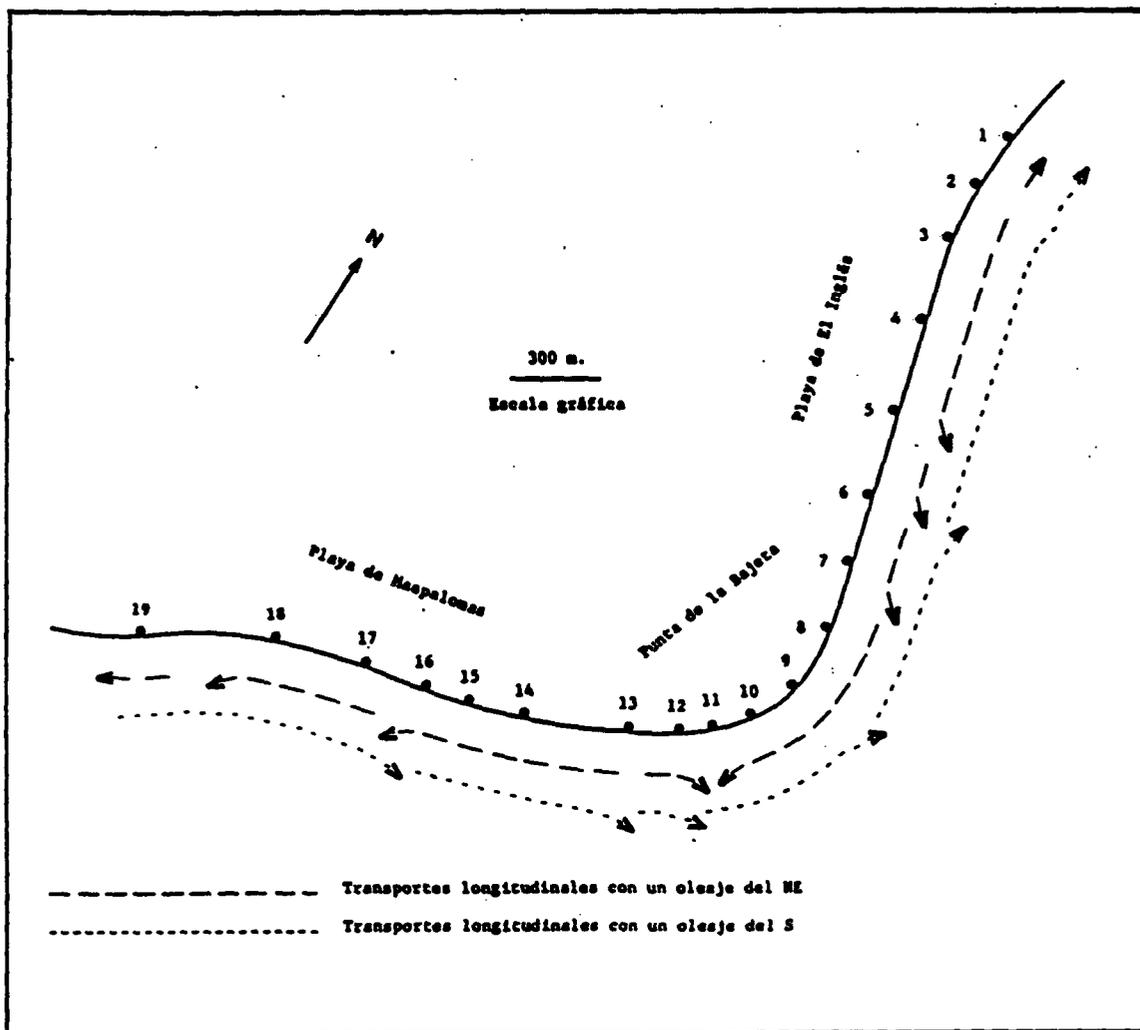


Figura 3

Diagramas de transportes longitudinales intermareales, en las playas en seguimiento.

Fecha	Incrementos (m ³) de los cubicajes relativos		
	Playa de El Inglés	Punta de La Bajeta	Playa de Maspalomas
3/1/86	32642.96	10680.09	4192.74
2/2/86	35704.79	12365.50	6562.86
3/3/86	40266.28	12024.72	0.00
1/4/86	38369.33	13671.17	1729.70
1/5/86	35401.38	12476.15	1829.60
30/5/86	29423.33	11574.44	4696.84
1/7/86	17331.43	10148.07	14806.72
29/7/86	16042.21	6671.15	16841.51
28/8/86	14070.81	4225.79	28591.80
11/9/86	12653.42	5070.47	30345.58
29/10/86	8796.16	4499.33	37778.00
26/11/86	1338.24	2208.58	28671.13
24/12/86	0.00	0.00	10215.95

Cuadro 2

Ganancias y pérdidas de arenas, en una franja intermareal de 18 m. de anchura.

DISCUSION

1. De acuerdo con la clasificación genética de las playas, desarrollada por Suárez Bores (1978), se identifica una singularidad geométrica negativa (g) en la Punta de La Bajeta. Esta singularidad implica la formación de una flecha, ante un transporte longitudinal de sedimentos, siempre que no exista un sumidero próximo a la orilla.

2. Con el contraste de fotografías aéreas, se deduce (figura 2):

- un avance, hacia el mar, de la orilla (unos 400 m. en 16 años) en la Punta de La Bajeta,
- una orilla estabilizada en la Playa de El Inglés, y
- una tendencia al retroceso en la Playa de Maspalomas.

3. Los diagramas intermareales de transporte, deducidos con

Las medianas granulométricas de las arenas, cuadro 1, se representan en la figura 3. La mayoría de los mismos se encuentran condicionados por las brisas marinas del S - SW, según las observaciones de los vientos, para el estudio de las dunas de Maspalomas (Martínez et al., 1986), sin descartar los temporales del S-SE. Con estas situaciones, tanto en la Playa de El Inglés como en la de Maspalomas, se describen, de forma generalizada, diagramas longitudinales unidireccionales de transporte, de velocidades crecientes (tipo c de Pe thick, 1984) hacia el E y N respectivamente.

Con el oleaje difractado del NE, que llega a estas playas, principalmente, cuando el alisio se refuerza, se determinan transportes análogos a las anteriores, pero ahora con sentidos contrarios.

4. Los procesos de ganancias y pérdidas de arenas, en la franja intermareal delimitada de estas playas, se resumen e interpretan de la siguiente manera:

En las playas de El Inglés y de la Punta de La Bajeta:

- La acreción tiene lugar en la segunda mitad del invierno-inicio de la primavera. Se corresponde con el decaimiento del alisio (vientos del NE) y de las brisas marinas-tiempo Sur.
- El oleaje del alisio, aunque atenuado, se deja sentir a finales de la primavera y durante el verano. Si este no estuviera debilitado, determinaría la máxima erosión poco antes de concluir su periodo de mayor apogeo. Sin embargo, la erosión se desarrolla, principalmente, en otoño. En esta época, entran en juego las brisas marinas potenciadas, junto con los temporales del "Sur", cuyos efectos erosivos se unen a los producidos anteriormente.

En la Playa de Maspalomas, resguardada del oleaje del alisio:

- La acreción se realiza, sobre todo, durante el verano e

inicio del otoño. Las acumulaciones netas alcanzan sus máximos desarrollos antes de que aparezcan las brisas marinas potenciadas y los temporales del "Sur". Y la erosión significativa está en estrecha dependencia con las brisas marinas otoñales (potenciadas), con los temporales del "Sur" y con el alisio ligado a los temporales de primavera. La máxima erosión se refleja cuando culminan las situaciones referidas (en primavera).

5. De acuerdo con todo lo anterior, dentro de un ciclo sedimentario, en la Punta de La Bajeta:

Se desarrolla una flecha, hacia la playa de El Inglés, durante la primavera, y en relación con la erosión y transportes longitudinales de la playa inestable de Maspalomas.

Se colmata el "lagoon" originado, y se recorta la orilla externa de la flecha, cuando tienen lugar la erosión de la Playa de El Inglés y los transportes longitudinales hacia el Sur (verano-otoño).

En definitiva, y como resultado de estos procesos combinados, se produce un avance neto de la orilla hacia el mar, durante una serie de años, por sucesivas yuxtaposiciones de flechas y colmataciones de sus respectivos "lagoons". Esto queda verificado mediante el contraste fotogeológico.

CONCLUSIONES

En la Punta de La Bajeta, se desarrolla, anualmente, una atípica flecha, en relación con:

- una singularidad geométrica negativa,
- la erosión de la Playa de Maspalomas (a finales de invierno-principios de primavera), y
- los transportes longitudinales de esta erosión.

El "lagoon", que se forma entre la flecha y la orilla de la

playa, se colmata en dependencia con:

- la erosión de la Playa de El Inglés (finales de verano-otoño), y
- los transportes longitudinales de estos materiales erosionados.

El recorte externo de la flecha coincide con este último periodo erosivo.

Las yuxtaposiciones de estas flechas hacen que progrese la orilla en la Punta de La Bajeta, hacia mar adentro. Se estima un avance de unos 11.5 m/año, dentro de un ciclo sedimentario largo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Martínez, J. 1986 a. Dunas de Maspalomas (Gran Canaria): Naturaleza petrológica de sus arenas. Anuario de Estudios Atlánticos, 32, 785-794.
- Martínez, J.; Carpio, P.; Gómez, M.; Hernández, T. y Mena, A. 1986b. Las Dunas de Maspalomas: Geología e impacto del entorno. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria-Universidad Politécnica de Las Palmas. 151 pp.
- Martínez, J. 1986 c. Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas, octubre, 767-781.
- Martínez, J.; Sastre, J.; Alemán, G.; Castro, J.; Martín, A. y Robayna, D. 1987. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arena: método de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas, julio - agosto, 469-483.
- Pethick, J. 1984. An Introduction to Coastal Geomorphology. Edward Arnold. London. 260 pp.
- Suárez Bores, P. 1978. Shore Classification-Simple forms with prevailing wind wave action. Proceedings the III International Congress I.A.E.G. (Madrid). Sec. I, vol 2, 150-169.

I JORNADAS ESPAÑOLAS DE COSTAS Y PUERTOS

E.T.S. DE INGENIEROS DE CAMINOS, C. Y P.

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Santander, 7 y 8 de mayo de 1.992

LIBRO DE PONENCIAS

Editor: Miguel A. Losada

Universidad de Cantabria

**LA DINAMICA SEDIMENTARIA DEL LITORAL MERIDIONAL DE GRAN CANARIA
(ISLAS CANARIAS - ESPAÑA)**

Jesús Martínez y Diego Casas.

**Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran
Canaria. Campus Universitario de Tafira. 35017. Las Palmas.**

RESUMEN

**Dentro de una misma unidad sedimentaria, situada en el Sur de la
Isla de Gran Canaria (España), se definen, morfodinámicamente,
seis ambientes : Playa de San Agustín, Playa de las Burras, Playa
de El Inglés, Punta de La Bajeta, Playa de Maspalomas y Campo de
Dunas de Maspalomas.**

En estos ambientes :

**1.- Se identifica, describe, analiza, e interpreta la
dinámica actual de la orilla, en base a medidas tomadas en
campañas sistemáticas de campo.**

**2.- Se formulan los mecanismos de esta dinámica litoral,
con sus variables condicionantes y desencadenantes.**

3.- Se deducen :

**- Cómo evolucionó el depósito sedimentario en el pasado.
Se parte de la interpretación de la disposición
espacial de formas menores.**

**- Y el papel que desempeñaron, en esa evolución, los
barrancos significativos delimitantes del entorno
(Barrancos de Tirajana y de Fataga).**

4.- Y, de acuerdo con todo lo anterior, se predice cómo

evolucionará la orilla. Unas primeras tendencias se verifican con el contraste, en el tiempo, de fotografías aéreas. Se consideran cinco registros, desde 1961.

ESCENARIO GEOGRAFICO

En el Sur de la Isla de Gran Canaria (figura 1), se delimita la Provincia morfodinámica de Morro Besudo - Faro de Maspalomas, a lo largo de un litoral de 8.5 kilómetros.

En este marco, la playa significativa más al Norte es la de Las Burras. Tiene una longitud de unos 300 metros por una amplitud media de más de 150 metros.

Hacia el Sur, y en el límite oriental externo del Campo de dunas de Maspalomas, se encuentra la Playa de El Inglés. Tiene una longitud de unos 1879 metros (entre los perfiles 1 y 8 de la figura 2), y una anchura de varias centenas de metros.

El límite externo meridional del Campo dunar corresponde a la Playa de Maspalomas. Tiene una longitud de 1912.5 metros (entre los perfiles 13 y 19 de la figura 2) y una anchura de varias centenas de metros.

La convergencia de las Playas de El Inglés y de Maspalomas constituye la Punta de La Bajeta. Presenta una orilla convexa (observada desde el mar). Arbitrariamente, queda configurada entre los perfiles 8 y 13 (figura 2). De acuerdo con estos límites, tiene una longitud de 893.5 metros. La amplitud, como era de esperar, alcanza varios cientos de metros.

El Campo de dunas de Maspalomas (figura 1) cubre una superficie de unos 4 kilómetros cuadrados. La longitud máxima (NE-SW) mide unos 3 kilómetros y la anchura puede llegar a los 2 kilómetros. El

límite interno, de mayor entidad, lo constituye un escarpe casi vertical, de unos 25 metros de potencia, de una llanura aluvial. El límite occidental lo determina del Barranco y la Charca de Maspalomas. Los límites externos ya han sido indicados.

METODOLOGIA Y TECNICAS ACTUALIZADAS

De acuerdo con Komar (1988), en las delimitaciones de las provincias morfodinámicas, se sigue una metodología basada :

- En las características de las arenas : mineralógicas - petrológicas, morfoscópicas y otras.
- En los diagramas de transporte, que hacen dependientes unidireccionalmente al conjunto de playas y que explican las características de sus arenas, incluidas las tendencias de las distribuciones mineralógicas.
- Y en la descripción del marco litológico del litoral, como fuente de aportes sedimentarios.

En cuanto a la dinámica litoral y morfología de las playas arenosas, se han utilizado estas otras técnicas y metodologías :

- 1.- Análisis texturales, mineralógicos y petrológicos de las arenas.
- 2.- Diseño de diagramas de transportes longitudinal, entre la zona de rompientes y la orilla, a partir de las medianas granulométricas de las arenas (Martínez, 1986c).
- 3.- Estimación de la evolución de la orilla, mediante contrastes en el tiempo, de fotografías aéreas.

4.- Seguimiento Fotográfico, en el tiempo y el espacio, de las formas sedimentarias.

5.- Obtención de diagramas 3D, para detectar sumideros en la playa sumergida-plataforma insular. Se utilizan los datos de cartas batimétricas.

6.- Levantamiento mensual de perfiles topográficos, a lo largo y ancho de las playas, durante un año.

7.- Cálculo de ganancias y pérdidas de arena en la franja intermareal, según Martínez et al. (1987).

8.- Análisis matemático de los procesos intermareales de las pérdidas sedimentarias.

9.- Y determinación de los índices de capacidad de sustentación sedimentaria, según Martínez (1988).

CARACTERIZACION ACTUAL DE LA PROVINCIA MORFODINAMICA DE MORRO BESUDO - FARO DE MASPALOMAS

Martínez (1990) delimitó, entre Morro Beasudo y el Faro de Maspalomas, al Sur de la Isla de Gran Canaria, una provincia morfodinámica, que coincide con el concepto de "unidad fisiográfica" de Enríquez y Berenguer (1986).

La caracterización de este territorio litoral se puede resumir de la siguiente manera :

1.- El litoral emergido de esta provincia se localiza en un conjunto geológico de fonolitas. Las arenas de sus playas y dunas conservan esta naturaleza petrológica, sin minerales que permitan deducir aportaciones de los relieves próximos : de los basaltos,

que se encuentran aguas arriba, y de las traquitas, tanto de tierra adentro como del litoral sud-occidental (Martínez, 1986a).

2.- La Playa de Las Burras (figura 1) evolucionó desde cantos y bloques a depósitos de arenas, en hiperestabilidad, como lo demuestra el desarrollo de un pequeño campo de dunas. La causa de este cambio hay que buscarla en la construcción de un apoyo lateral (una escollera), en 1966, en su límite meridional. De esto, se deduce un transporte sedimentario neto hacia el Sur, a lo largo de este primer tramo de litoral, y próximo a la orilla.

Según la figura 2, con el oleaje dominante del NE, se mantiene, a grandes rasgos, este sentido del transporte, en las restantes playas de aguas abajo (Martínez, 1990).

3.- Como parte esencial de esta provincia morfodinámica está el Campo de Dunas de Maspalomas (figura 1). Este se encuentra sometido a tres tipos de vientos :

- dominantes, del NE,
- reinantes, del E-SE, y
- significativos, del W-SW.

Martínez (1986b) deduce que los vientos del NE y los de E-SE son los que condicionan el avance de las dunas, mientras que los vientos del W-SW, cuando toman velocidades de moderadas a fuertes, determinan retrocesos en el avance sedimentario.

Las formas que dan identidad al campo son :

- las dunas transversales, y
- las del tipo barjan,

que alcanzan alturas medias en torno a los cinco metros, aunque se

miden altitudes próximas a los 18 metros, para las dunas transversales. Estas últimas pueden tener longitudes de varios cientos de metros y sus anchuras rebasar los setenta metros.

Según la proyección de Smith, las dunas del NE y SE presentan una distribución continua, con un solo núcleo de máximos porcentajes, que definen la dirección N 81 E (Martínez et al., 1986). Esto está en coherencia con la dominancia de los alisios, en una primera interpretación.

La abundancia de dunas de tipo barjan, en su mayoría del NE, junto a las playas delimitantes, traducen que la alimentación se inicia como aportes reducidos. Pero la constancia de éstos equivaldría a una importante disponibilidad de arena. De aquí que se formen también dunas transversales, principalmente, en el interior del campo.

Según Martínez et al. (1986), las arenas de estas formas sedimentarias tienen naturaleza fonolítica, con un contenido medio de carbonatos organógenos en torno al 48% en peso.

En relación con los vientos dominantes del alisio, los anteriores autores, describen diagramas de transporte en el campo de dunas, cuyos sentidos coinciden con los del viento. De acuerdo con los pasillos de sombra eólica, provocados por los antiguos y ya demolidos chiringuitos, la dirección promediada (media de una estadística empírica) de estos desplazamientos corresponden al N 67 E .

Por otra parte, tras vientos reinantes del E-SE, se prevén desplazamientos hacia el N-NE.

El sentido de avance, resultante de los dos anteriores desplazamientos, es el que apunta la proyección de Smith : hacia

el S 261 W, como respuesta a la componente N 81 E.

En las proximidades de los escarpes delimitantes (pantallas), se describen debilitamientos de los transportes, por el efecto de "amortiguación" que producen en la velocidad del viento.

4.- Con el contraste de fotografías aéreas desde 1961 hasta 1987 (figura 3), se estima una aparente estabilidad de la orilla en la Playa de El Inglés, mientras que la Playa de Maspalomas tiende al retroceso. En la Punta de La Bajeta se deduce que, en principio, progresa la orilla.

5.- Mediante el análisis de las pendientes de las superficies topográficas internareales, y dentro de los estadios morfodinámicos de Wright y Short (1983), se obtienen las siguientes deducciones :

- la Playa de El Inglés siempre se comporta como disipativa, aunque no se descartan situaciones muy excepcionales de situaciones reflectivas.
- En la Punta de La Bajeta, abundan las situaciones disipativas, aunque se llegan a los estadios reflectivos.
- En la Playa de Maspalomas, predominan las situaciones intermedias, pero se alcanzan los estadios disipativos y reflectivos.

La hidrodinámica explica un transporte transversal significativo, entre el estrán y el ambiente sumergido, cuando la playa se comporta como disipativa o intermedia. En los estadios reflectivos, ese transporte carece de importancia

6.- En la Playa de El Inglés y en la Punta de La Bajeta, la

acreción tiene lugar en la segunda mitad del invierno-inicio de la primavera (Martínez, 1990). Se corresponde con el decaimiento del oleaje del NE, y con la probabilidad más baja de que hayan temporales del Sur.

La erosión se inicia cuando empiezan a predominar los alisios, a finales de primavera e inicios del verano, aunque sus oleajes lleguen debilitados, energéticamente, a las orillas por la refracción.

El proceso de pérdidas (figura 4) cambia de pautas con el apogeo del alisio y con los temporales del Sur, éstos últimos en el otoño. Sus efectos erosivos se unen a los producidos anteriormente.

Con el oleaje del alisio, el dominio intermareal, se encuentra sometido a transportes longitudinales, de Norte a Sur (figura 2), dependientes de corrientes unidireccionales, de velocidades crecientes. En cambio, con los temporales del Sur, tales transportes longitudinales son de Sur a Norte, también unidireccionales y correspondientes a corrientes de velocidades crecientes

Tanto en los periodos de acreciones y erosiones máximas, en estas dos playas, los índices de capacidad de sustentación sedimentaria traducen un superávit fuerte. El hecho se interpreta como que el viento que condiciona básicamente el transporte hacia el campo dunar (el alisio) se encuentra debilitado. No tendría la suficiente constancia y velocidad para establecer un equilibrio natural, entre la playa y el depósito eólico.

La estabilidad de la orilla, por otra parte, indica que la hiperestabilidad sedimentaria se encuentra dentro de un intervalo umbral, que se mantiene a lo largo del tiempo, al menos, en los

últimos 30 años.

7.- La Punta de La Bajeta representa, además, a una singularidad geométrica negativa : un cambio brusco de la orientación de la orilla, que describe una convexidad, observada desde el mar. Lo anterior determina la formación de flechas, en este caso anuales y morfológicamente atípicas. Las formas se desarrollan hacia la playa de El Inglés, durante la primavera, y en relación con la erosión de la Playa de Maspalomas. Los transportes longitudinales intermareales, en dependencia con el oleaje Sur (figura 2) juegan un papel decisivo.

El "lagoon" originado se colmata, y se recorta la orilla externa de la flecha anual, cuando tienen lugar la erosión de la Playa de El Inglés y los transportes longitudinales hacia el Sur (verano-otoño).

Una de estas flechas, conforme con las observaciones de la campaña de seguimiento de 1987-1988, se describe de la siguiente manera :

- a.- Se suelda a la playa en su extremo meridional.
- b.- Se encuentra entre los perfiles 9 y 12 (figura 2), a lo largo de unos 700 metros.
- c.- Tiene una amplitud emergida máxima de alrededor de 90 metros, en bajamar viva.
- d.- La pendiente media es de 0.80 %, aunque se llega a un 6.33 % .
- e.- Hacia el Norte, el lagoon abierto alcanza una anchura máxima de unos 75 metros, también en bajamar viva.

Como resultado de unas posibles yuxtaposiciones de flechas recortadas y colmataciones de sus respectivos "lagoon", se produce un avance neto de la orilla hacia el mar, durante una serie de años. Este avance se verifica mediante el contraste de fotografías aéreas (figura 3). Sin embargo, el progreso de la orilla y la delimitación de las flechas están condicionadas por la presencia de una especie de cañón, hacia mar adentro (figura 5), que actúa a manera de sumidero sedimentario.

En el ámbito submarino, la provincia morfodinámica queda subdividida en dos por esta barrera física. La dependencia unidireccional (de NE a SW) entre las dos grandes playas de este territorio (Playa del Inglés y Playa de Maspalomas), se tiene que hacer a través del campo de dunas.

8.- En la Playa de Maspalomas, la acreción, también de acuerdo con Martínez (1990), se realiza en el verano y concluye al inicio del otoño. El proceso coincide con un diagrama de transportes longitudinales intermareales, de Este a Oeste (figura 2), en relación con unas corrientes unidireccionales de velocidades crecientes. En este periodo de tiempo, la playa está sensiblemente resguardada del oleaje del alisio (que llega muy refractado) y los temporales del Sur no tienen lugar.

Las pérdidas sedimentarias se patentizan a principios de primavera, como culminación del proceso erosivo, que se inicia en el otoño. Las causas están en los temporales del Sur y en otros que inciden en la playa (del SW y W). Predominan los diagramas de transporte intermareales (figura 2), de Oeste a Este, determinados por corrientes unidireccionales de velocidades crecientes.

Los índices de capacidad de sustentación sedimentaria, calculados para los periodos significativos de acreción y erosión, indican un

permanente superávit moderado. Como la orilla está en retroceso (figura 3), se puede admitir que los aportes son menores que las pérdidas en la franja intermareal. En estas circunstancias, para interpretar unos excesos moderados intermareales de arenas, sobre todo durante el periodo erosivo, se ha de recurrir al papel de "despensa sedimentaria" que desempeña el Campo dunar. Los efectos de la erosión intermareal se encuentran amortiguados por la realimentación externa. Estas especulaciones se verifican con la observación de las dunas del NE, cortadas por la erosión del mar, en el periodo de máxima erosión, como ocurre durante los temporales del S - SW.

9.- Las caracterizaciones reseñadas permiten formular el modelo físico, que explica las dependencias en la dinámica sedimentaria de esta provincia.

El modelo se secuencia de la siguiente forma :

- a.- La Playa de El Inglés recibe aportes sedimentarios significativos a través de otras, situadas a su Norte. En este transporte, son decisivas las corrientes longitudinales próximas a la orilla, dependientes del oleaje de NE.
- b.- Desde la Playa de El Inglés, el viento del NE transporta arena al Campo de dunas de Maspalomas.
- c.- A su vez, el Campo de dunas alimenta a la franja intermareal de la Playa de Maspalomas, durante el subciclo erosivo. Las pérdidas de arena quedan así amortiguadas.

En definitiva, la Playa de El Inglés es la que amortigua la inestabilidad de la de Maspalomas. Como la

hiperestabilidad de la primera se mantiene a lo largo del tiempo, se deduce que esta playa, sin que se vean afectadas sus propias reservas sedimentarias, puede soportar, actualmente, el mantenimiento del campo de dunas, así como el coste de las pérdidas debidas a la inestabilidad de la Playa de Maspalomas.

- d.- Corrientes de deriva transportan parte de la arena de la erosión de la Playa de Maspalomas a la Punta de la Bajeta.
- e.- En este último sector de playa, se forman anualmente flechas, a costa de los aportes procedentes de la erosión de la Playa de Maspalomas. Las flechas se destruyen, parcialmente, y se colmatan sus lagoos, con los aportes procedentes de la Playa de El Inglés, en coincidencia con el subciclo erosivo de este último sector sedimentario.
- f.- El cañón submarino, que se encuentra también a la altura de la Punta de la Bajeta, actúa como sumidero sedimentario, tanto de los aportes que llegan directamente desde la Playa de El Inglés, como de los procedentes de la Playa de Maspalomas. Así, se cierra el flujo sedimentario.
- g.- Además, el cañón submarino condiciona la morfología de las flechas anuales.
- h.- El esquema se completa con transportes transversales de arena, entre el estrán y las playas sumergidas, como respuestas a los comportamientos disipativos de estos ambientes.

PALEO - MORFODINAMICA

Dentro de esta provincia morfodinámica, interesa conocer cómo fue la evolución del depósito sedimentario en el pasado (el modelo de los cambios posicionales de la orilla), en relación con la regresión significativa más importante del Cuaternario. Ante una situación inversa (transgresión marina), la orilla desharía los pasos diseñados en el modelo identificado.

Según el documento de la CZMS (1990), Dennis et al (1991) y Hernández Ruíz (1991 y 1992), entre otros autores, se puede admitir que se está en un periodo de transgresión, de forma generalizada, a causa de movimientos eustáticos.

En el entorno de Canarias, la evolución del nivel del mar estaría, además, condicionada por movimientos epirogénicos - tectónicos. En el caso concreto del litoral de Morro Besudo - Faro de Maspalomas, y para esta evolución, podría jugar un papel importante la interferencia de los aportes de áridos por el Barranco de Fataga. Las presas retienen gran parte de un posible aporte potencial de sedimentos hacia el litoral y, ante la disminución de lo que daría lugar al soporte físico sólido de la orilla, se favorece la penetración del mar.

Si se acepta esta tendencia transgresiva local, y si se verifica con adecuadas observaciones, se estaría ante un tipo de problema de especial interés, en relación con la planificación y gestión de este territorio.

Se llega a la paleo - evolución de esta orilla mediante un análisis e interpretación de las paleo - barras (figura 6) que, parcialmente, fosilizan el Campo de Dunas de Maspalomas.

En el seno del Campo de Dunas, se cartografían barras de cantos rodados, semi - fosilizadas por los depósitos eólicos de arena. Las formas menores tienen anchuras que pueden rebasar los trece

metros. En afloramientos puntuales, las separaciones, entre éstas, pueden superar los 32 metros. Téngase en cuenta que las barras adoptan disposiciones divergentes. Sus cantos tienen diámetros entorno a unos 75 mm.. Son de naturaleza fonolítica. Presentan una morfoscopia muy redondeada y sub - esférica (parámetros de 0.7 y 0.8, respectivamente, según las escalas de Krumbein y Sloss, 1963).

En relación con procesos de regresiones marinas, el análisis de las disposiciones espaciales de las barras permiten formular la evolución de la orilla, desde una posición inicial, prácticamente coincidente con la posición actual del escarpe delimitante del campo de dunas.

Se pueden suponer dos pautas en la regresión marina, que se suceden en el tiempo.

1. A partir del sector NW del escarpe (figura 6), se desarrollaría un abanico de barras, que aflora en el sector central del campo. El eje de giro se situaría hacia el vértice de confluencia de los escarpes de la llanura de inundación (hacia el NE). El sentido de giro sería el contrario a las agujas del reloj. Las direcciones son todas del NE. Tenderían, cada vez más, a aproximarse a las direcciones comprendidas entre N 30 y N 40 grados. En definitiva, aparecería una paleo-línea de costa, que se alinearía con el escarpe NE. Esto quiere decir que habría, inicialmente, una menor batimetría al NE del escarpe, por los aportes sedimentarios del Barranco de Fataga.
2. El progreso de la regresión marina afectaría ahora al sector relativamente más profundo, situado frente al escarpe NE. Esta regresión determinaría otra disposición en abanico de las barras. El eje de divergencia o giro se encontraría al SW del la zona en cuestión. El sentido de

abertura coincidiría con el de las agujas del reloj. Las direcciones, todas del NE, tenderían, progresivamente, a ajustarse a la dirección E-W. Los últimos depósitos registrados tienen una componente direccional media de N 76 grados. Esta tendencia direccional de la regresión marina, desde el escarpe NE de la llanura aluvial, marcaría, en parte, la configuración de la actual línea de costa de la Playa de Maspalomas.

Este último sector era más profundo, porque no llegaban significativamente los aportes sedimentarios del Barranco de Fataga, el más importante de la zona, debido a la presencia del sumidero, o cañón submarino (figura 3), que se sitúa frente a la Punta de La Bajeta, y que actuaba, y actúa, a modo de barrera física.

Conocido y comprendido el esquema descrito, y ante el comportamiento morfodinámico actual de la playa, en dependencia con las variables oceanológicas y los cambios del nivel del mar en este litoral, se podría diseñar un modelo de predicción de la posición de la orilla, en un momento dado.

Con todo, las predicciones potenciales no se corresponderían con la realidad, por el efecto amortiguador del campo de dunas. Estos campos se comportan como almacenes sedimentarios que intentan frenar el proceso de erosión de una playa arenosa.

POSIBLES APORTES SEDIMENTARIOS DEL BARRANCO DE SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA.

Presumiblemente, en un tiempo muy reciente, el delta del Barranco de Tirajana(figura 1), habría dejado sentir su influencia hasta la orilla de esta provincia morfodinámica, a causa de un transporte marino longitudinal, bastante interno, aguas a bajo.

Estos potenciales aportes desde el Barranco de Tirajana se pueden analizar e interpretar en un doble apartado :

- en lo referente a la aportación de cantos y bloques, y
- en relación con los suministros de arenas y de otros áridos más finos.

Respecto a los cantos y bloques, las inferencias se basan en las siguientes deducciones :

- a.- los cantos y bloques basálticos aparecen muy minoritariamente en las paleo-barras, en las playas levantadas y en los depósitos más septentrionales de la Playa de El Inglés. Los áridos que predominan son los de naturaleza sálica, sobre todo, los fonolíticos.
- b.- Los cantos y bloques basálticos son relativamente recientes, con distintos grados de alteración del olivino. No se descartan procedencias de las series basálticas más antiguas.
- c.- En el límite Norte de la Playa de El Inglés, se pone en contacto un depósito de cantos-bloques con la base del acantilado de la llanura de inundación. Se establece una clara correspondencia entre los cantos y bloques de esta formación sedimentaria y los de la playa.

El escarpe del acantilado, de unos 20 - 25 metros de potencia, muestra materiales de naturaleza diversa, poligénicos, y gran heterometría.

- d.- En el depósito de la llanura de inundación hay, de manera

muy minoritaria, cantos y grandes bloques basálticos. Algunos de ellos ya han caído a la playa y se encuentran trabajados por la acción marina.

- e.- Los cantos y bloques basálticos de la llanura de inundación pueden proceder de la destrucción de antiguos diques y/o isleos (restos de coladas originados por procesos de erosión).
- f.- Estos materiales están bastante redondeados y son significativamente subsféricos.
- g.- La llanura de inundación tiene una dependencia genética con el Barranco de Fataga, como se deduce de la interpretación del mapa geológico. La magnitud de la erosión en su cuenca es compatible con la formación de la llanura.

En un primer análisis, la longitud de la cuenca de procedencia no favorece que los cantos - bloques adquieran las características geométricas de redondeamiento y esfericidad, que tienen en la formación sedimentaria de la llanura de inundación. Los áridos groseros presentan, de forma generalizada, índices morfoscópicos elevados.

En base a las formas de los cantos y bloques, que implican una acción directa de la erosión marina, el ambiente sedimentario de la llanura sería, probablemente, mixto (continental - marino).

Por otra parte, las barreras físicas de los relieves emergidos impiden una relación genética entre esta formación sedimentaria y los materiales evacuados por el

Barranco de Tirajana.

h.- La plataforma insular de esta provincia morfodinámica presenta una pendiente muy suave (0.4 grados). En cambio, en el ámbito correspondiente a la desembocadura del Barranco de Tirajana, alcanza un valor entre 1 y 2 grados.

i.- Por último, el único barranco , aguas arriba, que podría aportar sedimentos a la Provincia , sería el de Tirajana. Este ha evacuado grandes cantidades de terrígenos procedentes de la formación de una caldera de erosión, además de los del labrado de los cauces de los barrancos de su cuenca. La Caldera de erosión de Tirajana tiene unas dimensiones de 5.4 x 7 kilómetros, y una diferencia media de cotas de 680 metros.

Entre los materiales transportados, por el Barranco de Tirajana, se encuentran los de naturaleza basáltica, en proporciones considerables, de acuerdo con la litología de los relieves que atraviesa su red hidrológica.

Con el conjunto de observaciones indicadas se puede explicar la procedencia de los escasos cantos - bloques basálticos, sin recurrir a una procedencia ajena a este entorno geográfico de Morro Besudo - Faro de Maspalomas.

La actual morfología suave de la plataforma insular, que se localiza frente a la desembocadura del Barranco de Tirajana, resultaría del proceso de regularización, por colmatación, de un paleo-relieve presuntamente deprimido (a modo de un macro cañón submarino). Este debió tener una pendiente adecuada para permitir el transporte, mar adentro, de parte del considerable volumen que representa la excavación de la Caldera de erosión de Tirajana.

Mediante prospección sísmica se podría dilucidar la cuestión.

También, por estos aportes, se pudo llegar a la actual suavización de la plataforma insular, más al Sur, que crearan las actuales condiciones óptimas para el desarrollo de la eclosión biológica clímax. Esta permite explicar la contribución importante de carbonatos organógenos en las playas de la provincia morfodinámica de Morro Besudo - Faro de Maspalomas (un 50 %, aproximadamente).

La deposición del resto de los materiales evacuados habrían entrado a formar parte de la morfología emergida, tipo "glacis litoral", que se cartografía en una gran extensión, en las proximidades de la desembocadura del barranco. El glacis litoral tiene una importante continuidad hacia el Norte, con la contribución de otras fuentes de aportes sedimentarios y procesos físicos.

En cuanto a los aportes de arena y de otros áridos más finos, no existen argumentos para descartar suministros desde la desembocadura del Barranco de Tirajana. Hipotéticamente, estos materiales formarían el sustrato sobre el que descansa el campo de dunas actual. En este área, el transporte longitudinal se habría realizado a favor del pasillo que delimitarían la paleo-orilla y la cabecera del cañón submarino.

La verificación se obtendría con el análisis de muestras de sondeos realizados en las depresiones interdunares.

CONCLUSIONES

En la provincia morfodinámica que se estudia :

1.- Se establecen dependencias unidireccionales entre las diferentes playas de la Provincia, según transportes

longitudinales, donde la dominancia se establece en el sentido N - S.

2.- En las relaciones de dependencias de la dinámica litoral, juegan papeles decisivos el Campo de dunas de Maspalomas y el cañón submarino de la Punta de la Bajeta.

3.- El Campo de dunas es el eslabón que engarza a las dos playas más significativas : la de El Inglés y la de Maspalomas. La inestabilidad de la segunda se encuentra amortiguada por los aportes arenosos desde la primera, a través de las dunas. Esta actúan, de forma activa, a modo de despensa.

4.- Mediante el cañón submarino se cierra el flujo sedimentario. Representa la salida de los aportes que llegan a la Playa de El Inglés, por corrientes longitudinales.

El carácter disipativo, que adquiere entidad en las Playas de El Inglés y de Maspalomas, presupone la existencia de transportes transversales entre sus franjas intermareales y las playas sumergidas.

5.- La evolución de la orilla parte del escarpe de la llanura de inundación. La orilla NW giró en sentido antihorario y avanzó hacia el Sur. En cambio, la NE lo hizo en sentido horario y su avance quedó abortado.

Ambos ejes de giro se localizan en el sector de las paleo-posiciones de la singularidad geométrica negativa.

6.- Respecto a los cantos-bloques, las paleo-fuentes de aportes se ubican en los barrancos de la cuenca de Fataga.

En cuanto a las arenas, y más finos, pudieron proceder, en parte,

de la cuenca más significativa localizada aguas arriba : la de Tirajana. En la actualidad, esta aportación queda descartada. Téngase en cuenta que, en las arenas actuales, los carbonatos organógenos representan porcentajes, en peso, en torno al 50 % .

7.- Los materiales evacuados por la cuenca que representa el Barranco de Tirajana, han contribuido a la caracterización morfodinámica de un sector bastante representativo del litoral oriental de la Isla de Gran Canaria : al desarrollo del glacis litoral y, probablemente, a la regulación de la plataforma insular del entorno y, además, a una suavización de la misma hacia el Sur.

BIBIOGRAFIA

C.Z.M.S. 1990. Strategies for adaptation to sea level rise. Intergovernmental Panel On Climate Change. Response Strategies Working Group. November. Ministry of Transport and Public Works. The Hague. The Netherlands. 122 pp.

Dennis, K., Nicholls, R. y Leatherman, S. 1991. Reconnaissance level survey. U.S. Environmental Protection Agency. Coastal Land loss studies in Technical Reports Attachment Case Studies on Vulnerability Analysis Assessments to Sea Level Rise. 15 pp.

Enríquez, F. y Berenguer, J. 1986. Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costas. Monografía M10. CEDEX. Madrid. 40 pp

Hernández, M. 1991. Evolución reciente anual e hiperanual del nivel medio relativo del mar. Estación mareográfica Alicante I (1874- 1987). Boletín Geológico y Minero. Volumen 102 - 6. 905 - 918.

Hernández, M. 1992. Cambios actuales en el nivel medio del mar en la costa mediterranea española y posibles efectos sobre la

dinámica costers. En prensa.

Komar, P. 1988. Composición de playas por la mezcla de arenas de multiples fuentes. Comparación entre modelos de computador y datos de campo de la costa de Oregon. 21 Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas. (Málaga - España, 20 - 25 de julio). Libro de Resúmenes. 564 - 565.

Krumbein, W. , Sloss, L. 1963. Stratigraphy and sedimentation. London Freeman and Company.

Martínez, J. 1986a. Dunas de Maspalomas (Gran Canaria) : Naturaleza petrológica de sus arenas. Anuario de Estudios Atlánticos. 32. 785 - 794.

Martínez, J. , Carpio, P. , Gómez, M. , Hernández, T. y Mena, A. 1986b. Las Dunas de Maspalomas : Geología e impacto del entorno. Excmo. Cabildo de Gran Canaria - Universidad Politécnica de Las Palmas. 151 p.

Martínez, J. 1986c. Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas. Octubre. 767 - 781.

Martínez, J. , Sastre , J. , Alemán, G. , Castro, J. , Martín, A. y Robayna, D. 1987. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arena : Método de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas. Julio - Agosto. 469 - 483.

Martínez J. 1988. Accretion - erosion in de beaches of the Canary Islands (Spain). Coastal Engineering 1988 Proceeding. 3. 2738 - 2752. New York.

Martínez, J. 1990. La Provincia Morfodinámica de Morro Besudo - Faro de Maspalomas (Isla de Gran Canaria, España) : Conocimiento

y comprensión de sus procesos geomorfológicos y sedimentarios para la planificación y gestión de este litoral. 1 Reunión Nacional de Geomorfología (Teruel, 17 - 20 de septiembre). Libro de Comunicaciones. 351 - 363.

Wright, L. and Short, A. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In : Komar, P. (Ed.). C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosion. C.R.C. Pres. 35 - 64. Boca Raton, Fla.

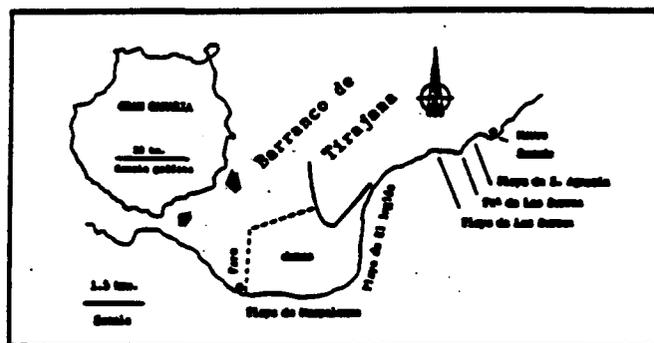


Figura 1

Localización geográfica de la provincia morfodinámica en estudio.

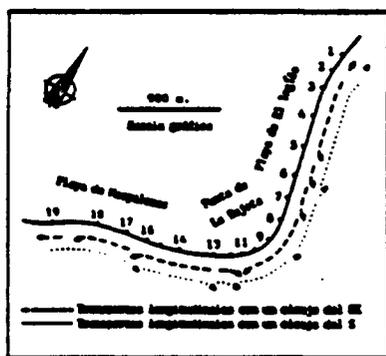


Figura 2

Diagramas de transportes longitudinales intermareales, en las playas en seguimiento

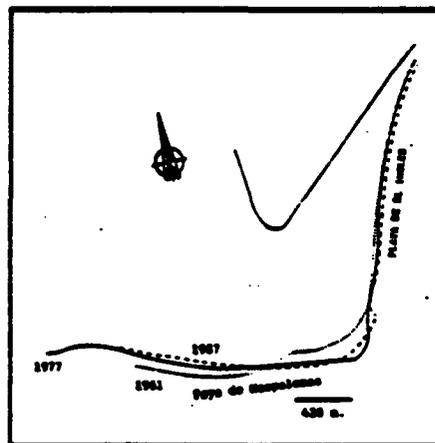


Figura 3

Evolución de la orilla en el entorno del Campo de Dunas de Maspalomas (isla de Gran Canaria).

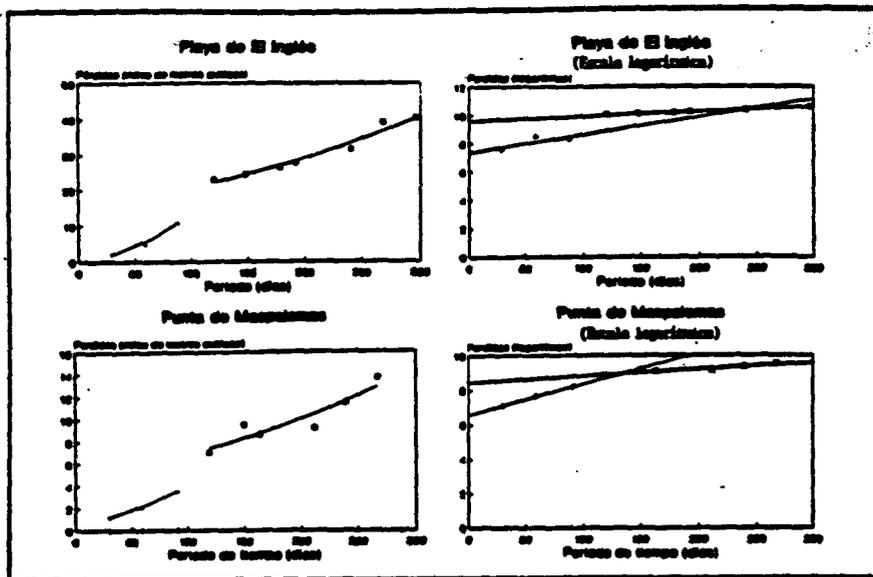


Figura 4

Curvas de los procesos de pérdidas sedimentarias

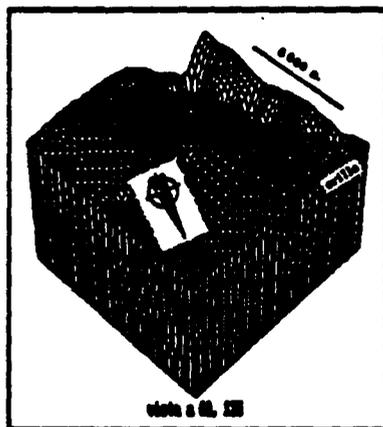


Figura 5

Sumidero de la Punta de La Bajeta (Maspalomas, isla de Gran Canaria).

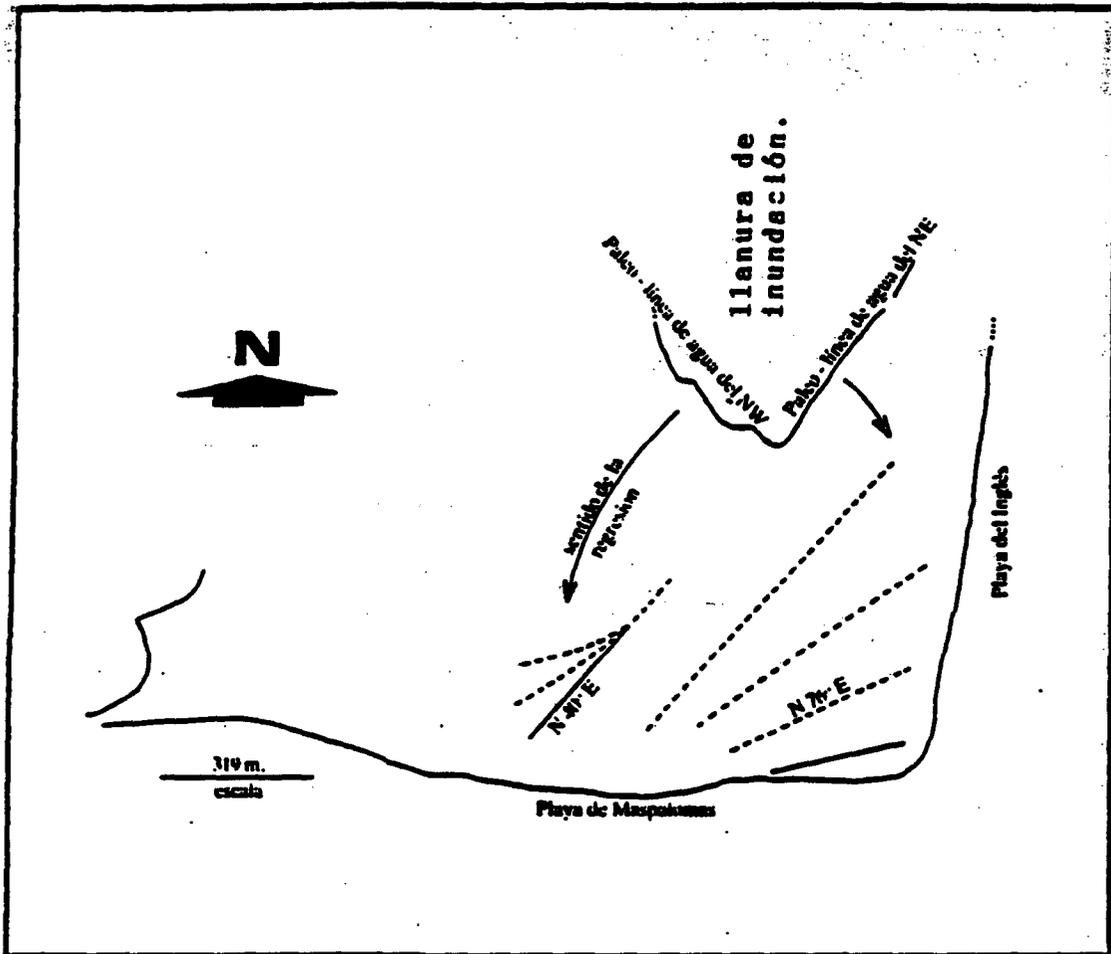


Figura 6

Esquema de evolución deposicional de las paleo barras marinas de Maspalomas.

AEQUA

Asociación Española para el Estudio del Cuaternario

VII REUNION SOBRE EL CUATERNARIO

Santander (Cantabria, España) 1987

ACTAS

CUANTIFICACION E INTERPRETACION DE LOS PROCESOS DE ACRECION - EROSION, EN LA PLAYA ARENOSA DE EL HOMBRE (GRAN CANARIA - ESPAÑA).

Martínez, J., Navarro, T., Roldán, A. y Rosario, M. Del. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Politécnica de Canarias. Apartado 550. Las Palmas.

En la playa en seguimiento, se identifican y cuantifican los procesos cíclicos anuales intermareales de erosión y acreción. Estos procesos:

1. Determinan unos movimientos en la superficie topográfica del estrán.

2. Y se analizan dentro del conjunto de variables, que afectan a los procesos físicos del ambiente sedimentario.

Queda establecida una estrecha dependencia entre la erosión-acreción y los oleajes de las situaciones climáticas, más significativas, en superficie.

El trabajo experimental se realiza en la playa arenosa de El Hombre - (Telde), en el litoral oriental de Gran Canaria (figura 1).

La playa, en caleta, tiene una longitud de 224m. y una anchura media de unos 91m.

Las arenas proceden de basaltos alcalinos recientes y de carbonatos orgánicos.

El estudio se basa en las siguientes observaciones y cálculos, de una campaña anual (1986):

- Levantamiento de perfiles topográficos, con el método de la nivelación geométrica.
- Deducción, clasificación y denominación de los movimientos de las superficies en la playa.
- Cálculo de cubicajes relativos de las arenas, con el método de los trapecios, según Puig Adam (1979). Los cubicajes corresponden a una franja intermareal, previamente delimitada, de 10m. de anchura, y de acuerdo con un nivel convenido de referencia. El contraste de series de cubicajes relativos (incrementos), en relación con el valor más bajo, mide las ganancias o pérdidas reales de arenas.

El cuadro 1 recoge los incrementos de los cubicajes relativos, tanto de los perfiles como de la totalidad de la playa. Estos datos permiten deducir que el periodo de máxima acreción, para la playa globalizada, se sitúa en el invierno, mientras que la erosión más energética tiene lugar en la primavera.

Esta dinámica sedimentaria está muy relacionada con los oleajes:

- del NE (dominante),
- y del S - SE.

Los procesos de erosión comienzan con el alisio (oleaje del NE). Cuando este está reforzado (ligado a temporales), en la primavera, la playa alcanza las máximas pérdidas.

A finales de primavera y durante el verano, continúa el régimen del NE, que hace que la playa no desarrolle significativas acreciones generalizadas. Por el contrario, con una potenciación de este régimen, se llegan a importantes procesos erosivos, con pérdidas casi extremas.

Las acumulaciones sedimentarias netas más importantes se localizan, en consecuencia, a finales de estas situaciones dominantes. Entonces el ambiente está sometido, con frecuencia, a un oleaje del S-SE, normalmente debilitado, aunque también puede estar relacionado con procesos de erosión.

Los temporales otoñales del NW no interfieren en el comportamiento observado, por la localización geográfica de la playa.

La figura 2 muestra los movimientos cualitativos longitudinales, en el estrán de la playa, diseñados a partir de los incrementos de cubicajes relativos.

Los movimientos longitudinales, de acreción a erosión, describen una basculación bipolar, más un desplazamiento vertical. Este conjunto de movimientos, a su vez, está sometido a una basculación monopolar extrema, con el eje de giro en el margen meridional.

La basculación bipolar es coherente:

- Con la identificación de una zona subcentral intermareal, a donde llega, predominantemente, el oleaje más energético, que determina la erosión más significativa, como lo demuestran las observaciones de los balances sedimentarios en los perfiles 2 y 3.
- Y con el diagrama de transporte, por gradientes de sobreelevación, identificado para la playa, que se aproxima, en mucho, al del tipo CO2, según Martínez (1986).

La basculación monopolar extrema se representa con la recta aproximada de regresión (trazos discontinuos en la figura 2), dibujada con los puntos del perfil de erosión. El movimiento se explica:

- Por unos procesos adicionales de erosión, en el margen septentrional (perfil 1), en relación con el resto de la playa.
- Y en dependencia con el "tiempo Sur", a finales de otoño y durante el invierno.

Esta última basculación traduce que la erosión, en este margen, es tan

bién significativa, por la localización del eje de giro en el margen opuesto, aunque no llegue a caracterizar la dinámica de la totalidad de la playa, como ya se discutió.

Los movimientos transversales, en todos los perfiles de la playa, se definen como "en bisagra". La figura 3 ilustra un ejemplo de estos movimientos, concretamente para el perfil 4. Dentro de las evoluciones morfodinámicas de las playas, que describen Wright y Short (1983), estas basculaciones se interpretan, en una primera aproximación, como que la playa se encuentra, predominantemente, entre las etapas intermedias más disipativas. Lo anterior se debe a energías relativamente altas del oleaje durante casi todo el año, que no impiden, sin embargo, procesos cíclicos de acreción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Martínez, J. 1986: Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas, octubre-1986, 767-781.
- Puig Adam, P. 1979: Cálculo Integral, 325 pp. Ed. Gómez Puig. Madrid.
- Wright, L., Short, A. 1983: Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia, pp.35-64 in: Komar, P.D. (Ed). CRC Handbook of Coastal Processes and Erosión, 305 pp. CRC Press, Boca Raton, Fla.

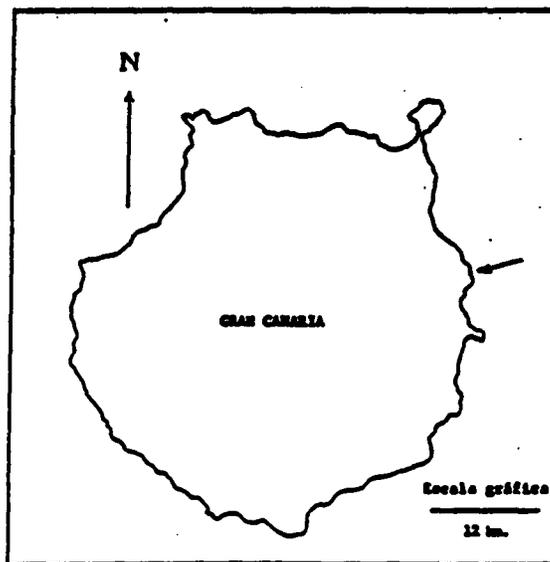


Figura 1

Localización geográfica de la playa en seguimiento.

Fecha	Instrumentos valéticos (m ³)				Totalidad de la playa.
	Perfiles				
	1	2	3	4	
30/12/83	16.81	9.22	12.81	5.17	3285.30
17/1/84	13.81	20.57	13.70	1.56	3545.84
14/2/84	12.04	14.49	0.00	2.21	2893.17
7/3/84	14.39	4.27	9.21	3.20	271.30
30/4/84	7.93	4.21	2.93	0.43	0.00
27/5/84	6.84	3.34	6.93	1.40	2779.44
2/7/84	9.09	7.39	21.00	0.00	3434.31
23/7/84	3.39	0.00	6.57	3.26	2686.84
28/8/84	3.04	3.73	10.09	7.93	2939.49
29/9/84	4.20	4.38	13.38	9.70	3192.79
30/10/84	3.91	7.92	21.44	4.64	3094.48
2/11/84	6.14	12.48	16.49	10.82	3347.16
16/12/84	0.00	7.26	9.87	7.81	3031.60

Cuadro 1

Playa de El Huevo (Toldo, en Gran Canaria). Ganancias y pérdidas de arena, en una franja intercostal de 10 m. de anchura. En los perfiles, "y" (Figura 2) tiene un valor de 10 m.

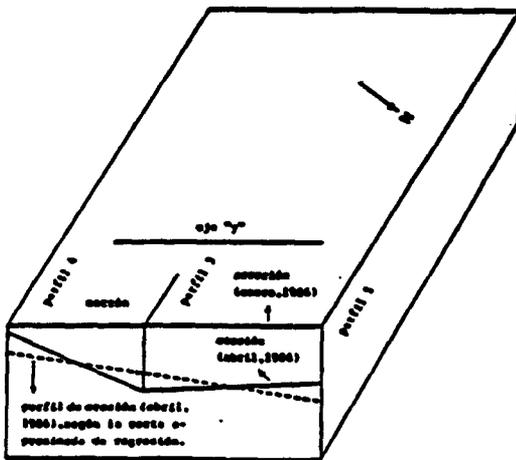


Figura 2

Playa de El Huevo (Toldo, Gran Canaria). Avanzadas longitudinales y regresiones.

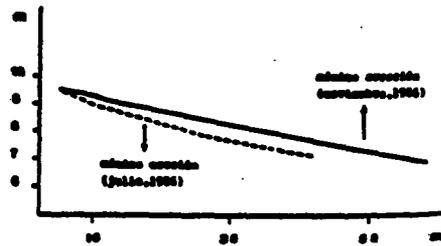


Figura 3

Playa de El Huevo (Toldo, en Gran Canaria). Avanzadas longitudinales en el perfil 4.

**CLASIFICACION CLIMATICA DE LAS PLAYAS DE LA ISLA DE MARGARITA
(ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA), DESDE UNA PERSPECTIVA DE
PLANIFICACION Y MANEJO DEL TERRITORIO LITORAL.**

**Jesús Martínez Martínez
Profesor Titular de Gestión del Litoral**

Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran
Canaria. Campus Universitario de Tafira. Código Postal 35017. Las
Palmas. España.

RESUMEN

Se clasifican, genéticamente, las playas arenosas más importantes
de la Isla de Margarita (Venezuela), de acuerdo con :

- la localización y orientación geográfica de las mismas,
- y el clima marítimo, al que se encuentran sometidas.

La clasificación climática desarrollada explica,
satisfactoriamente, los procesos de ganancias y pérdidas de
áridos, dentro de franjas intermareales, en ciclos sedimentarios
cortos.

Estos procesos sedimentarios se evalúan desde una perspectiva de
ordenación, planificación y gestión del territorio litoral.

INTRODUCCION

Las playas arenosas significativas de la Isla de Margarita se

localizan preferentemente en la cornisa Norte. De Oeste a Este destacan, entre otras :

- Playa de La Restinga, con una longitud de unos 24 km.,
- Playa Caribe,
- Playa Puerto Cruz - Puerto Viejo,
- Playa Guayacán,
- Playa Manzanillo.

Pero también las hay muy importantes al Noreste. En este grupo, las más representativa son :

- Playa El Agua, y
- Playa de Guacuco.

Como ejemplo de playa del NE intervenida está la de El Tirano.

En relación con el Litoral Sureste, podrían ser representativas las playas :

- de Decamerón, en Polamar,
- y de Bella Vista, también en Polamar.

En el litoral Sur, en el extremo SW de la Península de Macanao, se encuentra, entre otras, la Playa de Punta Arenas.

Todas estas playas se localizan en la figura 1.

***** *****

Por otra parte, la probabilidad de presentación del oleaje

estadístico (clima marítimo), en el entorno de la Isla de Margarita, se ajusta al siguiente esquema, dentro de una estimación tentativa :

1. Oleajes dominantes del NE. Tiene lugar durante la Primavera - Verano. Coinciden con brisas, también del NE - ENE (alisios).

El cuadro 1 y la figura 2 analizan, en el tiempo, la distribución de las velocidades de estos vientos, a partir de una serie temporal de 15 años (desde 1975 hasta 1989), registrada en la Estación Meteorológica de Punta Piedras, en la Isla de Margarita. Tales vientos caracterizarían el oleaje Sea, que afecta a una gran parte del litoral insular.

2. Situaciones de oleaje del NW , con tendencias a temporales. Se identifican con huracanes tropicales, reales o potenciales, abortados en su recorrido hacia el NW. Sirva de ejemplo el Huracan Andrés (agosto de 1992), que se debilitó a temporal, a la altura de Lousiana, en los Estados Unidos de América. Se deben a depresiones regionales, por convergencia de células circulatorias atmosféricas. Determinan el choque de un oleaje frío del Norte y otro más calido del Sur. El desplazamiento del oleaje frío, desde latitudes más altas, tiene su causa en la presencia del Alisio, que alcanza, normalmente, su máxima probabilidad de presentación durante el verano y el otoño. Este periodo coincide con el de lluvias, en Venezuela. Los temporales más frecuentes se sitúan entre los meses de agosto y octubre.

3. Perturbaciones extra - tropicales. Proceden de las

anteriores depresiones barométricas, cuando evolucionan a auténticos huracanes tropicales, y siempre que estos puedan ascender, notablemente, a latitudes más septentrionales, ante el debilitamiento del Anticiclón del Alisio. Tales huracanes determinan oleajes descendientes del NW. Obviamente, estas situaciones se solapan con las anteriores. Sin embargo, suelen aparecer entre octubre y noviembre, sin descartar que se adelanten en el tiempo.

4. Oleaje de bonanza generalizada. La "bonanza" se define en términos relativos, conforme con las diferentes localizaciones geográficas y orientaciones del litoral insular. Aparece cuando concluyen los efectos oceanológicos intrínsecos y colaterales del Alisio: oleaje directo del NE y por temporales - huracanes del NW. Esto es, durante el invierno.

CLASIFICACION CLIMATICA DE LAS PLAYAS

La localización geográfica y la orientación de las playas inventariadas, interpretadas según el clima marítimo descrito, permite desarrollar un modelo físico :

- cualitativo,
- a delimitar estadísticamente en el tiempo,
- y a cuantificar,

en cuanto a los procesos de ganancias y pérdidas de áridos, en los ambientes sedimentarios en cuestión. Este modelo hace que las playas se agrupen en las siguientes tipologías :

- a). PLAYAS OCEANICAS.

Se localizan al NE de la Isla. Están abiertas al oleaje Swell del NE dominante. La erosión transcurre con el oleaje del Alisio (del NE). La acreción coincidiría probabilísticamente con la sustitución del oleaje del NE:

- por los temporales del NW , y
- por las perturbaciones extra - tropicales,

situaciones de las que se encuentran resguardadas.

En consecuencia, las pérdidas sedimentarias ocurrirían desde marzo a agosto, dentro de unos límites amplios, y las ganancias en el resto del año. Se tratarían de playas mono - climáticas.

b). PLAYAS SEMI - OCEANICAS.

Se localizan en la cornisa Norte. Están abiertas a los oleajes del NW :

- tanto de los temporales relacionados con huracanes potenciales o abortados,
- como de las perturbaciones extra - tropicales.

Pero en ellas, se dejan sentir, además, aunque algo atenuado, el oleaje del NE. La acreción se sitúa en el intervalo de tiempo correspondiente entre la ausencia del oleaje del NW y la aparición del oleaje NE del Alisio (en torno al invierno - primavera). En relación con los procesos de erosión, las playas serían poli - climáticas.

c). PLAYAS CARIBEÑAS.

Geográficamente, se encuentran al Sur de la Isla. Están resguardadas del oleaje :

- tanto del dominante del NE (del Alisio),
- como del NW.

Presentan una dinámica sedimentaria atenuada, alrededor de unos estadios morfodinámicos poco cambiantes. Suelen tener rasgos topográficos y formas sedimentarias menores, que permiten intuir la situación reflectiva.

d). PLAYAS SEMI - CARIBEÑAS.

Se ubican al SE de la Isla. Están relativamente abiertas al oleaje del NE , pero resguardadas del oleaje del NW , procedente de temporales y/o perturbaciones extra - tropicales. Esto determina que la erosión coincida con el periodo del Alisio (de marzo a agosto), y la acreción con el decaimiento del mismo. Definen playas mono - climáticas.

De lo anterior, se deduce que las playas oceánicas son aquellas donde el oleaje del NE incide directamente. Están resguardadas del oleaje del NW. En las semi - oceánicas, El primero de estos oleajes está algo mermado, pero sin perder una incidencia significativa. Este se sustituye, a lo largo del tiempo, por oleajes del NW.

Las playas caribeñas se encuentran totalmente resguardadas de los oleajes del NE y del NW. En las semi - caribeñas, sólo llega el oleaje del NE , pero muy reflectado.

Respecto a la planificación y manejo de todas estas playas,

interesa delimitar las provincias morfodinámicas del litoral insular, en el sentido de " conjunto de playas relacionadas unidireccionalmente, de forma tal que la intervención en una de ellas, aguas arriba, determina perturbaciones sedimentarias en las restantes, situadas aguas abajo ".

Dentro de los periodos erosivos :

1. En las playas oceánicas, las aguas abajo tienen un sentido de NW a SE , en dependencia con un oleaje incidente del NE.
2. En las playas semi - oceánicas, las aguas abajo pueden adquirir un doble sentido :
 - de NE a SW , para el oleaje del Alisio, y
 - de SW a NE , para el del NW.
3. En las playas caribeñas, en principio, el sentido de las aguas abajo es de E a W , para un oleaje del NE muy reflectado.
4. Y en las playas semi - caribeñas, se admite el sentido de NE a SW , para un oleaje del Alisio.

El cuadro 2 resume las características de los 4 grupos propuestos de playas.

CARACTERIZACION MORFODINAMICAS DE LAS PLAYAS OBSERVADAS

A partir de las campañas llevadas a cabo entre el 2 y 8 de agosto, y el 2 y 14 de noviembre, de 1992, se hace una suscita

descripción y discusión morfodinámica de las playas inventariadas. Aquí se incluyen intervenciones antrópicas, posibles y ya realizadas, que probablemente determinarán, o determinan, alteraciones en el comportamiento sedimentario de las mismas.

1. PLAYA DE LA RESTINGA.

Corresponde a una barra arenosa emergida (figura 1). Se descarta que la Playa se halla formado por el desarrollo de una flecha apoyada.

Se clasifica, geomorfológicamente, como una restinga continua, sin bocanas, cuyos dos extremos se sujetan en el relieve circundante.

La formación sedimentaria separa a una laguna del mar abierto. Esta tiene su bocana en el margen opuesto meridional (figura 1).

La bocana define a un " estrecho geomorfológico ", entre la Península de Macanao y el resto de la Isla de Margarita.

La Restinga :

1. Describe un amplio arco cóncavo (observado desde el mar).
2. Tiene una longitud de 23.5 kilómetros. Su amplitud está entre algo más de 300 metros y algo menos de 100 metros. En las campañas del 3 y 7 de noviembre de 1992, se midieron amplitudes mínimas en torno a los 36 metros.
3. Es, en realidad, la barra más externa y reciente del ambiente sedimentario de la Ensenada de La Guardia. Zarzosa (1974) ha cartografiado, dentro de la Laguna, tres paleo - barras sumergidas (figura 3). El conjunto describe la evolución

posicional de la orilla septentrional, a lo largo del tiempo, en un desplazamiento hacia el Norte.

4. Emergió por descensos del nivel del mar. Tales descensos quizás se identifiquen con movimientos eustáticos negativos, en relación con las glaciaciones del Cuaternario.
5. Determina una playa arenosa :

- Abierta a los oleajes del NW, tanto de los temporales relacionados con huracanes reales o potenciales , como de los determinados por las perturbaciones extra - tropicales.
- Y en la que se deja sentir, además, aunque algo atenuado, el oleaje del NE.

Las dos circunstancias oceanológicas precedentes condicionan las ganancias y pérdidas sedimentarias :

- La acreción tendría lugar en el intervalo de tiempo correspondiente entre la ausencia del oleaje del NW y la aparición del oleaje del NE del Alisio (en torno al invierno - inicio de la primavera).
- Dentro del ciclo sedimentario corto, la erosión ocurriría alrededor del resto del año, pero sobre todo, cuando aparecieran los temporales del NW.

6. En la actualidad, se encuentra sometida :

- Seguramente a una transgresión marina.
- Y a los embates de los temporales ocasionales, normalmente estacionales. Algunos alcanzan características de

inusitados.

La transgresión marina se debería, dentro de una primera hipótesis, a la posibilidad de que el litoral septentrional de la Isla se encuentre afectado por el actual proceso de elevación del nivel medio del mar, a escala terráquea. En principio, la orilla externa estaría en retroceso, o erosión.

La erosión del mar, en el caso de verificarse, estaría determinada por un movimiento eustático positivo local, o regional, en dependencia, muy probablemente, con el periodo interglacial reinante.

En algunos puntos de la cara externa de la barra, se observa un lecho limo - arcilloso, que quizás pertenezca al depósito lagunar. El afloramiento se explicaría por la inestabilidad sedimentaria de la barra, y sería un argumento a favor del retroceso de la orilla.

Además, temporales inusitados podrían, puntualmente, destruir La Restinga, y , desde estas zonas de debilidad, progresaría lateralmente la degradación de la Playa. Esta dinámica traería consigo la aparición de bocanas (inlets), en el margen septentrional de la laguna, que dejaría de existir como tal. Así, potencialmente, la Isla de Margarita quedaría dividida en dos.

La regresión de la orilla, con sus implicaciones en la división insular, se podría predecir :

- mediante el análisis de la evolución local del nivel medio del mar,
- y con el seguimiento de la morfodinámica, en el depósito sedimentario.

7. Presenta formas menores (estructuras sedimentarias), tales como :

- cusps, y
- canales de rebose.

Los cusps se desarrollan en la cara externa de la barra, donde se describe un perfil transversal arenoso y/o conchífero, de pendiente reflectiva. Las amplitudes de las formas no suelen rebasar los 20 metros.

Se identifican :

- cusps activos, y
- cusps "inactivos", en un segundo nivel altimétrico.

Estos últimos son las huellas de otras situaciones oceanológicas, más energéticas.

Los canales de rebose de agua tienen amplitudes de hasta 10 metros. Se forman con oleajes relativamente energéticos. El agua atraviesa la totalidad de la barra, desde la orilla septentrional. Se inician en las cabeceras de los cusps.

Con los temporales, algunos de estos canales pueden evolucionar a inlets transitorios. Estos, a su vez :

- Se pueden soldar (colmatarse), si hay una posterior importante deposición sedimentaria, cosa que ha ocurrido hasta hora.

- O ampliarse progresivamente, ante situaciones de oleajes energéticos "habituales", si concurren deposiciones sedimentarias deficitarias.

8. Y encierra una serie de crestas longitudinales paralelas.

Las crestas de la barra se forman de acuerdo con los procesos que describe la figura 4. En definitiva, se deben :

- a un transporte longitudinal de arenas, muy próximo a la orilla,
- a una deposición sedimentaria del transporte longitudinal, que determina acreciones intermareales, yuxtapuestas al depósito existente,
- y a unas condiciones oceanológicas dominantes, que permiten que las nuevas deposiciones mantengan, significativamente, las características reflectivas, dentro de un comportamiento morfodinámico. Con ello, prácticamente se bloquea el transporte transversal, mar adentro, de las arenas depositadas.

Por otra parte, en playas donde un oleaje dominante sufre un proceso diferencial de refracción, esto es, cuando se desarrolla un gradiente de sobre-elevación del agua del mar sobre el estrán, Martínez (1987) deduce que los valores porcentuales de los contenidos en carbonatos, en muestras de arenas globales, decrecen en el sentido del transporte longitudinal, dentro del dominio intermareal, sentido en el que decae, progresivamente, la energía de la corriente. Como Zarzosa (1974) determina que la riqueza en carbonatos de las arenas intertidales de la barra disminuye de Este a Oeste, sentido hacia donde decrece el gradiente de sobre-elevación, el transporte longitudinal también tiene, obviamente, esa dirección de avance. Esto queda ratificado por la

localización generalizada de una mayor erosión, en los brazos occidentales de los cusps (observaciones de la campaña del 3 de noviembre de 1992).

Por lo general, la capacidad de carga sedimentaria y, con ello, de deposición, disminuye en el sentido de avance del transporte, si en este hay una caída de la energía. Esto determinaría que las crestas estuvieran, cada vez, más apretadas hacia el Oeste. Las observaciones de fotografías aéreas identifican esta tendencia y así se verifica lo expuesto. Pero además, aquí estaría la causa de que el conjunto de las barras de la Laguna tiendan, a su vez, a converger en el extremo occidental del ambiente sedimentario (figura 3).

También se observa que el sector más oriental de la barra está constituido por gravas (un conchero), mientras que hacia el W, el depósito está formado, básicamente, por arenas. De esta manera:

- Se llega a la conclusión de que la energía promediada del oleaje incidente dominante, del NE, decae de E a W, como ya se había apuntado. En esta caída, debe jugar un papel importante el consumo energético en el proceso de refracción de la olas.
- Y se explica la pérdida de capacidad de transporte sedimentario, en el sentido indicado.

En el sector más energético de la barra se ubica, precisamente, el núcleo urbano de La Guardia. Luego, en una primera aproximación, sería lógico la construcción de obras marítimas, en relación con :

- un refugio pesquero, y
- la defensa de la orilla, del tramo urbano, frente a los

temporales.

Estas intervenciones, en una primera fase, tuvieron lugar entre 1984 y 1991.

Pero por todo lo anteriormente desarrollado, se podría, con estas obras, y casi con seguridad, interferir el transporte hacia el W de la barra. Gran parte de los aportes de áridos proceden del acantilado deleznable de Taguantal - La Pachara, en las proximidades, pero al W, de La Guardia.

Si la barra está sometida a un proceso de regresión, por un ascenso local, o regional, del nivel medio del mar, la interferencia en el transporte longitudinal de arena, desde su cabecera, acentuará el proceso de retroceso de la orilla, a lo largo de toda la Playa. La deposición sedimentaria intermareal yuxtaposicional no existiría, o quedaría muy reducida, y no podría desacelerar la regresión de la barra.

Esto permite formular que unas obras marítimas puntuales, en La Guardia, tendría su área de influencia en la totalidad de la barra de La Restinga.

En relación con una planificación y manejo de este escenario geográfico, tendente a la conservación y protección del litoral, y de acuerdo con la filosofía de procedimiento de Enriquez y Berenguer (1986), se establecen fácilmente las correspondencias entre :

- pasos a seguir, y
- procesos oceanológicos, sedimentarios y morfodinámicos propios de este ambiente.

Estas correspondencias se sintetizan de la siguiente manera :

a). La detección del problema se centra en los siguientes aspectos :

1. Retroceso de la orilla externa de la Playa.
2. Potencial destrucción sectorial de la restinga, y, desde aquí, erosión lateral de la formación sedimentaria.
3. Como consecuencia de lo anterior, desaparición del ecosistema lagunar o, al menos, una perturbación importante de éste, a corto o medio plazo. En la Laguna, se desarrollaría una circulación del agua, impuesta :

- por la bocana meridional inicial,
- y por otras, labradas por la erosión, cada vez más amplias, del límite septentrional.

Esta circulación sería la que determinaría que se perdiese el carácter de laguna, en el ambiente en cuestión.

b). La definición del Problema conllevaría :

1. A identificar y describir :

- El proceso regresivo de la orilla externa de la Playa.
- La probabilidad de formación de bocanas septentrionales.
- Y el avance de las probables erosiones laterales, a partir de las bocanas

potenciales, que representarán zonas de debilidad sedimentaria.

2. Y a determinar las causas de estos procesos :

- El presumible movimiento eustático positivo local o regional, sin descartar movimientos epirogénicos.
- La energía del oleaje de los temporales.
- Y las actuaciones antrópicas, en su provincia morfodinámica.

c). La asunción del problema se infiere ante la posibilidad, próxima en el tiempo, de que :

1. Se destruya un paraje :

- de alta cualificación paisajística,
- de uso y disfrute de los lugareños,
- y de enormes reservas turísticas.

2. Y se perturbe, o desaparezca, un ecosistema lagunar, de interés biológico, que da entidad a una parte importante de la Isla.

d). Y para la toma de decisiones concretas, respecto a la protección física del depósito sedimentario de la Playa de la Restinga, que incidirá, a su vez, en la preservación del ecosistema lagunar, en su aspecto de biocenosis, se requerirá conocer y comprender las siguientes circunstancias, muchas de estas ya abordadas en los epígrafes precedentes :

1. Identificación y descripción de las tendencias

morfodinámicas de la Playa.

2. Cuantificación de las pautas a las que se ajusta el actual movimiento eustático positivo local, o regional.
3. Análisis de la estabilidad tectónica del litoral.
4. Predicción de la evolución, en el espacio y en el tiempo, de la orilla externa de la Playa, en función :
 - de los movimientos eustáticos, y/o epirogénicos,
 - y del comportamiento morfodinámico del depósito sedimentario.
5. Caracterización de los temporales inusitados, que podrían destruir, sectorialmente, la Restinga.
6. Probabilidad de presentación de los temporales inusitados caracterizados.

Desde la parte más alta del Parque de El Copey, en La Sierra, se obtiene una muy buena panorámica de este ambiente. Las observaciones se complementan con estas otras :

- Laguna de Las Maritas.
- Isla de Coche, con su playa más significativa, de arenas rubias, en el extremo NW. La Playa se ajusta a un depósito hiper - estable, como se deduce de la presencia de un extenso campo contorneante de dunas litorales (reserva sedimentaria), y desarrolla una flecha, en relación con una singularidad geométrica negativa.

2. PLAYA CARIBE.

Corresponde a un depósito " G g G", co una cuasi singularidad dinámica (farallón - paredón natural), a la altura de la singularidad " g ".

El depósito de arena, durante la campaña de agosto de 1992, se encontraba en una situación reflectiva.

Su playa seca se continúa en un campo de dunas, que empieza a ser intervenido urbanísticamente. Esto último implicará que la Playa pierda parte de su " despensa sedimentaria", con lo que se produciría, potencialmente, importantes degradaciones, frente a temporales inusitados.

Por otro lado, la zona es un habitat de abundantes pelícanos, lo que le da un cierto exotismo a este territorio.

3. PUERTO CRUZ - PUERTO VIEJO.

El territorio define un ambiente " G G G G " , con una deriva importante hacia el SW. , en dependencia con un oleaje regional del NE. De esta manera, se crea una berma resaltante, de potencia métrica, en las proximidades del límite NE del complejo sedimentario playero. El transporte decae hacia el SW.

Las playas encajadas enmarcan, aparentemente, diagramas de transporte del tipo " B O 1 " , de acuerdo con la clasificación de Martínez (1986), tanto para situaciones dominantes del NE. , como reinantes del NW.

En el sector más meridional del conjunto de playas, se desarrollan dunas trepadoras, coherentes con un modelo de transporte "B O 1" y con unos vientos dominantes del NE.

4. PLAYA GUAYACAN.

El depósito está condicionado por las singularidades " G G ".

Durante la campaña de observaciones, se encontraba en situación reflectiva, de acuerdo con la fuerte pendiente topográfica de la franja intermareal. Se apreciaban numerosos cusps apretados : Formas sedimentarias menores, que verifican el caracter reflectivo del depósito.

5. PLAYA MANZANILLO.

Como en el caso anterior, es una playa " G G ". También se encontraba en situación reflectiva. Los cusps apretados estaban muy bien desarrollados.

6. PLAYA EL AGUA.

Lateralmente, el depósito sedimentario intermareal y su playa seca están delimitados por dos promontorios (singularidades geométricas positivas), excesivamente separados. La inadecuada relación, entre penetración y espaciado de los apoyos, explica las irregularidades morfológicas de la orilla, en planta.

El ambiente se encontraba, durante la campaña de observación, en un estadio reflectivo, con cusps.

La playa seca se continúa en un campo de dunas, bloqueado por la construcción de una carretera costera. Pero quizás también intervengan, en este bloqueo :

- el ordenamiento de los kioscos, posiblemente inadecuado,
- y la morfología y tipología edificatoria de estos.

Las intervenciones indicadas implicarían que no se desarrollase, de forma efectiva, una despensa sedimentaria (dunas litorales), que hiciera frente a erosiones extraordinarias, en correspondencia con situaciones oceanológicas inusitadas.

7. ACANTILADO Y PLAYA DE GUACUCO.

El Acantilado de Guacuco se encuentra junto y al NW de la Playa del mismo nombre. Entre estas dos unidades morfodinámicas se establecen estrechas dependencias.

El acantilado :

- Tiene su cota de coronación a unos 20 metros aproximadamente.
- Presenta una práctica verticalidad.
- Está formado por materiales deleznales.
- Y está sometido a un fuerte proceso de retroceso, cualitativamente muy rápido.

El retroceso se patentiza por la presencia de :

- socavones importantes, y
- grietas de distensión, cerca del borde, en el techo del relieve.

El rápido proceso de erosión está condicionado por :

- Unos materiales poco competentes, con una mala cementación. Tienen una fuerte componente arcillosa.
- Y una disposición estructural de los materiales favorables al retroceso. La disposición horizontal del paquete litológico permite un desarrollo intensivo de los

socavones.

Respecto a los procesos de erosión, se pueden estimar :

- El límite de penetración, en base a cálculos, que tengan presente la cuña de erosión de Suárez Bores (1980).
- Y la velocidad de este retroceso, a partir :
 - del contraste de fotografías aéreas, adecuadamente espaciadas en el tiempo,
 - y de las características litológicas estructurales del relieve.

Los incipientes bad - land, localizados "puntualmente" a lo largo del acantilado, crean zonas de mayor debilidad, lo que explica una planta externa muy recortada.

El acantilado representa, en una buena parte, la fuente de suministros sedimentarios a las playas :

- de Guacuco, y
- de las situadas más hacia el Norte : desde la de El Tirano hasta la de El Agua,

según que el oleaje incidente sea :

- el dominante (del NE),
- o el reinante (del SE).

En el segundo supuesto, en dependencia con el oleaje del SE, habría que precisar, previamente, los límites de la provincia morfodinámica circunstancial, que incluyese al acantilado.

El techo del acantilado soporta :

- una ocupación urbanística,
- e infra-estructuras viarias (carreteras).

Esto justificaría, de entrada, la estabilización del acantilado, mediante obras marítimas, por ejemplo, con un muro longitudinal.

Sin embargo, las obras de defensa costera bloquearían una parte de la fuente de aportes de áridos, que reciben las playas limítrofes. Por otro lado, las defensas determinarían :

- reflexiones del oleaje, que impedirían, con mucha frecuencia, que la franja costera sumergida, próxima a la orilla, se comportase como un corredor del transporte de deriva, o que este quedase debilitado.
- y una acentuación de la erosión, al Sur o al Norte de la intervención, según incida, respectivamente, el oleaje dominante o reinante.

Como resultado de lo anterior, habría una caída de las disponibilidades sedimentarias :

- En la Playa de Guacuco, con un oleaje del NE.
- O en las playas septentrionales, con un oleaje del SE.

De esta manera, entraría en destrucción :

- la materia prima de una industria turística,
- o el lugar de esparcimiento de los lugareños.

Y se aceleraría la erosión en los sectores no protegidos del acantilado.

La Playa de Guacuco queda delimitada por un doble apoyo lateral. El meridional lo determina un espigón artificial, que no supera los 40 metros de penetración. Al Sur de esta estructura, retrocede la orilla. Esto demuestra que hay un transporte neto desde el Norte (desde la zona del acantilado). El apoyo septentrional lo constituye un recorte del relieve, seguido por un espigón, que soporta la toma de agua de una potabilizadora. Por su poca envergadura, no interfiere, decisivamente, en el transporte sedimentario hacia la Playa, desde el acantilado.

El ambiente alcanza una longitud de unos 2000 metros y una amplitud que rebasa los 20 - 30 metros. En la campaña del 4 - 11 - 1992, el estrán tenía un pendiente próxima a un 8 %. Se observaban cusps, con amplitudes de unos 18 metros

8. PLAYA PUNTA ARENA.

Se trata de una playa mixta - múltiple, según la simbología "GgG".

Durante la campaña de observación, el depósito de áridos traducía un estadio reflectivo, con cusps apretados.

La singularidad geométrica negativa permite el desarrollo de una hemi - flecha (flecha sumergida), hacia el SE , ya en el ámbito de playa meridional. Por las soldaduras de posibles hemi - flechas yuxtapuestas, el sector convexo emergido de la Playa habría avanzado y avanza hacia el mar adentro. Este crecimiento del depósito se intuye con la observación del límite externo de la formación florística de la playa seca. La verificación de esta evolución de la orilla se obtendría mediante el contraste de fotografías aéreas, debidamente distanciadas en el tiempo.

La planificación y manejo de esta Playa tan peculiar, de alta

calidad natural, para el uso - fructo de la misma por parte del hombre, se debería hacer de forma tal que :

- a). No se altere sus procesos físicos.
- b). Ni se pusiera en peligro la flora y fauna, posiblemente de gran interés, que soporta el sector seco y su hinterland.

CONCLUSIONES

A partir de la clasificación climática de las playas, de la Isla de Margarita, se obtiene un modelo de cuatro tipologías de ambientes genéricos, con características oceanológicas específicas y comportamientos sedimentológicos diferenciados.

En el entorno geográfico insular :

- se identifican algunas provincias morfodinámicas, o unidades fisiográficas,
- se discuten sus límites y
- se describen e interpretan sus procesos físicos más significativos.

Se obtienen previsiones de como se modificarían los procesos morfodinámicos, en los entornos de La Guardia y de Guacuco, si tuvieran lugar determinadas intervenciones antrópicas, en estos litorales.

BIBLIOGRAFIA

Enriquez, E. y Berenguer, J. M. 1986. Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costas. CEDEX. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid. 40 pp.

Martínez, J. 1987. Playas de Gran Canaria (España) : Los carbonatos de sus arenas. Boletín del Instituto Español de Oceanografía (Madrid). 4 (2). 7 - 14.

Martínez, J. 1986. Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Publicas (Madrid). Número de octubre. 767 - 781.

Suárez Bores, P. 1980. Formas costeras. Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

Zarzosa, J. D. 1974. Características sedimentológicas y geomorfológicas de La Laguna de la Restinga, Isla de Margarita - Venezuela. Cuadernos Azules. Instituto Oceanográfico. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela. 59 pp.

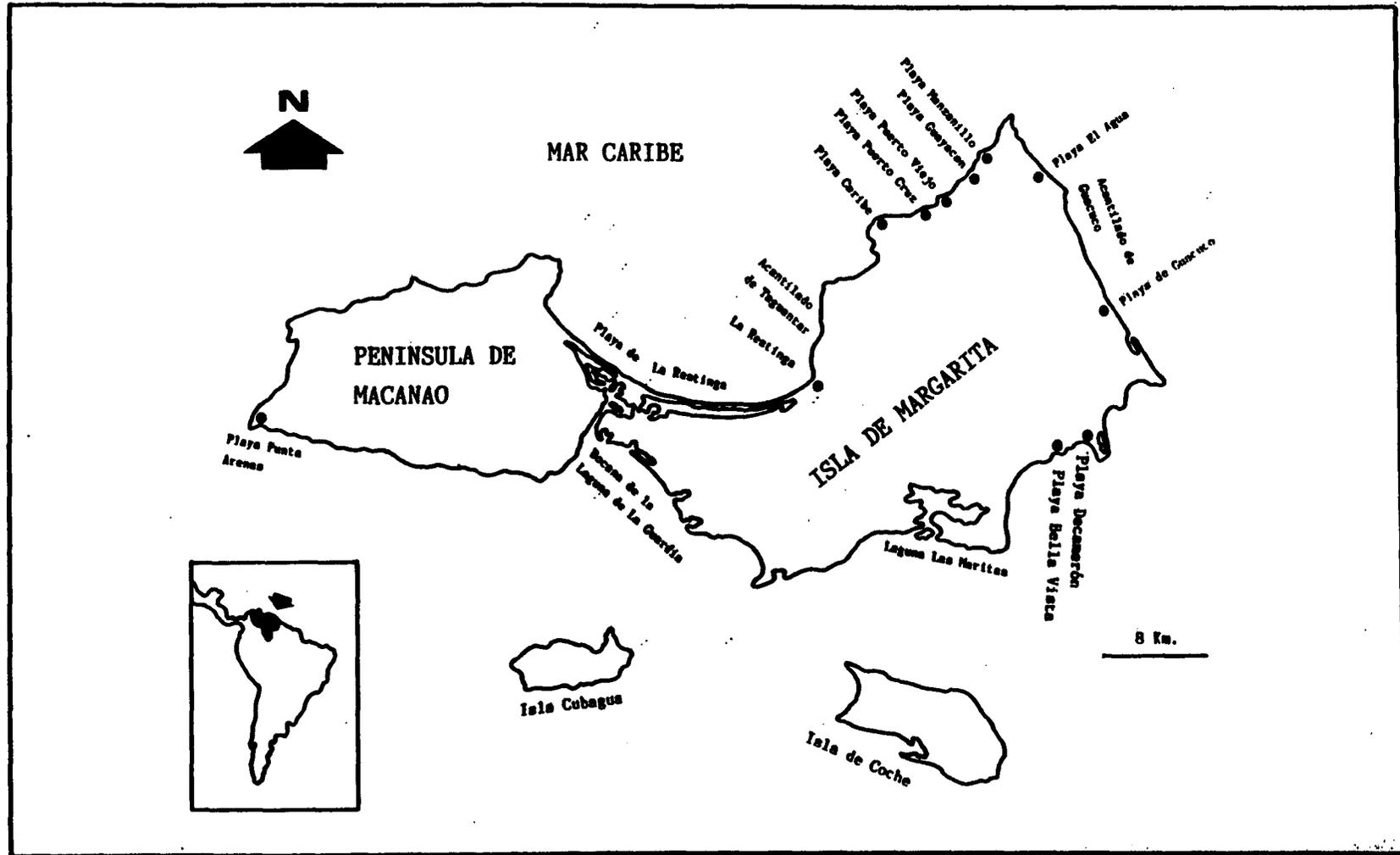


Figura 1

Localización geográfica de las playas arenosas más significativas de la Isla de Margarita (Venezuela).

a	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
b	16.61	16.66	17.06	20.31	20.90	21.61	21.99	20.78	17.42	15.78	15.65	15.49
c	54.58	54.52	52.45	59.02	58.48	58.67	60.53	61.57	53.15	52.95	52.05	51.23

a = meses
b = velocidad media, en km/h.
c = velocidad máxima, en km/h.

Cuadro 1

Análisis del viento dominante, de componente ENE (alisios)
Estación Meteorológica de Punta Piedras, Estado de Nueva Esparta, Venezuela
Periodo de observación : 1975 - 1989

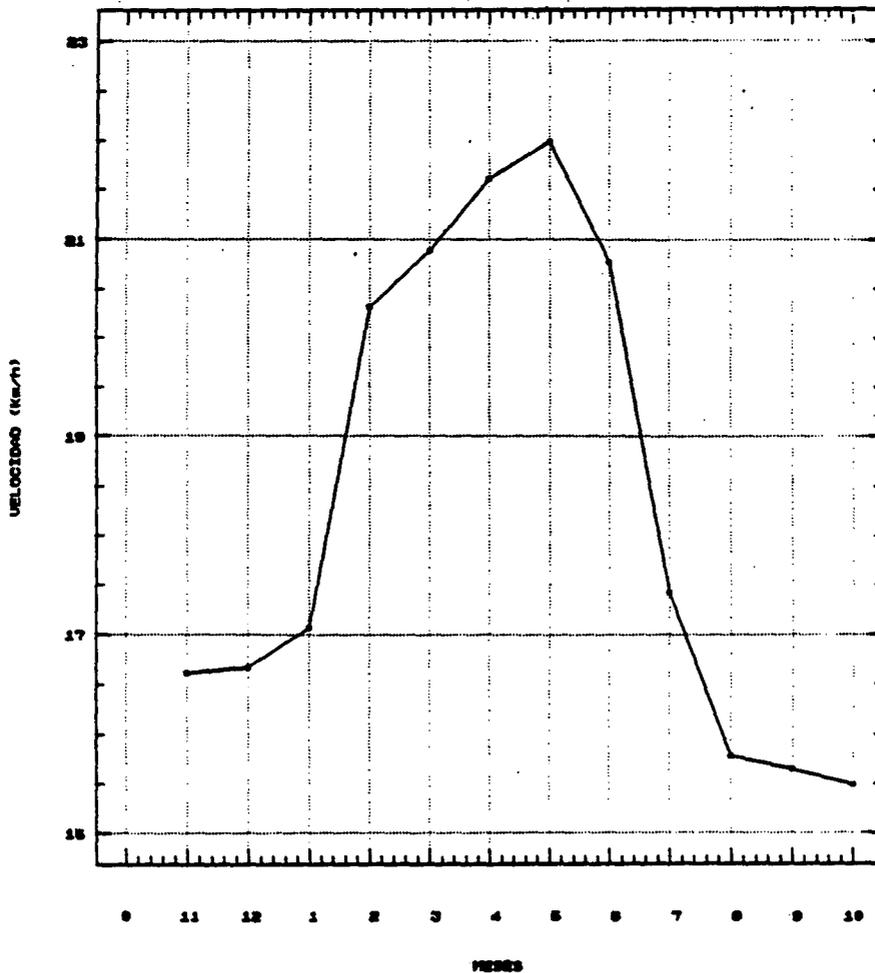


Figura 2
Representación gráfica de las velocidades medias del viento del NE.
Estación Meteorológica de Punta Piedras, Estado de Nueva Esparta, Venezuela.
Periodo de observación : 1975 - 1989.

<u>PLAYAS OCEANICAS</u>	<u>PLAYAS CARIBEÑAS</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Localización geográfica : Litoral NE. 2. Orientación : Abiertas al oleaje dominante del NE y al reinante del SE. 3. Procesos de erosión : Durante el oleaje del NE : Primavera - Verano. 4. Procesos de acreción : Durante el decaimiento del oleaje del NE : Otoño-Invierno. 5. Sentido de aguas abajo : Del NW al SE, para el oleaje del NE. Y del SE al NW, para el oleaje del SE. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Localización geográfica : Sur de la Isla. 2. Orientación : Resguardadas de los oleajes del NE y NW. 3. Procesos de erosión y de acreción : Atenuados, a lo largo de todo el año.
<u>PLAYAS SEMI - OCEANICAS</u>	<u>PLAYAS SEMI - CARIBEÑAS</u>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Localización geográfica : Cornisa Norte. 2. Orientación : Abiertas al oleaje del NW. 3. Procesos de erosión : Durante los oleajes del NW-NE : De Primavera a Otoño. 4. Procesos de acreción : Durante el decaimiento de los oleajes del NW - NE : Invierno - Inicio Primavera 5. Sentido de aguas abajo : Del NE al SW, para el oleaje del NE. Y del SW al NE, para el oleaje del NW. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Localización geográfica : SE de la Isla 2. Orientación : Relativamente abiertas al oleaje del NE. Resguardadas del oleaje NW. 3. Procesos de erosión : Durante el oleaje del NE : Primavera - Verano. 4. Procesos de acreción : Durante el decaimiento del oleaje del NE : Invierno - Inicio Primavera 5. Sentido de aguas abajo : Del NE al SW, para el oleaje del NE.

Cuadro 2

Caracterización de las playas arenosas de la Isla de Margarita (Venezuela).

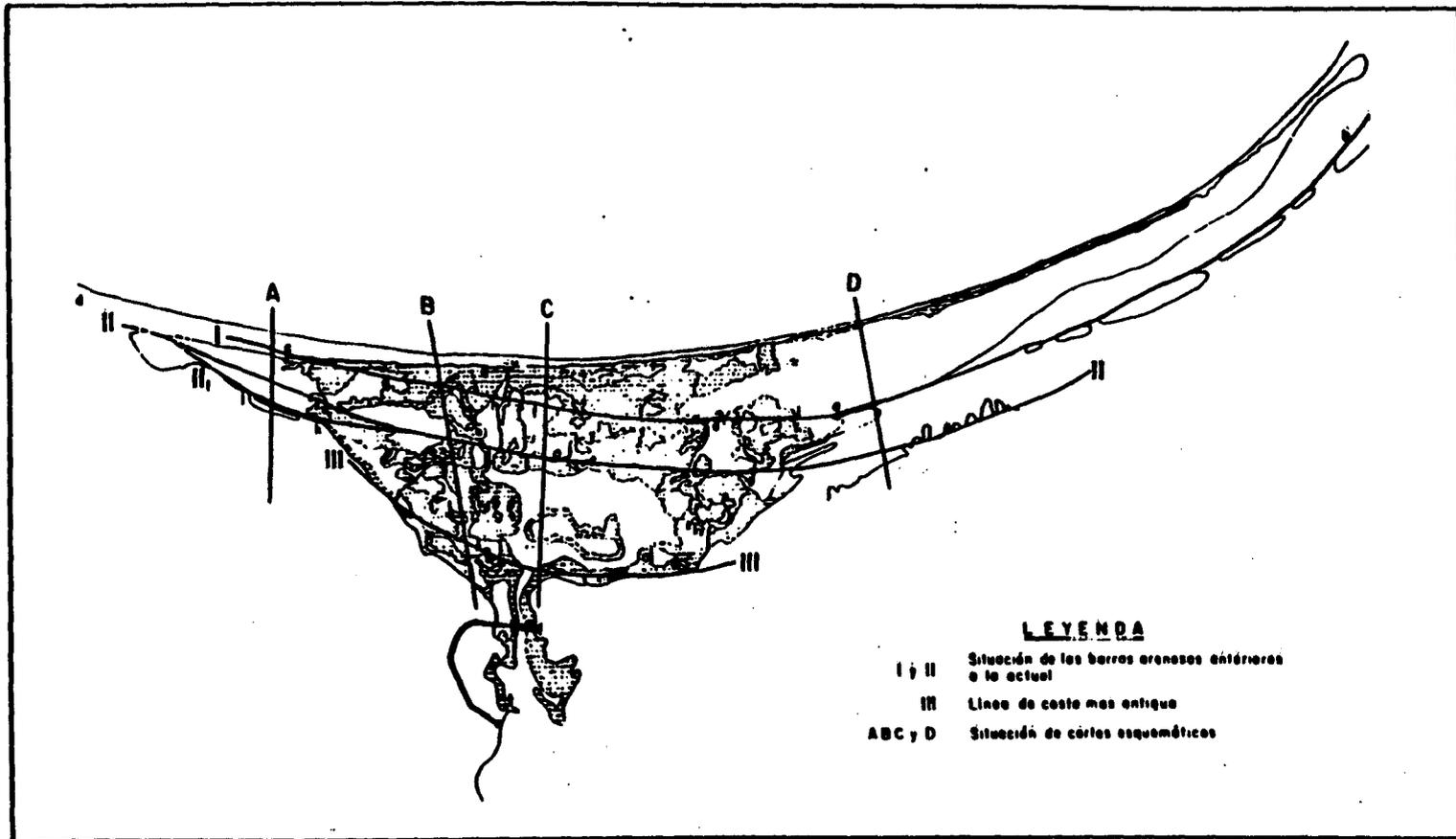


Figura 3

Barras de la Laguna de La Restinga (Isla de Margarita, Venezuela). A partir de Zarzosa, 1974.

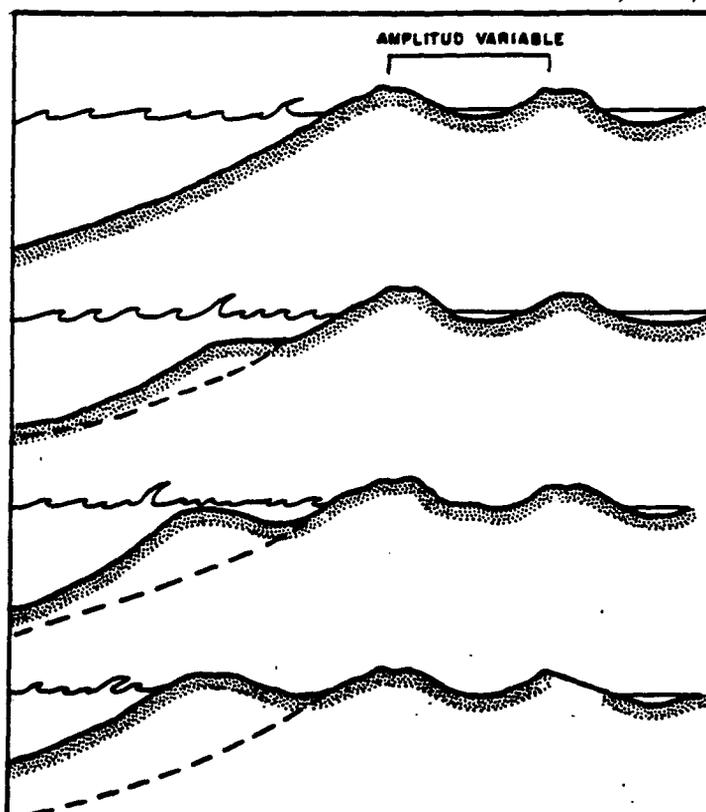


Figura 4

Evolución transversal de la barra más externa de la Laguna de La Restinga, Isla de Margarita (Venezuela).

ISSN 0258-9702



**REVISTA DE
INVESTIGACION DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMA**

DICIEMBRE DE 1992

**PRIMERA APROXIMACION A LA MORFODINAMICA
DE LA PLAYA DE
EL PEÑON
(ESTADO SUCRE, VENEZUELA).**

Gómez J. A.; J. Martínez**; M. Fuentes; J. Andrade******

***Centro de Ciencias del Mar y Limnología,
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas Universidad de Panamá**

****Depto. Geología, Univ. de Las Palmas de Gran Canarias**

*****Depto. Química, Esc. Ciencias Univ. Oriente, Venezuela. O**

******Depto. Biología, Esc. Ciencias Univ. Oriente, Venezuela**

RESUMEN

En el Golfo de Caraico, en el oriente de Venezuela, se describen e interpretan los procesos morfodinámicos de la Playa de El Peñón.

Se identifican tres barras sumergidas y una cuarta, soldada al estran. Ello se debe, a una evolución morfodinámica abortada: la barra soldada determina un carácter reflectivo permanente, en la playa interna.

La presencia de estas barras tiene implicaciones en la estabilidad o más bien, hiperestabilidad del ambiente playero interno, y esto, de por sí, ya reviste interés en el manejo de un litoral.

El conocimiento y comprensión de estos procesos son necesarios para la toma de correctas decisiones en el manejo de los litorales venezolanos.

PALABRAS CLAVES: Morfodinámica de Playas, Sedimentología, Oceanología, Manejo del litoral, Estran.

INTRODUCCION

Desde hace mucho tiempo, el hombre ha venido dejando sus huellas en todos los océanos y estas actividades están afectando todas las riberas marinas y zonas costeras a nivel mundial. La construcción de puertos e instalaciones industriales, el desarrollo de servicio turístico, el crecimiento de asentamientos y el desarrollo urbano producen la pérdida irremediable de los hábitats. Aunque es difícil de cuantificar, es notorio en todo el mundo la creciente erosión litoral, la destrucción de las playas, de los arrecifes de coralinos y zonas pantanosas, incluyendo los manglares. De no controlarse esta situación, se deteriorará la calidad y productividad del medio marino a nivel mundial.

La creciente explotación de las costas es reflejo de la explosión demográfica, el aumento de la urbanización y la mayor afluencia y rapidez del transporte; tendencias que indudablemente continuarán a nivel mundial. Controlar actividades costeras y proteger los hábitats demandará cambios en la ordenación, planificación y manejo tanto en tierra adentro, como en zonas costeras, con opciones políticas y sociales frecuentemente difíciles.

Indudablemente, la franja costera es la más vulnerable y la más castigada de las zonas marinas. Su sensibilidad está directamente vinculada con la diversidad e intensidad de las actividades, por lo que su futuro se encuentra amenazado.

La investigación en el litoral debe ajustarse a modelos de "interdependencias", lo que coincide con el concepto de ecosistema (Inman & Brush, 1973; Enríquez y Berenguer, 1985; Suárez Bores, 1986; Losada, 1986). El conocimiento, comprensión y seguimiento de los procesos físicos en el litoral tienen como estructura conductora, unas clasificaciones de costas, siempre que se mantenga el esquema de erosión, transporte y depósito. Esta estructura encierra, a su vez, dos sub-estructuras básicas, la geomorfología del litoral, a partir de los procesos de erosión y la clasificación genética de las playas en sus dos aspectos, morfológico y

morfodinámico, como respuesta al transporte y depósito de los sedimentos.

La energía del oleaje incidente y las corrientes de deriva son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de los sedimentos costeros (Del Moral, 1980). Las evoluciones de los depósitos representan las respuestas de las fluctuaciones energéticas de esas variables y, el diseño de sus modelos en las playas servirán para comprender los cambios en los depósitos de sedimentos en el litoral (Martínez, 1986). Las consecuencias del desarrollo costero son motivo de gran preocupación, de allí la necesidad de un proceso de investigación para caracterizar y evaluar las presiones directas en la franja litoral, producto de las actividades continentales.

ESCENARIO GEOGRAFICO Y METODOLOGIA

El trabajo fue realizado en la playa El Peñón (Fig. 1) situada en la costa sur-oriental del Golfo de Cariaco a unos 7 Km al Este de Cumaná, Estado Sucre. Está ubicada entre los 64° 02' latitud norte y 10° 26' longitud oeste. Presenta, en general, un sustrato arenoso con ambientes lúticos de diversos grados de exposición al oleaje.

Los vientos alisios en esa zona soplan en dirección noreste con especial intensidad durante los meses de octubre-abril y, el grado de acción mecánica del oleaje es considerable en esa época produciendo corrientes superficiales de relativa intensidad.

Se efectuaron diversas campañas de observaciones en el campo, a lo largo del año 1992. Se describen perfiles transversales, de unos 150 m. Los transeptos se analizaron conforme a los esquemas morfodinámicos (Righth & Short, 1984).

RESULTADOS

La playa presenta una barra soldada, último eslabón de transferencia, desde la playa sumergida. El frente externo de esa barra determina una fuerte pendiente, que fluctúa entre un 8 y 15 %. Además se identifican tres barras de arena, hacia mar adentro, espaciada una de otra con distancia de más o menos 50 m. La última barra dista unos 150 m mar afuera (Fig. 2b). Las

barras alcanzan alturas aproximadas entre 60 y 80 cm (figs. 2 y 3).

La planta de la playa se ajusta a la fórmula genética $G(M)G$, donde G es el apoyo lateral y la M es la singularidad másica positiva (en este caso permite el aporte sedimentario desde una quebrada). No existen depósitos sedimentarios abundantes. Sin embargo, las acumulaciones más acentuadas corresponden a las de la desembocadura del alivadero del río Manzanares cuyo mayor grado de descarga es hacia el Golfo de Cariaco.

Los relieves topográficos inmediatos del frente costero alcanzan entre unos 50 y 200 m de altura. Están formados por cerros con vegetación xerofítica y suelos lateríticos arcillosos, tras un largo replano morfológico, de relativa extensión, que va desde la línea de marea hasta la autopista.

Los procesos de erosión que han afectado las formaciones rocosas que bordean el litoral, han alterado en diferentes formas la calidad paisajística y las tonalidades de los cerros. Se pueden distinguir con facilidad los cerros de cimas redondeadas, de color rojo ladrillo.

DISCUSION

Prioritariamente, con los temporales que aquí son poco energéticos, pasa algo de arena desde el estrán hasta la tercera barra. Este transporte es lo suficientemente pequeño como para que no se pierda el carácter reflectivo de la playa. Durante el período de bonanza retorna la anterior arena transferida más una nueva cantidad de aportes. Esto implicaría que la playa fuese cada vez más hiperestable (con más cantidad de arena). Sin embargo, esto no ocurre. El aparente equilibrio, ante un potencial balance neto sedimentario positivo, se explica si se admite un transporte eólico hacia la tierra desde la franja intermareal, una vez seca la playa durante la baja mar. La cantidad transportada por el viento sería equivalente a la del balance neto positivo. El anterior proceso permitiría desarrollar un potencial campo de dunas o manto eólico tras la playa seca.

Las barras bloqueadas de transferencia implican un disipamiento de la energía, que va a llegar a la playa. De esta manera, contribuyen a mantener el carácter deflexivo del ambiente sedimentario al no desnudarse suficientemente el depósito sedimentario, ante oleajes disipados de

temporales.

El hecho de que la barra 2 sea de mayor envergadura se explica si se admite, que la energía del oleaje tiene en términos relativos más tiempo para transferir arena desde la barra 1 a la 2 que de la 2 a la 3.

El carácter reflectivo permanente de la playa traduce un transporte transversal, hacia mar adentro poco importante (las ondas infragravatorias de las oscilaciones de borde no son significativas). En cambio, los transportes transversales oblicuos hacia la playa y los longitudinales tipo deriva, sí pueden ser significativos por la carga sedimentaria que recibe el Golfo, desde: a) el aliviadero del río Manzanares, b) y los transportes dependientes de las corrientes de fondo desde el mar abierto. Esto implicaría el ya referido balance sedimentario neto positivo en un ciclo sedimentario corto.

El bloqueo del carácter reflectivo de la playa estaría condicionado por un intervalo de mareas deficitario, para que se desarrollen en gran medida, los procesos morfodinámicos. En estos entornos, la pleamar toma valores cercanos a unos 60 cm.

Las barras bloqueadas, en un principio disipan la energía de los oleajes relativamente más energéticos, de componente NW. En segundo lugar, actúan a modo de sustentación múltiple "natural", que estabiliza el perfil transversal. Con ello, los procesos erosivos, más internos quedan muy amortiguados. De esta manera, en cierto modo: a) se asegura la estabilidad sedimentaria, en el subambiente interno intermareal de la playa seca y, b) el depósito de áridos de este subambiente tiende a la hiperestabilidad, como lo demuestra la presencia de dunas litorales y mantos eólicos de arenas, tras la playa seca.

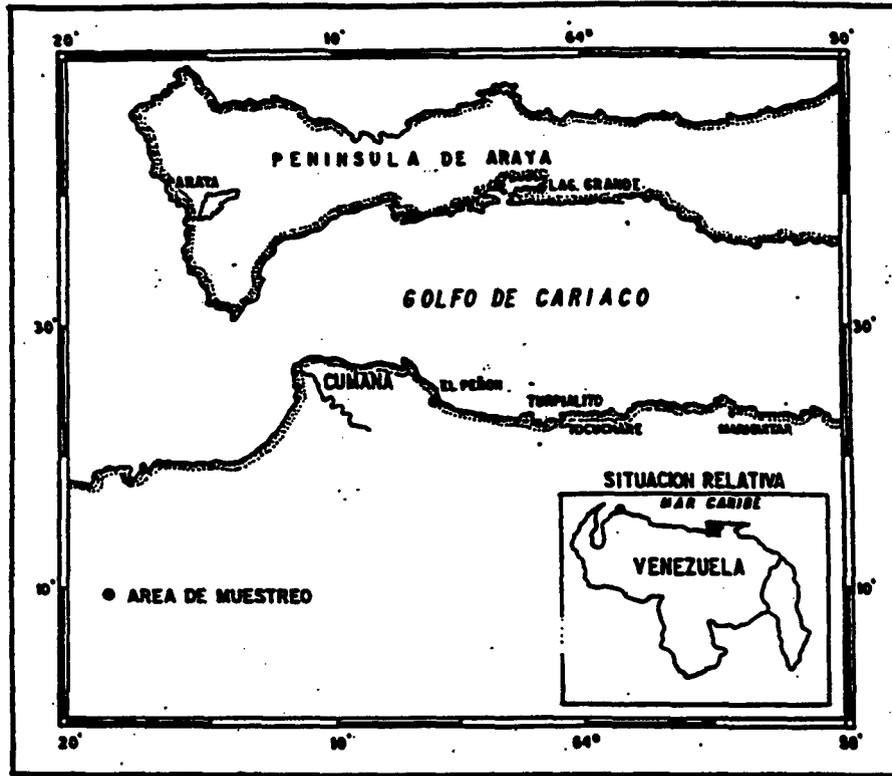


Figura 1.- Mapa representativo de la región Nor-oriental de Venezuela, señalando la ubicación geográfica de la playa de el Peñón, Estado Sucre Venezuela.

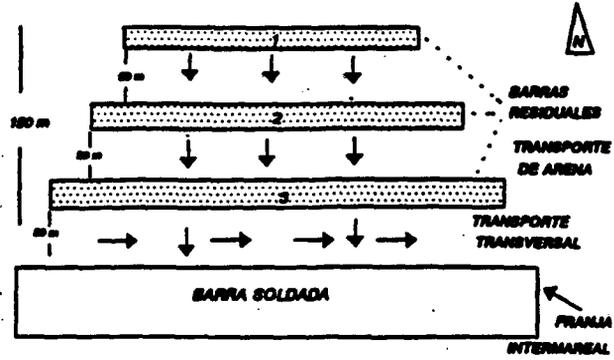


Figura 2.- Planta de la playa El Peñón.

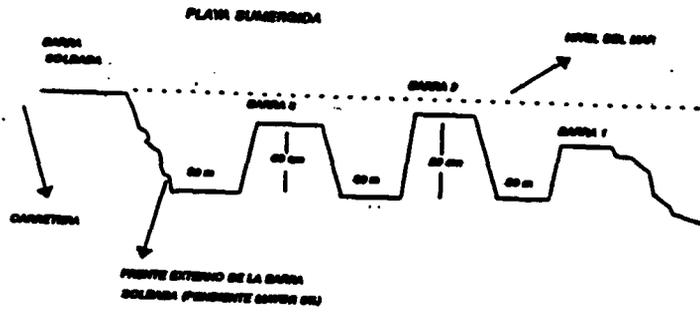


Figura 3.- Corte transversal de la playa El Peñón.

CONCLUSIONES

-Las barras identificadas se encuentran fijas, lo que traduce un bloqueo de los procesos morfodinámicos de reflectiva a disipativa.

-La barra soldada próxima a tierra traduce un carácter reflectivo permanente en la playa interna.

-La presencia de estas barras tiene implicaciones en la estabilidad, o más bien hiperestabilidad, del ambiente playero interno, y esto, de por sí, ya reviste interés en el manejo de un litoral.

LITERATURA CITADA

DEL MORAL, R. & J. M. BERENQUER, 1980. Planificación y explotación de puertos, ingeniería oceanográfica y de costas. M.O.P.U. (Dirección General de Puertos y Costas) y Centro de Estudios y Experimentación de Puertos y Costas "Ramón Iribarren", Madrid. 483 p.

ENRIQUEZ, F. & J. BERENGER, 1985. Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costa. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid. 98 p.

INMAN, D. & B. BRUSH. 1973. "The Coastal Challenge". Science, 181: 20-32.

LOSADA, M. 1986. Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (Univ. de Cantabria). Comunicación Personal. Citado por Jesús Martínez en "Conocimientos, comprensión y seguimiento de los procesos físicos en las playas".

MARTINEZ, J. 1986. "Diagrama de corrientes en playas". Revista de Obras Públicas, 767-781.

WRIGHT, L. D. & A. D. Short. 1984. "Morphodynamic variability of surf zones and zones beaches: A synthesis". Marine Geology 56: 93-118.

SUAREZ BORES, P. 1986. Formas costeras. Servicio de publicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Univ. Politécnica), Madrid. 160 p.

**Sexto Congreso Nacional y
Conferencia Internacional de
Geología Ambiental y
Ordenación del Territorio
Riesgos Naturales, Ordenación del
Territorio y Medio Ambiente**

**6th Spanish Congress and
International Conference on
Environmental Geology and
Land-Use Planning
Natural Hazards, Land-Use Planning
and Environment**

VOLUMEN III

**Editores:
José Chacón Montero,
Clemente Irigaray Fernández**

ENTIDADES PATROCINADORAS

UNESCO

I.U.G.S. (COGEOENVIRONMENT)

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE GEOLOGIA
AMBIENTAL Y ORDENACION DEL TERRITORIO (SEGAOT)

GRUPO ANDALUZ DE RIESGOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE (GARMA)

JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Medio Ambiente

M.O.P.T.M.A.
Dirección General de Evaluación e Información Ambiental

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ENTIDADES COLABORADORAS

MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA *Dirección General de Investigación Científica y Técnica*

JUNTA DE ANDALUCIA *Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo (COPUT)*

AYUNTAMIENTO DE GRANADA

FUNDACION CAJA DE GRANADA

CETURSA

INGEMISA

Imprime:

Tiasa Gráfica

Foto portada:

Lola Aguilar

ISBN Obra Completa: 84-89683-00-X

ISBN Volumen III: 84-89683-03-4

Depósito Legal: M. 13.776-1996

Colección P.V.P.: 10.000 ptas.

Los trabajos de este libro han sido reproducidos a partir de los trabajos de sus autores



Libros impresos en papel reciclado 100%

ESTUDIO MORFODINÁMICO DE UN LITORAL, PARA LA ORDENACIÓN, PLANIFICACIÓN Y MANEJO DEL MISMO: EL CASO DEL LITORAL DEL ESTADO ARAGUA (VENEZUELA).

Martínez, J. y Casas, D.

Departamento de Física. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tafira. 35017. Las Palmas de Gran Canaria.

RESUMEN

En este trabajo se hace un estudio morfodinámico del litoral del Estado Aragua (Venezuela), para una ordenación, planificación y manejo del mismo.

El estudio se basa en un análisis, y posterior aplicación, de diferentes clasificaciones genéticas de playas, así como de las implicaciones oceanológicas, en cuanto a aportes de áridos, al transporte y depósito de los mismos, que determinan las características geomorfológicas delimitantes de la orilla.

Se llega a una propuesta razonada de varios tipos de intervenciones.

Palabras claves: Sedimentología, playas, dinámica litoral, ordenación y manejo del litoral, Venezuela.

ABSTRACT

This work consists on the morphodynamical study of the Aragua litoral (Venezuela), for its organizations, planning and management.

The study is based on the analysis, and posterior application, of several genetic classifications for shores. It also takes into account the geomorphological shore characteristics, in terms of sand supply, transport and deposition, caused by the oceanographic conditions.

The study finishes with a rational proposal for several types of human intervention.

Key words: Sedimentology, beaches, littoral dynamic, littoral management, Venezuela.

INTRODUCCIÓN.

En este trabajo, sólo se discuten los aspectos morfodinámicos más relevantes del litoral del Estado Aragua (Venezuela). La discusión tiende a marcar algunas pautas en la ordenación, planificación y manejo de este territorio.

METODOLOGÍA.

Se parte de una descripción generalizada del litoral, donde se consideran:

- tanto los ambientes formados por procesos y efectos del transporte y depósito de arenas (las playas),
- como el modelado por erosión (geomorfología), en el frente marítimo emergido (laderas abruptas y acantilados, con sus promontorios mar adentro).

En cuanto a esta Geomorfología del litoral:

- se analizan e interpretan los procesos físicos ligados a los relieves.

A continuación, se caracterizan las plantas y perfiles de las playas arenosas, y se buscan las variables oceanológicas y morfodinámicas que concurren en estos ambientes sedimentarios. Con ésto, se llega a clasificaciones genéticas de los dominios playeros, y a sus modelos de diagramas de transporte.

La conjunción del conocimiento, comprensión y predicción del conjunto de procesos y efectos erosivos, de transportes y de balances sedimentarios, en los ambientes de laderas abruptas, acantilados y playas, permite:

- El diseño de proyectos correctos, referentes a cualquier tipo de explotación, en el marco de este litoral.
- Una buena toma de decisión en cuanto a la selección de los proyectos más idóneos.
- Y un seguimiento adecuado durante y después de sus ejecuciones, para detectar aspectos imprevistos, no deseables, y, en consecuencia, proponer, sobre la marcha, las modificaciones pertinentes.

Este estudio, por otro lado:

- Se debe ubicar dentro de una cartografía morfodinámica del litoral.
- Precisa de una investigación de la flora y de la fauna.
- Y tiene que enriquecerse, ineludiblemente, con tópicos paisajísticos, por los objetivos que se pretenden, tendentes a la explotación sustentable recreacional y turística del territorio.

Obviamente, la explotación recreacional-turística se sometería a un análisis de rentabilidad socio-económica.

ESCENARIO GEOGRÁFICO DEL TRABAJO.

El litoral del Estado de Aragua se localiza en la cornisa norte de la Venezuela continental (Figuras 1 y 2). Define un territorio prácticamente no intervenido, sin identificaciones relevantes de impactos negativos en los procesos sedimentarios, en la biocenosis y en el paisaje, en general. Ésto quiere decir que este escenario geográfico constituye un marco muy frágil, con poca capacidad de absorción de impactos. El grado de rechazo, de posibles intervenciones inadecuadas, es considerable, muy grande.

En este escenario geográfico, se suceden, alternativamente, playas arenosas "en bolsillo" y acantilados casi verticales o laderas abruptas, con promontorios hacia mar adentro.

Entre las playas arenosas significativas, de oeste a este, destacan:

1. Playa meridional de la Bahía de Turiamo.
2. Playa de la Ensenada de Ocumare.
3. Playas de la Ensenada de Cata.
4. Playa de Cuyagua.
5. Playa Urícaro.
6. Playa Aroa.
7. Playa Grande.
8. Playa Valle Seco.
9. Playa Chuao.
10. Playa de Cepe.
11. Playa de Punta Tuja.
12. Playa Puerto Maya

Las seis primeras playas se encuentran al occidente de Puerto Colombia. Las restantes, al oriente de este enclave geográfico.

La orilla presenta numerosos promontorios, que, precisamente, caracterizan, por la accidentalidad que describen, el litoral del Estado de Aragua. Estos promontorios (las singularidades geométricas positivas de Suárez Bores, 1978)

son los que, en gran medida, dan una configuración "en bolsillo" a las playas arenosas. Tales accidentes contribuyen, también, a interrumpir el potencial transporte longitudinal, más interno, de arenas.

Los acantilados contribuyen, positivamente, a un aumento de la calidad paisajística de este litoral, tanto por la diversidad topográfica que implican, como por las formas y estructuras que encierran, aparte de proporcionar ocasionales relieves espectaculares, conllevar, con frecuencia, formas menores raras y curiosas, y soportar otros componentes de la arquitectura del paisaje (cromatismo por la vegetación, aguas superficiales, contenidos florísticos y faunísticos, etc.). Pero además, se han de considerar en el manejo del territorio, por los procesos físicos que provocan, y que tienen efectos colaterales en la dinámica sedimentaria de las playas arenosas colindantes.

Otro ambiente, que merece especial interés, es la Ciénega, situada al oeste de Ocumare de la Costa, una vez rebasada una agitada zona de oleaje, denominada Paso de la Virgen, en dependencia con un frente de acantilados verticales.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Los acantilados, con plataformas de abrasión profunda, llevan consigo una reflexión energética del oleaje, hacia mar adentro. Estas reflexiones equivalen a barreras energéticas transversales, entre playas.

Las barreras energéticas, junto con la accidentabilidad geomorfológica de la orilla (promontorios), hacen que el litoral del Estado Aragua se comporte como de transporte impedido, según la clasificación genética-morfológica de las costas, de Sánchez Arcilla (1984), tanto para oleajes dominantes (en este caso del NE), como reinantes.

Lo anterior traduce que, en una primera aproximación, las playas arenosas significativas de este litoral:

- Se comporten como sistemas sedimentarios cerrados.
- Y no constituyan una provincia morfodinámica.

Se entiende por provincia morfodinámica, en solapamiento con el concepto de "unidad fisiográfica" de Enríquez y Berenguer (1986), a un conjunto de playas arenosas, dependientes unidireccionalmente, y respecto a los procesos y efectos sedimentarios, de manera tal que, si se interviene físicamente en una de ellas, habrán repercusiones en los depósitos de arena de las restantes, aguas abajo.

El sentido de "aguas abajo" se establece de acuerdo con la componente longitudinal, correspondiente a la "descomposición" vectorial de la dirección de aproximación del oleaje dominante.

Entre el conjunto de playas de una provincia, se tiene que dar una dependencia sedimentaria, por transportes próximos y paralelos a la orilla. Pero para que tenga lugar esa dependencia, tiene que concurrir la circunstancia de que el litoral se clasifique como de transporte libre, conforme con Sánchez Arcilla (1984): que no existan promontorios, hacia mar adentro, ni barreras energéticas, que obstaculicen las derivas longitudinales de áridos.

De acuerdo con todo lo formulado, se deduce que cada una de las playas arenosas, de este litoral, se comporta de forma independiente, respecto a las otras próximas.

Una playa determinada sería una única provincia morfodinámica. Las intervenciones, que soportara, no repercutirían en los restantes ambientes playeros de este escenario geográfico.

Estas inferencias son de suma importancia en la ordenación, planificación y manejo de un territorio litoral, en relación con cualquier tipo de explotación, por ejemplo, la turística, que precisaran intervenciones de ingeniería o de cualquier otro tipo, con implicaciones:

- en las modificaciones de las calidades ambientales, entre ellas, la calidad natural,

- y en las apariciones de impactos.

En consecuencia, las perturbaciones, que se produjeran en una de las playas del litoral del Estado Aragua, no dejarán secuelas en sus otras playas.

En general, los procesos sedimentarios en cada una de estas playas, así como la naturaleza de los áridos de las mismas, están en dependencia con su entorno geológico, los procesos físico-químicos de este entorno y las intervenciones antrópicas.

Los depósitos de arenas de las playas son:

- tanto de procedencia continental, donde juegan un papel decisivo los transportes por las aguas de los ríos y quebradas,
- como productos de la erosión marina, en los relieves costeros, en sentido amplio, que incluyen a las formaciones arrecifales.

De entrada, se sentirán efectos de inestabilidad sedimentaria en los depósitos de playa cuando hayan intervenciones:

- En ríos, como en cualquier otro tipo de aguas continentales encauzadas, que provoque retención o trampas de aportes de áridos, como ocurre con la construcción de embalses o represas, y/o disminución de caudales de agua, y con ello la caída de la capacidad de transporte sedimentario, cuyos áridos se depositarían en las playas.
- Y en el borde marítimo, que interfieran el transporte longitudinal más interno de sedimentos.

El depósito de áridos sería cada vez menor y podría llegar a desaparecer.

Las playas se clasifican de muchas maneras, de acuerdo con criterios descriptivos o genéticos.

Las clasificaciones descriptivas consideran un conjunto indiscriminado de elementos observables. En cambio, las genéticas se sustentan, fundamentalmente, en aquellas variables o elementos que controlan la dinámica de los depósitos sedimentarios, en los diferentes tipos de playas (playas en concha, en bolsillo, estables, incompletas, etc.).

Las clasificaciones genéticas forman tres grupos: morfológicas, morfodinámicas y climáticas.

Las clasificaciones morfológicas hacen un análisis de las playas en planta y en perfil, para determinar y describir unos primeros condicionantes, intrínsecos del entorno fisiográfico, o por obras marítimas, de las deposiciones sedimentarias. De estos condicionantes del ambiente sedimentario depende, en buena parte, el sistema sedimentario circulatorio, con sus diagramas de transporte. La clasificación más representativa de este tipo sea, quizás, la de Suárez Bores (1978).

De acuerdo con los criterios de este último autor, la totalidad de las playas del litoral del Estado Aragua, se definen como ambientes encajados o "en bolsillo". Son depósitos del tipo GG, delimitados, lateralmente, por promontorios, que representarían a singularidades geométricas positivas.

Muchas de estas playa "en bolsillo" suele encerrar singularidades másicas positivas (M), activas o potenciales, que se corresponden con las desembocaduras de ríos o quebradas. En planta, tales playas se describirían mediante dos formulaciones alternativas:

- Tipo G M G, cuando hay aportes sedimentarios constantes.
- Tipo G (M) G, si los aportes de áridos son ocasionales, como ocurre en las desembocaduras de las quebradas.

Ejemplos de estos ambientes mixtos múltiples son: Playa Ocumare, Playa de fondo de Cata, Playa Cuyagua, Playa Urícaro, Playa Valle Seco, Playa Chuao, Playa de Cepe y Playa Puerto Maya.

En algunas playas de este litoral, como en la de Urícaro y la de Valle Seco, se observan casi singularidades dinámicas, que bloquean, o dan estabilidad, a los depósitos intermareales de áridos (de arenas o de cantos y bloque), pero que no llegan a provocar el desarrollo de tómbolos. Estas singularidades, a caballo entre las sustentaciones y los abrigos, están constituidas por barras arrecifales, muy próximas a la orilla, y crean pequeños lagoons.

Una playa encajada, en principio, adquiere estabilidad si el espaciado entre los promontorios, o espigones, supera tres veces la dimensión de penetración, mar adentro, de los mismos. En caso contrario, se favorece la formación de rip currents, que descargan, progresivamente, el depósito de arenas. Estas premisas hay que tomarlas con las debidas precauciones ya que, en el comportamiento de una playa, intervienen bastantes variables, aunque la forma de la planta juegue un papel decisivo.

En un primer esbozo, las playas del litoral en estudio tienen estabilidad sedimentaria. El espaciado longitudinal, entre promontorios delimitantes, rebasa la relación de tres a uno, respecto a la penetración. Cabe indicar una excepción, la Playa de Ocumare, por la construcción de espigones, diseñados inadecuadamente. Se encuentran muy apretados. Quizás hayan resuelto ciertos problemas al usuario de este ambiente, pero:

- determinan fuertes impactos, entre los que se encuentran los paisajísticos,
- y, probablemente, sean responsables de un retroceso generalizado de la orilla, junto con la colaboración de tramos de malecones, hecho que se comprobaría con un contraste de fotografías aéreas, debidamente distanciadas en el tiempo.

Las clasificaciones morfodinámicas de las playas arenosas parten:

- De unos conceptos hidrodinámicos, en relación con el oleaje que interviene más directamente en la dinámica sedimentaria.
- Y de observaciones de la morfología, en los depósitos de áridos, que traduzcan las huellas de la hidrodinámica.

Wright y Short (1983) relacionan, sintetizan e interpretan los dos aspectos anteriores, en el diseño de unos laboriosos esquemas morfodinámicos de las playas arenosas, tras pacientes campañas de seguimiento.

Estos esquemas:

- Describen la evolución sedimentaria de las playas, a lo largo de ciclos cortos, alrededor de un año. Cada ciclo queda definido por dos importantes y consecutivas acreciones, o erosiones.
- Y establecen dos estadios extremos (playas disipativas y reflectivas) y cuatro intermedios.

Las playas, potencialmente, evolucionan entre los dos estadios extremos. No obstante, se dan los casos en que los ambientes sedimentarios se encuentran bloqueados en torno a determinados estadios, más o menos próximos a uno de los estadios límites.

El estadio disipativo se corresponde con el período en el que el ambiente de playa intermareal y sumergido, más interno, sufre la mayor descarga sedimentaria. Físicamente, la playa está sometida a una fuerte energía del oleaje, que se disipa sobre el depósito de arenas. Toman dominancia las oscilaciones infragravitatorias, entre las ondas atrapadas o de borde.

Por lo contrario, el estadio reflectivo traduce las máximas ganancias de arena, en los dominios más interno de la playa, que están sometidos a poca energía del

oleaje. Ésta se refleja mar adentro. En este caso, dominan las oscilaciones subarmónicas.

Se puede llegar a identificar el estadio morfodinámico de una playa, en su dominio más interno, sometido a la hidrodinámica del oleaje, a partir de la morfología del depósito sedimentario. Así:

1. Cuando una playa se encuentra en el estadio disipativo:

- Se desarrolla un perfil transversal tendido. Las pendientes son inferiores a un 3.75%.
- Están ausentes los cusps apretados (formas sedimentarias en "media luna", con espaciados, entre brazos, próximos a los 20 metros).
- Los rip currents labran profundos cauces, en términos relativos, muy distanciados.

2. En cambio, en una playa reflectiva:

- La pendiente intermareal más interna, suele superar el 8.75%.
- Se desarrollan "cusps" apretados en la franja intermareal alta. Son las huellas de las oscilaciones subarmónicas.
- Los rip currents excavan cauces poco profundos y próximos.

Durante los meses de agosto de 1994 y 1995, la mayoría de las playas "en bolsillo" del litoral del Estado Aragua, presentaban características geométricas que las identificaban como ambientes sedimentarios reflectivos. En efecto, se observaban, fácilmente:

- la presencia de "cusps" apretados (Playa meridional de Turiamo, Playa Uricaro y Playa Grande, entre otras),
- y superficies intermareales con pendientes superiores a un 8.75%.

De aquí, se infiere que los dominios internos alcanzan las máximas acreciones sedimentarias en esta época del año. Ésto verificará la clasificación climática, que se propone más adelante para estas playas.

La probabilidad de presentación del oleaje estadístico (clima marítimo), se ajusta al siguiente esquema dentro de una estimación tentativa, y en el entorno del litoral del Estado Aragua:

1. Oleajes dominantes de NE:

Predominan a lo largo de todo el año. Están condicionados por brisas, también del NE (alisios).

Según los datos de la estación de Puerto Cabello, con una serie correspondiente a los años 1990-1993, la velocidad media anual del viento es de 9.89 km/h. Los vientos más suaves se encuentran en los meses de agosto y septiembre, con valores medios alrededor de 7.21 km/h. Los vientos relativamente más fuertes soplan en los meses de enero, febrero y marzo, con valores medios entorno a 12.78 km/h.

Los análisis de la probabilidad de presentación del viento dominante del NE, para el área del Caribe, y su representación gráfica, a partir de una serie temporal de 14 años, ya bastante representativa (desde 1975 a 1989), obtenida en la estación de Punta Piedras (Isla Margarita), prácticamente coincide con los datos de Puerto Cabello. Sin embargo, según la estación de Punta Piedras, los vientos más energéticos se dilatan en el tiempo (llegan hasta el mes de junio) y toman velocidades más altas (casi 22 km/h en mayo).

Los vientos del NE, y sus oleajes, pueden provocar corrientes próximas a la orilla, y dirigida hacia el W, en el litoral del Estado Aragua. La Armada de

Venezuela ha medido velocidades medias entre 0.2 y 0.5 nudos, más o menos mar adentro.

2. Situaciones del oleaje del NW, con tendencias a temporales:

Se identifican con huracanes tropicales, reales o potenciales, abortados en su recorrido SE-NW. Sirva de ejemplo el huracán Andrés (agosto de 1992), que se debilitó a temporal a la altura de Lousiana, en los Estados Unidos de América. Se deben a depresiones regionales, por convergencias de células circulatorias atmosféricas. Determinan el choque de un oleaje frío del norte con otro, más cálido, del sur. El desplazamiento del oleaje frío, desde latitudes más altas, tiene sus causa en la presencia del alisio, normalmente desde junio a noviembre. Este período coincide con el de lluvias, en Venezuela. Cabe esperar un núcleo, de mayor frecuencia de temporales, entre agosto y octubre.

3. Perturbaciones extra-tropicales:

Proceden de las anteriores depresiones barométricas, cuando evolucionan a auténticos huracanes tropicales, y siempre que éstos puedan ascender, notablemente, a latitudes más septentrionales, ante el debilitamiento del anticiclón del alisio. Tales huracanes determinan oleajes descendientes del NW. Por supuesto, estas situaciones se solapan con las anteriores. Sin embargo, suelen aparecer entre octubre-noviembre, sin descartar que se adelanten en el tiempo.

Los vientos del NW y sus oleajes determinan contra-corrientes, respecto a las de las situaciones dominantes del NE, próximas a la orilla y dirigidas hacia el E.

Conforme con las observaciones con las observaciones del Departamento de Meteorología, de la Dirección e Hidrografía y Navegación (Comandancia General de la Armada de Venezuela), en el litoral del Estado Aragua, estas corrientes tienen lugar, preferentemente, entre los meses de octubre a diciembre, con velocidades muy fuertes, de 2.0 a 2.5 nudos, más o menos mar a dentro.

4. Oleaje de bonanza generalizada:

La "bonanza" se establece de acuerdo con un contraste relativo, en el tiempo, de las alturas de las olas, en las distintas localizaciones y orientaciones geográficas de los litorales. Aparece cuando concluyen los efectos colaterales oceanológicos del alisio: oleaje directo del NE y por temporales-huracanes del NW. Ésto es, durante el invierno.

De acuerdo con esta descripción oceanológica, los meses de julio a septiembre, ambos inclusivos, delimitan el período idóneo para el disfrute recreacional y la explotación turística del litoral del Estado Aragua. En cambio, los meses de enero a marzo representan la temporada menos aconsejable para estos usos.

La localización geográfica y la orientación de las playas del Caribe, interpretadas según el clima marítimo descrito, permite desarrollar un modelo físico:

- cualitativo,
- a delimitar estadísticamente en el tiempo, y
- a cuantificar,

en cuanto a los procesos de ganancias y pérdidas de áridos, en estos ambientes sedimentarios.

Según el modelo que se desarrolla, las playas se agrupan en las siguientes tipologías:

a). Playas oceánicas:

Las orillas se ajustan, sensiblemente, a la dirección NW-SE. Están abiertas al oleaje SWELL del NE (dominante), y resguardadas del oleaje del NW.

La erosión transcurre con el oleaje del alisio (del NE).

La acreción coincidiría, probabilísticamente, con la sustitución del oleaje del NE:

- Por los temporales del NW, y por las perturbaciones extra-tropicales, situaciones de las que se encuentran resguardadas.

- Y por las situaciones de "bonanza".

En consecuencia, las pérdidas sedimentarias ocurrirían desde enero a junio, dentro de unos límites amplios, y las ganancias, en el resto del año.

En relación con la erosión, se tratarían de playas mono-climáticas.

b). Playas semi-oceánicas:

Las orillas se acoplan, en mayor o menor grado, a la dirección NE-SW. Están abiertas a los oleajes del NW:

- tanto de los temporales relacionados con los huracanes potenciales o abortados,

- como de las perturbaciones extra-tropicales.

Pero en ellas, se deja sentir, además, aunque algo atenuado, el oleaje del NE (alisio).

La acreción se sitúa en torno al mes de julio, que se corresponde con el intervalo de tiempo en el que hay, normalmente, ausencias de oleajes erosivos: del NW y del NE más energético.

La erosión aparece, al menos potencialmente, desde septiembre a junio. En relación con sus procesos, las playas serían poli-climáticas.

c). Playas caribeñas:

Geográficamente, se encuentran en litorales orientados al sur. Están resguardadas:

- tanto del oleaje dominante del NE (del alisio),
- como del oleaje del NW.

Presentan una dinámica sedimentaria atenuada, alrededor de unos estadios morfodinámicos poco cambiantes. Suelen tener rasgos topográficos y formas sedimentarias menores, que permiten intuir la situación reflectiva.

d). Playas semi-caribeñas.

Las orillas describen la dirección NE-SW. Están relativamente abiertas al oleaje del NE, pero resguardadas del oleajes del NW, procedentes de temporales y/o perturbaciones extra-tropicales.

Los anteriores condicionantes del clima marítimo, determinan que la erosión coincida con el período del alisio más energético (de enero a junio), y la acreción, con el decaimiento del mismo.

De acuerdo con la erosión, definen playas mono-climáticas.

Dentro de los períodos erosivos:

1. En las playas oceánicas:

Las aguas abajo tienen un sentido de NW a SE, en dependencia con un oleaje incidente del NE.

2. En las playas semi-oceánicas:

Las aguas abajo pueden adquirir un doble sentido:

- de NE a SW, para el oleaje del alisio, y
- de SW a NE, para el del NW.

3. En las playas caribeñas:

En principio, el sentido de las aguas abajo es de E a W, para un oleaje del NE muy refractado.

4. Y en las playas semi-caribeñas:

Se admite el sentido de NE a SW, para un oleaje del alisio.

Conforme con esta clasificación climática, las playas arenosas del Estado Aragua, se agrupan de la siguiente manera:

a). Playas oceánicas:

Playa de fondo de la Ensenada de Cata, Playa Grande y Playa Puerto Maya.

b). Playas oceánicas anómalas:

Margen meridional de la Bahía de Turiamo.

c). Playas oceánicas, tendente a semi-oceánicas:

Playa Cuyagua y Playa Aroa.

d). Playas semi-oceánicas:

Playa de Juan Grande, en la Ensenada de Cata.

e). Playas semi-oceánicas anómalas:

Playa de Punta Tuja

f). Playas entre oceánicas y semi-oceánicas:

Playa Ocumare, Playa Urícaro, Playa Valle Seco, Playa Chuao y Playa de Cepe.

En el conjunto de estas playas, la acreción se centra en el mes de julio. La erosión se sitúa en invierno-primavera, aunque se adelanta para los ambientes que tengan un cierto grado de comportamiento semi-oceánico.

En la Isla Margarita (Estado Nueva Esparta), en los cayos y playas continentales del Parque Nacional de Morrocoy (Estado Falcón), y en las playas del Parque Nacional de Mochima (Estados Sucre y Anzuátegui), entre otros lugares del territorio venezolano, se encuentran muestrarios completos de los diferentes tipos significativos, de esta clasificación climática de playas arenosas, propuesta para el área del Caribe.

Las corrientes de deriva, o longshore currents, entre las zonas de rompientes y la orilla, con capacidad de transporte de arenas, pueden tener sus causas:

- en la integración de protocorrientes en zig-zag,
- o en los gradientes de sobre-elevación del nivel del agua del mar, que se crean en las rompientes, por la transformación de una parte de la energía cinética del oleaje, en energía potencial.

Respecto a las playas con plantas en ensenada, en caleta, como ocurre en muchos depósitos de arenas, en el litoral del Estado Aragua, los transportes de áridos, en dependencia con corrientes por gradientes de sobre-elevación, pueden ser muy significativos en los procesos y efectos físicos de estos ambientes. En el manejo de un litoral, que conlleve a una buena toma de decisiones, se precisa conocer y comprender tales procesos y efectos, con sus dependencias.

Martínez (1986) diseña los distintos modelos de transporte de deriva, por gradientes de sobre-elevación, condicionados por el contorno geomorfológico, en playa en caletas. La descripción de estos modelos se resume de la siguiente manera:

a). En playas en caleta, con el eje oblicuo a la dirección de aproximación del oleaje, y sin singularidades dinámicas:

Modelo B01:

En el margen abierto a la dirección de aproximación del oleaje, las olas tienen más energías (alturas), que en el resto de la playa, donde estarían refractadas con las consecuentes pérdidas energéticas. Con ello se establece un gradiente de sobre-elevación del nivel del mar, que favorece el inicio de corrientes laterales hacia el margen protegido.

Modelo B02:

En el margen resguardado, también sería factible el inicio de corrientes laterales, cuando concurren dos circunstancias básicas:

- Que hayan bajas en el estrán, o que se den depósitos submareales protegidos, que puedan llegar hasta la zona de rompientes. Estos fondos actúan de umbral, los que a su vez implica una convergencia de las direcciones de aproximación de las olas.

- Y que las olas refractadas conserven las suficientes energías como para crear, sobre el umbral, una mayor sobre-elevación respecto al sector colindante subcentral. Esto es, que aparezca otro gradiente de sobre-elevación.

De esta manera, en la playa, tendrían lugar dos corrientes laterales, que convergerían en un sector subcentral, donde potencialmente nacería un "rip current" (corriente de resaca o de retorno, hacia mar adentro).

b). En playas en caleta, con eje paralelo a la dirección de aproximación del oleaje, y sin singularidades dinámicas:

Modelo C01:

Mientras la zona central de la playa está batida por olas sin refractar, los márgenes reciben olas relativamente refractadas (menos energéticas). Esto determina que se forme un gradiente positivo de sobre-elevación del nivel del mar, en relación con los márgenes, hacia donde se dirigen corrientes laterales.

Modelo C02:

Por otro lado, los márgenes, al estar sometidos a unos batimientos menos energéticos, pueden permitir el desarrollo de depósitos submareales protegidos, que lleguen al estrán. Estos depósitos actuarán de umbrales.

Si sobre los umbrales llega un oleaje suficientemente energético, se producen aquí mayores sobre-elevaciones que en los sectores subcentrales colindantes. Esto determina nuevos gradientes de sobre-elevación y, con ello, la posibilidad de que se formen otras corrientes laterales, desde los márgenes hacia los sectores subcentrales, donde se desarrollarían rips currents.

Este último modelo se relacionaría con las células cerradas de circulación de corrientes, en la zona de rompientes, para los casos de incidencia casi normal del oleaje.

Cada una de las corrientes, de los diferentes modelos, y a partir de una determinadas velocidades, se encuentran capacitadas para transportar arenas, que se depositarían en el mismo ambiente playero.

La mayoría de las playas arenosas en bahía, del Estado Aragua, forman dos grupos, si se admite la anterior tipología de diagramas de corrientes y transportes, por gradientes de sobre-elevación, y según el oleaje dominante del NE:

1. Playas que se comportan conforme con el modelo B01, y que podrían evolucionar, o han evolucionado, al modelo B02:

Playa Ocumare, Playa de fondo en la Ensenada de Cata, Playa Aroa, Playa Chuao y Playa de Cepe.

En todas ellas, el margen más batido es el occidental. Las corrientes se dirigirían hacia el este.

La permanencia de constantes depósitos de cantos y bloques, en el margen occidental de la Playa Aroa, verifica su ajuste al modelo B01 de transporte. Las arenas son barridas hacia el margen oriental, por las corrientes de sobre-elevación. En el occidental sólo quedan los áridos más groseros, que presentan una mayor resistencia al transporte.

Los modelos B01 y B02 de diagramas de corrientes, o de transportes, por gradientes de sobre-elevación del agua del mar, sugieren que las pequeñas intervenciones que se realizarán, para las explotaciones recreacionales-turísticas de estas playas, se situarán en los extremos de los márgenes orientales.

Las intervenciones se deberían reducir a la mínima expresión, por ejemplo, a pequeños embarcaderos de madera, sobre pilotes, para que:

- no se modificaran las condiciones dinámicas de los procesos y efectos sedimentarios,
- y se mantuvieran las calidades paisajísticas de las playas, con una ausencia práctica de impactos negativos.

2. Playas con circulaciones y transportes que se ajustan al modelo C01, aunque podrían evolucionar, o han evolucionado al modelo C02:

Playa Grande (Choroní), Playa Cuyagua y Playa Urícaro.

En las playas de este último bloque, se esperaría encontrar sectores de peligrosidad, para el uso de baño, sobre todo, cuando se alcanza el modelo C02.

Los sectores peligrosos se relacionarían con rips currents (corrientes de resaca o de retorno hacia mar adentro). Las resacas se desarrollarían a partir de la orilla, donde converjan las células de circulación. De acuerdo con el diagrama C02 de corrientes de sobre-elevación, en una playa en caleta, habrían dos resacas ubicadas, más o menos, en posiciones subcentrales de cada uno de los márgenes.

En Playa Grande existen sectores de peligrosidad que, posiblemente, tienen estas causas. Conforme con la información de los habituales usuarios, las localizaciones de estos sectores peligrosos coincidirían con las localizaciones que se tendrían que prever, si la playa hubiera ya alcanzado el modelo C02.

PROPUESTAS DE ACTUACIONES SUSTENTABLES Y RECOMENDACIONES.

Para el usufructo recreativo-turístico del litoral araguense, se requiere un mínimo de intervenciones. Éstas deberían quedar reducidas a pequeños embarcaderos de lanchas, construidos en madera, sobre pilotes, que hagan fácil el acceso a las playas arenosas "en bolsillo", desde otros puntos del litoral, por ejemplo, desde Puerto Colombia. No obstante, hay tres playas que no precisan de estas instalaciones. Playa Ocumare, la principal de la Ensenada de Cata y Playa Grande.

Con estas intervenciones no se atenta, sensiblemente, al paisaje ni se interfiere la dinámica sedimentaria, de acuerdo con los apartados ya discutidos.

Los embarcaderos se ubicarían en los extremos de los márgenes menos batidos. Éstos son los orientales, para las playas de Cuyagua, Chuao y Cepe.

Más cauteloso hay que ser en relación con la construcción de un refugio pesquero-puerto deportivo. No obstante, una cosa resulta evidente: al tratarse de un litoral de transporte impedido, el hipotético puerto deportivo no

repercutiría en los procesos y efectos sedimentarios del conjunto de playas arenosas, que se suceden en este entorno geográfico. Las limitaciones vendrán impuestas:

- Por la existencia de un parque nacional, cuyos límites septentrionales llegan, de forma generalizada, hasta el pie de monte. Estos límites suelen estar muy cerca, del orden de los metros, de la orilla.
- Por las exigencias paisajísticas.
- Y por la accesibilidad viaria.

Si se conjugan las tres limitaciones, las posibilidades de ubicación de un refugio pesquero-puerto deportivo, quedan reducidas a la Ensenada de Ocumare.

ANTEPROYECTO DEL REFUGIO PESQUERO-PUERTO DEPORTIVO DE OCUMARE DE LA COSTA.

1. Razones que justifican la intervención.

Aprovechamiento socio-económico de la pesca deportiva y de la observación de aves y fondos submarinos.

De las 22 especies más apetecidas de la pesca deportiva, a nivel mundial, Aragua cuenta con seis. De éstas, cinco se encuentran en un primer lugar de la demanda mundial. Una, en un segundo lugar.

Por otra parte, dada la proximidad de Ocumare de La Costa a los archipiélagos de Islas de Aves (Sotavento y Barlovento), el puerto deportivo constituiría un instrumento de comunicación, para científicos y turistas interesados en la observación de aves.

El litoral de Aragua cuenta también con zonas muy apreciadas e idóneas para el deporte recreacional submarino, que podría tener su base en Ocumare.

En general, quedaría favorecido un turismo "de naturaleza".

Creación de áreas de servicios.

El posible puerto de Ocumare daría respuesta al requerimiento de una zona de atraque y servicios, para una flota de pequeñas lanchas, barcos de paseo y veleros de recreo.

Este tipo de flota escasea en el Caribe y resultaría muy interesante para el desarrollo de este mar regional.

Mejoras socio-económicas de los lugareños.

El desempleo existente en Ocumare de La Costa, y alrededores, aconsejaría, de por sí solo, la intervención. Se potenciaría la pesca artesanal de bajura y aumentarían las ofertas del sector de servicios, respecto al incremento de la demanda recreacional-turística de este territorio.

Todo esto, debería repercutir en el aumento de la renta per cápita de los lugareños.

Revalorización del territorio.

Este tipo de intervenciones podría ser un instrumento válido para mejorar aquellos territorios que se encuentren mal gestionados. Se podrían eliminar impactos que incidan con fuerte virulencia en la actualidad.

El litoral de Ocumare de La Costa se encuentra en esta situación de degradación, en paradoja con el resto del litoral araguense, de alto valor paisajístico-ecológico.

Además, se podrían potenciar aspectos etnográficos-históricos del territorio.

2. Formulación apriorística del tipo de refugio pesquero-puerto deportivo.

En principio, se contempla un puerto para unas 200 embarcaciones de amarre, pequeñas con un muelle pesquero para otros 30 barcos, de mediana eslora y motor central.

Las doscientas embarcaciones corresponderán a pequeñas lanchas, barcos de paseo y veleros de recreo.

El área de servicios terrestre posibilitará la instalación de cavas de almacenamiento, rampa de botado, talleres de reparación, surtidores de combustibles, tomas de agua y luz eléctrica, fábrica de hielo, restaurantes, bares y otras dependencias turísticas.

En cuanto a las obras:

- Se aprovecharán, al máximo, los elementos morfológicos naturales del refugio, como son el promontorio oriental y el roque que se encuentra en su alineación, hacia mar adentro.
- Las construcciones marítimas fijas indispensables se ajustarán, en la medida de lo posible, a la morfología natural del entorno geográfico.
- Y se construirán, preferentemente, infraestructuras de madera (apeaderos y puntos de amarre, sobre pilotes).

3. Argumentos que apoyan la selección de ubicación.

La Ensenada de Ocumare se encuentra bastante degradada física, paisajística y urbanísticamente, por actuaciones antrópicas anteriores. Se trata del tramo de litoral más impactado del Estado Aragua. Por los impactos que se identifican, el lugar absorbería, sin demasiados problemas, la intervención. Aquí, la fragilidad está muy reducida.

Por otro lado, sería la única zona del litoral de Aragua que permite una posible intervención marítima-terrestre, sin que se vea afectado el Parque Nacional Henri Pittier.

La actuación conllevaría un replanteamiento en el planeamiento, que desembocaría en un manejo, tendente a la optimización del territorio, con el subsanamiento e muchos de los impactos detectables en la actualidad.

Por otra parte, con unas mínimas obras marítimas, el posible puerto se encontraría en uno de los pocos lugares, de este litoral, con un buen resguardo frente a las situaciones de oleajes dominantes del NE. La protección ante los oleajes reinantes del NW, a veces con características de temporales, se podría obtener sin grandes problemas de ingeniería costera, y sin producir impactos paisajísticos.

A lo anterior se le añade que se obtendría una superficie portuaria útil, económicamente rentable.

Por último, la zona cuenta, en la actualidad, con una red viaria suficiente como para soportar la obra de construcción del puerto, y para un primer usufructo de la actuación. Sin embargo, sería muy recomendable la mejora del acondicionamiento de esta red viaria y su ampliación.

4. Inventario de información necesaria para el estudio de la bahía de Ocumare de La Costa, en relación con esta construcción.

Este inventario abarcaría lo siguiente:

Cartografías: Topográfica, del entorno envolvente. Batimétrica, hasta la plataforma continental. Morfodinámica, incluida la del litoral de su entorno más próximo. Y arqueológica-histórica-etnográfica.

Caracterización de la cuenca hidrológica del río Ocumare.

Estudio de oceanografía de la Ensenada: Determinación de las condiciones oceanográficas normales (corrientes, vientos y oleaje en el interior de la bahía). Y estudios de oleaje y de patrones de circulación, en la zona exterior a la Bahía.

Estudio sedimentológico en la Bahía: Aportes marinos por la dinámica oceanológica. Aportes por el río. Diseño de diagramas de transporte en el interior de la Bahía. Estimaciones de balances sedimentarios en las playas de la Bahía. Y simulación informática del comportamiento sedimentario del conjunto de la Bahía.

Estudio urbanístico: Evolución histórica de la ordenación urbanística de la Bahía. Análisis morfológico. Análisis funcional. Relaciones con el proyecto de refugio pesquero-puerto deportivo. Y síntesis de la información, recomendaciones y criterios.

Estudio del dominio bentónico-faunístico de la Bahía de Ocumare: Conocimiento de la fauna bentónica de la Bahía, con una evaluación y catalogación de las comunidades y especies. Identificación, distribución, abundancia y localización de las comunidades y especies bentónicas, para confeccionar una cartografía tridimensional de este dominio. Y seguimiento del impacto antrópico en el dominio bentónico-faunístico.

Estudio ícnico no bentónico: Conocimiento de la fauna ícnica no bentónica de la Bahía, con una evaluación y catalogación de las comunidades y especies. Identificación, distribución, abundancia y localización de las comunidades y especies ícnicas no bentónicas, para confeccionar una cartografía tridimensional de este dominio. Y seguimiento del impacto antrópico en el dominio ícnico no bentónico.

Los dos últimos grupos de apartados tratan de evaluar la riqueza piscícola, y su estado de explotación, en la Bahía.

Estudio de la vegetación marina (fitobentos y fitoplancton): Estudio de las poblaciones algales bentónicas de la Bahía. Conocimiento de las especies fitoplanctónicas, su dinámica y su variación estacional. Examen y conocimiento de los arribazones de la Bahía y estimación de su biomasa. Y evaluación de los recursos vegetales marinos de la Bahía y establecimiento de las medidas para su conservación y manejo.

Estudio de la fauna ornítica del entorno de la Bahía: Conocimiento de la sucesión anual de la fauna ornítica. Conocimiento y valoración de la incidencia de las distintas actividades humanas sobre la comunidad de aves. Y propuesta de medidas de manejo, que mejoren las condiciones de las comunidades de aves.

Estudio de la calidad microbiológica del agua del mar en la Bahía: Análisis de la flora natural microbiana y de la inducida por la actividad antrópica, desde tierra y desde el propio mar. Se tratará de conocer el estado actual microbiano, caracterizando los posibles aportes exógenos y la calidad intrínseca de las aguas, mediante el estudio, en el primer caso, de los indicadores microbianos atribuibles a un origen exógeno, ésto es, por vertido de aguas residuales. Para ello, será necesario definir los vertidos desde tierra y otras influencias posibles. Por otro lado, se pretenderá estudiar las poblaciones naturales bacterianas (bacterias marinas de tipo heterótrofas), lo más diferenciado posible de la presencia microbiana exógena.

Estudio químico del agua: El estudio químico estará orientado tanto a la identificación y cuantificación de nutrientes, como a una estimación de la calidad de las aguas, conforme con los contenidos de contaminantes aromáticos y de metales pesados.

Y estudio de la flora terrestre, y de la fauna que cobija: Especial énfasis se pondrá a la catalogación, distribución y cartografía de especies arbóreas. Se subrayarán las especies significativas (raras y/o en peligro de extinción). Quedarán bien establecidos los límites, hacia el mar, del Parque Nacional Henri Pittier.

Nota: Cada uno de los apartados inventariados necesitarán el desarrollo de metodologías específicas, que incluirán criterios propios de muestreos, de acuerdo con unos calendarios apropiados.

5. Fases del estudio ambiental, respecto al proyecto en cuestión.

Estas fases se ajustarán a la siguiente secuencia:

Estudio de la calidad ambiental de la Bahía de Ocumare.

Estudio de la calidad paisajística.

Estudio de la vulnerabilidad del sistema que define la Bahía de Ocumare (de riesgos naturales): Esquemas conceptuales básicos.

Inventario, descripción y valoración numérica de los descriptores de vulnerabilidad, de la Bahía de Ocumare.

Cálculo de indicadores de vulnerabilidad de la Bahía de Ocumare.

Cálculo del índice de uso del refugio pesquero-puerto deportivo: Identificación de parámetros, estimación del índice y discusión de resultados.

Evaluación de impactos ambientales, mediante una matriz causas-efectos: Esquemas conceptuales básicos, diseño específico de la matriz y uso de la misma.

Obtención de series positivas y negativas de alteraciones en los procesos y efectos geoambientales, bioambientales y socioeconómicos.

Obtención de series positivas y negativas de cómo afectan las acciones del proyecto en los procesos y factores ambientales.

Estimación de la caída de la calidad ambiental, a causa del proyecto de la construcción de un refugio pesquero-puerto deportivo.

Evaluación de impactos paisajísticos, mediante una matriz causas-efectos: Esquemas conceptuales básicos, diseño específico de la matriz y uso de la misma.

Obtención de series positivas y negativas de alteraciones en los factores paisajísticos.

Obtención de series positivas y negativas de cómo afectan las acciones del proyecto en los factores paisajísticos.

Estimación de la caída de la calidad paisajística, por la construcción del refugio pesquero-puerto deportivo.

Estudio de la sustentabilidad de la Bahía de Ocumare, en relación con la construcción de un refugio pesquero-puerto deportivo.

Inventario, descripción y valoración numérica de los descriptores de sustentabilidad, referente a la construcción del refugio pesquero-muelle deportivo.

Cálculo del indicador de sustentabilidad respecto al anterior proyecto.

Cálculo del indicador de sustentabilidad de síntesis, en relación con la construcción del refugio pesquero-puerto deportivo.

Propuestas de recomendaciones, conclusiones generales, conclusiones definitivas y bibliografía de referencia.

6. Bosquejo de la actuación.

La Ensenada de Ocumare describe en planta una orilla en espiral, cuya cuerda tiene unos 2 kilómetros. La amplitud media de la superficie delimitada por la

orilla y la cuerda es de unos 700 metros. El entorno geológico emergente, está formado por micaesquistos.

El segmento menos curvo, casi rectilíneo, se orienta en la dirección E-W. Se ha querido retener el retroceso de su orilla mediante la construcción de un muro y tres espigones (Figura 3). Estas obras marítimas no han estabilizado el depósito sedimentario de la playa, que cada vez es más deficitario, y ha creado fuertes impactos paisajísticos. Su franja terrestre soporta la construcción de viviendas de baja calidad, sin planeamiento alguno.

El tramo de orilla de radio menor, el más curvo, forma el margen oriental de la Bahía. Éste se continúa por un promontorio, de dirección aproximada E-W, que tiene su prolongación en un pequeño monolito isleo. En la actualidad, y en el margen oriental de la Ensenada, se localiza la desembocadura de un río.

El refugio pesquero-puerto deportivo se ubicaría en el margen oriental de la Ensenada y conllevaría un replanteamiento y cambio de criterios en el manejo del conjunto de la unidad territorial. Estos nuevos replanteamientos implicarían la previa demolición de las actuales obras de defensa (espigones y muro), y de las edificaciones próximas a la orilla.

El conjunto de actuaciones queda reflejado en la figura 4. Los aspectos más relevantes se resumen de la siguiente manera:

Las aguas resguardadas del puerto estarían delimitadas por dos tipos de obras marítimas.

- Una obra marítima de cierre (1, en la figura reseñada), revestida de lajas convenientemente dispuestas, que simularán el buzamiento general del entorno. Debe recordar a una forma geomorfológica (cresterías), que uniera el promontorio con el monolito isleo. Esta obra de cierre tiene un especial significado ante el oleaje dominante del NE (9).

- Y un dique semi-sumergido (2), de dirección aproximada N-S, a partir del monolito isleo. La obra estaría coronada por una liviana crestería emergente a base de lajas de micaesquisto dispuestas de forma inclinada.

El dique semi-sumergido soportaría los ocasionales fuertes embates de los oleajes reinantes del NW (10). La tranquilidad de las aguas en el puerto se conseguiría si ese oleaje llegara debilitado al dique. Para ello, se construiría una serie de escalones sumergidos, muy someros, de disipación energética (7). Su trazado no rebasará, mar adentro, la altura del monolito isleo, para que no haya caída del gradiente de sobre-elevación, por los oleajes dominantes del NE, en la playa de regeneración (8). Estos gradientes serán básicos para la dinámica sedimentaria de las arenas.

La bocana (3) estaría delimitada por el extremo meridional de la obra 2 y por un morro.

El morro (4) se construiría sobre la orilla meridional, tramo rectilíneo, a la altura del monolito isleo. La obra también estaría revestida de lajas de micaesquistos, en disposición inclinada. El resultado final debe recordar a un promontorio natural, concordante con el entorno. La obra actuaría a modo de apoyo de la playa (8), que se regeneraría, y de contradique del puerto.

El morro ocuparía el lugar donde fue izada la bandera tricolor de Venezuela, por Francisco de Miranda, cuando desembarcó procedente de Curaçao. Por ello, la obra podría soportar un monumento, que rememorara el evento.

Las aguas portuarias (5) tendrían una superficie útil de unos 300.000 metros cuadrados. Aquí se ubicarían los embarcaderos de madera, construidos sobre pilotes, asimismo de madera.

El río (16), que actualmente desemboca en el margen oriental, crearía problemas sedimentarios en el fondo portuario y en su bocana. Ésto requeriría frecuentes dragados. Para resolver el problema, este río sería desviado mediante una canalización. La nueva desembocadura (11) se situaría en el extremo occidental de la Ensenada.

La playa de regeneración (8), en gran medida, se habría formado por los aportes procedentes del río desviado. Las arenas serían transportadas hacia el Este, por corrientes de gradientes de sobre-elevación, del oleaje del NE, hasta el morro construido (4). Las pérdidas por los temporales del NW, posiblemente, evitarían que se llegara a situaciones de hiper-estabilidad, que repercutirían negativamente en la bocana y en el recinto portuario. De todas formas, no habría que descartar esporádicos dragados.

El área de servicios terrestres (6) del refugio pesquero-puerto deportivo, estaría comunicada con la actual carretera de Ocumare (14), mediante un nuevo trazado de acceso viario (13), que llevaría anexo un paseo marítimo ajardinado.

La zona verde (12), comprendida entre la orilla y el paseo marítimo, y en la actualidad parcialmente ocupada por viviendas, será restaurada mediante vegetación autóctona y cocoteros.

Al Sur de la vía de acceso al puerto, habrá una zona urbana (15), debidamente planeada y manejada, que absorberá a la población desplazada, por la demolición de las viviendas actuales próximas a la orilla.

CONCLUSIONES

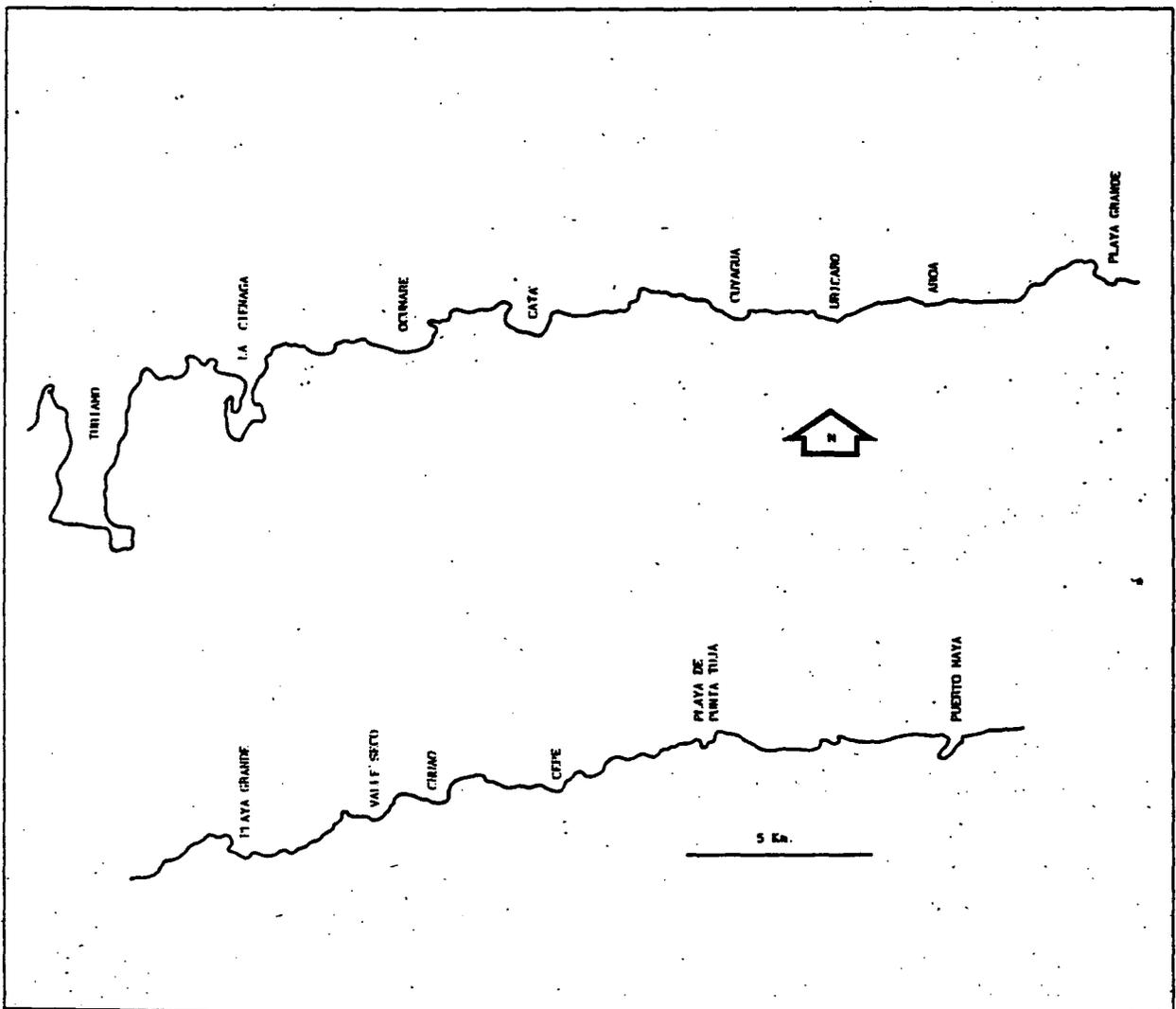
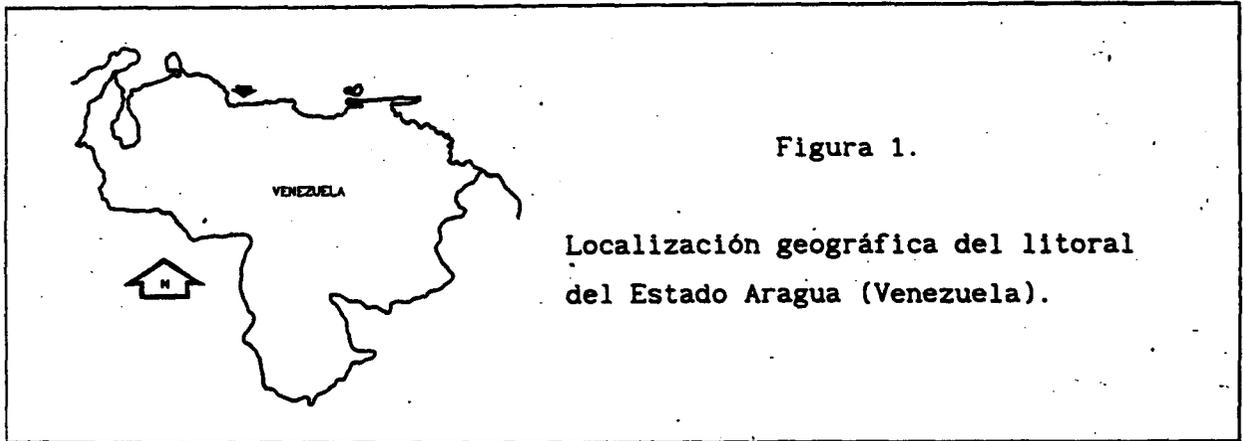
Del presente estudio, se extraen las siguientes conclusiones:

- El litoral del Estado Aragua enmarca relieves abruptos y playas arenosas. Éstas últimas definen ambientes estables "en bolsillo".
- El escenario geográfico, en su conjunto, y aparentemente, encierra altas calidades naturales y paisajísticas, y está poco intervenido. Por ello, presenta una elevada fragilidad. Todo el territorio presenta un recurso apropiado para su explotación recreacional y turística.
- La explotación recreacional-turística debería ajustarse a un desarrollo en equilibrio, para que se mantenga la sustentabilidad en el conjunto del ecosistema, que envuelve a este litoral.
- En principio, las intervenciones admisibles serían la construcción de pequeños embarcaderos, preferiblemente de madera, sobre pilotes, para lanchas, en las playas a explotar. Estos embarcaderos se ubicarían, con prioridad, en los márgenes orientales, que son los menos batidos por el oleaje.
- En cuanto a la construcción de un refugio pesquero-puerto deportivo, hay que ser muy cautelosos. Se precisan unos estudios bastante detallados, dentro de una gama multidisciplinar.
- De entrada, se podría jugar con el diseño de un puerto ubicado en el margen oriental de la Ensenada de Ocumare, la más apropiada para soportar este tipo de actuación.

REFERENCIAS

- Enríquez, F. y Berenguer, J. (1986). Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costas. CEDEX-MOPU. 40 páginas. Madrid.
- Komar, E. (1988). Tracers of sand movement on the Oregon Coast. 1338-1351. In: Edge, B. (Ed.). Twenty-first Coastal Engineering Conference. 1988 Proceeding. American Society of Civil Engineers. 3009 pp. New York.
- Martínez, J. (1986). Diagramas de corrientes en playas. Revista de Obras Públicas. Número de octubre. p 767-781. Madrid.
- Sánchez Arcilla, A. (1984). Configuración de la línea de costa. pp 309-350. In: Sánchez Arcilla, A. (Director). Curso intensivo e ingeniería de costas. Secretaría General Técnica-Servicio de Publicaciones. MOPU. 570 p. Madrid.
- Suárez Bores, P. (1978). Shore Classification. III Inter. Congress. IAEG-AIGI. p 150-169. Madrid.

Wright, L. y Short, A. (1983). Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. p 35-64. In: P.D. Komar (Editor). CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion. C.R.C. Press. 305 pp. Boca Raton, Fla.



Bahías y playas significativas del litoral del Estado Aragua.

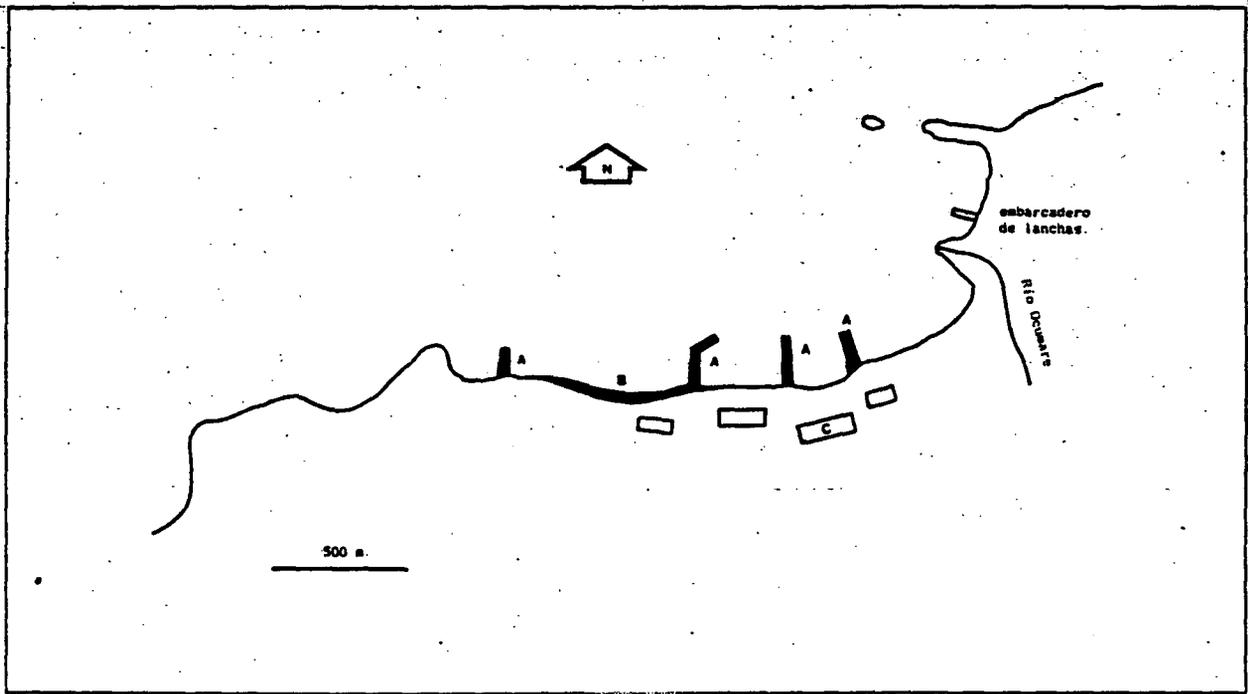


Figura 3.

Ensenada de Ocumare. Planta de las actuales intervenciones: A = espigones. B = muro de defensa. C = casas de mala calidad.

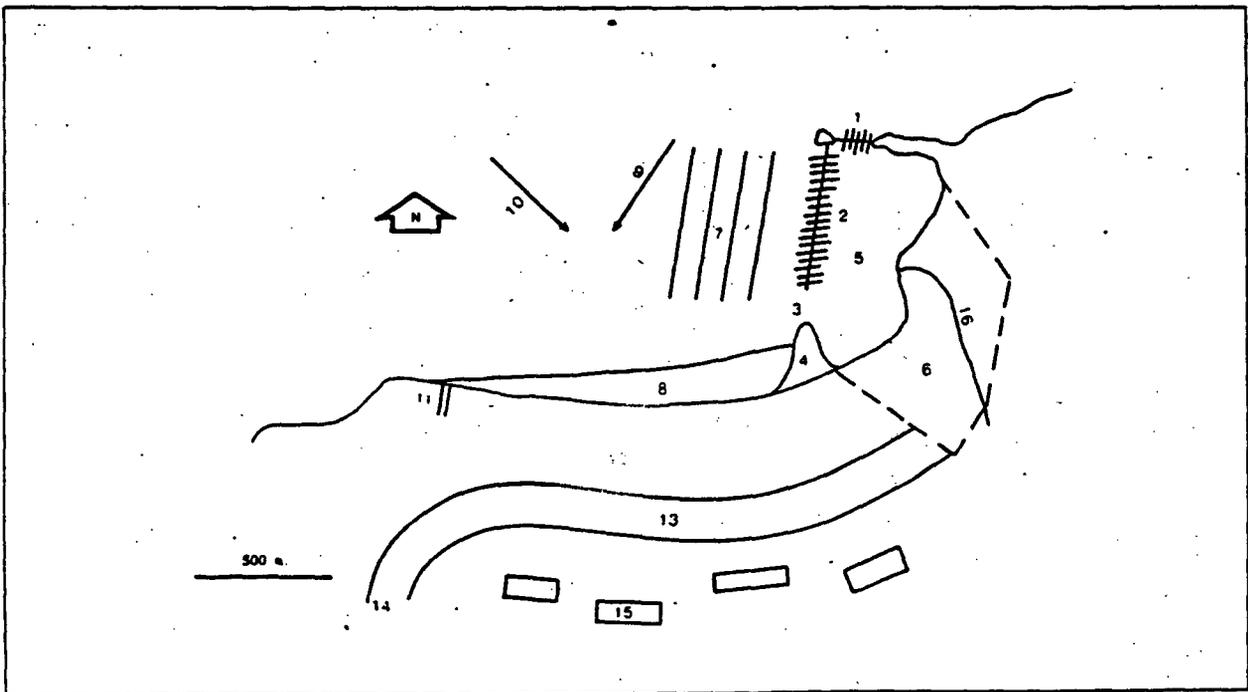


Figura 4.

Planeamiento de la Ensenada de Ocumare, y bosquejo del puerto. Significado de los números en el texto.