#### Indice

- <u>Conocimiento, comprensión y seguimiento de los procesos físicos en las playas</u>. En : REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL.Bienal (8º 1987. Pamplona) : I Reunión de Biología y Ecología del suelo, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Navarra ; Gobierno de Navarra, Departamento de Educación y Cultura, Institución Príncipe de Viena, p.427-432
- Estabilidad-inestabilidad en los depósitos de arenas de las playas canarias : rela-ciones entre pendientes topográficas y granulométricas. En : BOLETÍN del Instituto Español de Oceanografía, Madrid 3(1986),2, p.87-96
- 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 : BOLETÍN del Instituto Español de Oceanografía, Madrid 3 (1986),3, p.17-22
- 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
- Playas de Gran Canaria (España) : los carbonatos de sus arenas. En : BOLETIN del Instituto Español de Oceanografía, Madrid 4(1987),2, p.7-14
- Las C anteras (Las Palmas de Gran Canaria), aula abierta para la enseñanza de la dinámica sedimentaria en las playas, por J. Martínez y Juan José Castro. En : REVISTA de geología, Henares, (1988),2, p.285-292
- <u>Dinámica sedimentaria en la playa de Las Canteras</u> (Las Palmas de Gran Canaria), por J. Martínez...|et.al.|. En : REVISTA de Obras Públicas, Madrid, (1988), Febrero p.145-152
- Sedimentary processes on Las Canteras Beach. (Las Palmas, Spain) : Their importance for its planning and management, por J. Martínez...|et.al.|. En : TERRA abstracts, Journal of the European Union of geosciences, 1(1989),1, p.101, S Y11a-15
- 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

# VIII Bienal

## DE LA

# REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA

## DE

# HISTORIA NATURAL





I REUNION DE BIOLOGIA Y ECOLOGIA DEL SUELO

# ACTAS

PAMPLONA, 21 - 24 Septiembre de 1987

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLOGICAS 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 Polité<u>c</u> nica 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 pro cesos 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 sedimen tos.

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 ce los entornos.
- 2.- Se dibujan croquis. En estos se fijan puntos de referencia y se diseñan radiales y puntos de mue<u>s</u> treo, en los que periódicamente se levantan perfiles topográficos y se toman muestras de arenas.
- 3.- Y se identifican, clasifican y denominan las for mas 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:

 La refracción, difracción y rotura de las olas.
 T las ondas de resaca y las oscilaciones atrapacas.

En relación con esta hidrodinámica, WRIGHT y SHORT (1979,83 y 85) describen esquemas morfodinámicos de las playas, entre dos estadios extremos: Playas disipativas (máxima erosión).
 Y playas reflectantes (máxima acreción).

Las playas están constituidas por materiales sueltos, de d<u>e</u> terminados 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 BAS CCM (1951), KOMAR (1976), SUNAMURA (1984) y MAR-TINEZ (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 planza de una playa considera:

1.- Los movimientos topográficos a lo largo y ancho

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

- Las condiciones de equilibrio en los depósitos se dimentarios.
- 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, másicas 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, s<u>a</u> tisfactoriamente, 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 fo<u>r</u> mas simples a las múltiples y compuestas.

#### AGRADECIMIENTOS

Muy aprovechosas 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 beachface 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 Inst<u>i</u> tuto 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.

aono avorta a villa

- 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. Unive<u>r</u> sidad 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 zo nes in Australia In: P.D. Komar (Editor), CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion. CRC. Press, 429 pp. -Boca Raton, Fla.: 35-64.

# 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 plava 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 piava está principalmente controlada por aos 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 depositos 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 alucidated 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 fuct, 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 estructuralestexturales 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 deposito 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 desarroilará sobre una pendiente más suave.

Por otra parte, las pendientes aumentan en los procesos de erosión v disminuven 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 v 1959), Emerv v Gale (1951), Rector (1954), Kemp (1962), Shepard (1963), Wiegel (1964) v Mclean v 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, va 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 plava, 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 prescinda 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 plava 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 deficit 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 reterencia (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». (Martinez, 1984).

#### Construcción de la gráfica de equilibrio

1. Se identifican, en las playas estudia-

das, puntos medios intermareales estables (con unas pendientes y valores granulometricos 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 granulometrias 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 aproximacion a un modelo de curva de equilibrio para las playas arenosas de Gran Canaria.

#### RESULTADOS

TADIA	I Datas	40	1			4 - N - R + K P - 100 K + 45 KR R / 54
	1300	(10	1.45	niavas	en	Neganacinos
I ADLA	L. Luios	~~~		piuvus		
						-

Playa	Siglas radial estable	Siglas muestras intermareales	Fechu	$Q_2$	Pendiente zona intermareal
Taraialillo		1 PV	21/1.84	0.16	5
	• ••		17:2:84	0.16	5.1
**			27/3/84	0.158	4.1
			24/4/84	0.157	5.0
••			31/5/84	0.158	5."
			2/7/84	0.161	5
	.,		1/8/81		1
			3/9/84		5
			5704		
Pozo Izaui.	3 PV	3 PV	27/11 83	0.17	
"			27/12/83	0.17	5.1
			19/2/84	0.19	4.**
••			5/3/84	0.175	
			31/3/84	0.18	5.1
	**		21/4/84	0.175	• •
			20/5/84	0.19	
			16/6:84	0.187	
			22/7:81	0.185	
			20/8/84	0.175	
			77/0/81	V. 17.	1

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

Playa	Siglas radial estable	Siglas muestras intermareales	Fecha	Q2	Pendiente zona intermareal
Hombre	R,	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	51
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  $0_1$ . La pendiente mide  $P_1$ . Estas dos medidas definen el punto 1' en el diagrama de equilibrio perfil-granulometría.

El punto l' no está en la curva de equilibrio de la fig. 2, ya que para la granulometría  $0_{pr}$ , la pendiente es mayor de la esperada. Sun embargo el penfil tenderá a una situación de equilibrio y para ello, con esa granulometria, 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:

- a) una intensidad atenuada del oleaje, v
- b) 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  $0_2$ . 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  $0_2$  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<sub>2</sub>. El aumento de pendiente se consigue con un proceso erosivo, con perdidas 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  $0_3$ . La pendiente mide  $P_3$ . Estas dos medidas definen el punto 3 en el diagrama.

El punto 3 si 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 mantendrá 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 estabilidadinestabilidad 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 plava, no tienen por qué darse contemporáneamente los mismos procesos sedimentarios: en unos sectores puede haber procesos constructivos v en otros erosivos. Las plavas arenosas de Gran Canaria, y en función, entre otras cosas, del escenario geográfico v 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 oteaje.

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 constraste 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 mas de arena, para llegar al equilibrio. Y, sin embargo, en este muestreo es cuando se observó una de las maximas 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 minima 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, mas 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<sub>2</sub>.

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

2PV, situado en la figura 4	Tabla de datos correspondientes al punto medio intermareal del radia	.1

Enumeración muestreo	Fecha	Q.	Pendiente intermarear	Escala relativa de acumulaciones positivas (1)	Estabilidad inestabilidad
1	27 11 83	0.175		1()	
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	51	2	En equilibrio
7	21.4/84	0.192	61	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 dinamica estacional juega un papel fundamental en el equilibrio de la plava. Este Departamento de Geologia, 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 maxima 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 tinales de tebrero 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 tendera 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 depositos 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 depositos 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 seran 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 topogràficas-granulométricas, junto con los diagramas de corrientes, índices potenciales de desarrollo de transplayas eolicas, peculiaridades de los aportes sedimentarios, etc., es decir, los distintos aspectos de la dinamica sedimentaria de las playas canarías, que son estudiados en trabajos en preparación, constituyen un material previo, muy a tener en cuenta, para la gestión del litoral, que incluye, 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 behaviouer of beaches and groynes. *Proceedings of Institute of Ci*vil Engineers. 22, 191-210.
- MARTINEZ, 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. 41, 38 pp.
- SHEPARD, F. P. 1963. Submarine geology (2nd edition). Harper and Row. New York. 557 pp.
- SUNAMURA, T. 1984. Quantitative predictions of beachfaces 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.



PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. SECRETARIA GENERAL TECNICA Centro de Publicaciones Paseo de Infanta Isabel, 1 - 28014 MADRID

### 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.

#### CONCEPTO DE CORRIENTES. LOS DIAGRAMAS DE CORRIENTES, INDUCIDAS POR EL OLEAJE, 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,

<sup>(\*)</sup> Se admiten comentarios sobre el presente articulo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de enero de 1987.

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 f'ujo 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 tranporte 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:

$$Q_s = Q(V_s, I, i, \emptyset, D)$$

siendo:

- V<sub>s</sub> = Gradiente de sobreelevación.
- I = Anchura de la playa.
- i = Pendiente de la playa.
- $\emptyset$  = 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





REVISTA DE OBRAS PUBLICAS



linea de rotura de rotura

. .



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:

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

en donde:

x = distancia al fondo, y.

 $y = C_b - Sen a.$ 

siendo:

$$C_b = velocidad de la ola rota (pies/seg) = = \sqrt{2.28 g H_b}$$

 $H_{b}$  = altura de la ola en rotura (pies).

a = 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

OCTUBRE 1986

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

decrece hacia la orilla, depués 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,

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

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

769

cogidas por Sunamura (1984):

tag a = 
$$\frac{0.013}{(H_b / g^{0.5} D^{0.5} T)^2} +$$

+ 0,15 (con datos de laboratorio)

tag a = 
$$\frac{0.12}{(H_b / g^{0.5} D^{0.5} T)^{0.5}}$$

(con datos de campo)

y

tag a = 0,25 
$$\left(\frac{D}{H_o}\right)^{0,25} \left(\frac{H_o}{L_o}\right)^{-0.15}$$

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 sobreelevación, y si se considera, además, los impulsos del la componenente 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 sobreelevaciones en las zonas de rompientes y en el trough, y en relación con los sectores de playa colindantes. Los gradientes de sobreelevación 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 sobreelevación; 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 concurran 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 sobreelevación respecto a la zona colindante subcentral (que haya otro gradiente de sobreelevación.

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 sobreelevación respecto a los márgenes, hacia donde se dirigen corrientes laterales.

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 casos 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	Šingularidades dinámicas	CLASE	CARACTERISTICAS	Simbología de la playa
		0	Ausentes	1	Longshore currents por umbrales y valles del fondo.	A01
A	Rectilínea			2	Incidencia oblícua del oleaje. Longshore current fragmentada y de sentido cons- tante.	A02
		d	Presentes		De acuerdo con las singularidades di- námicas.	Ad
				1	Desarrollo de una sola corriente lateral, desde el margen enfrentado al oleaje.	B01
в	En caleta, con eje oblí- cuo a la dirección de aproximación del deaje	0	Ausentes	2	Dos corrientes laterales: una desde el margen enfrentado al oleaje y otra des- de el margen resguardado.	BOZ
				3	Dirección de aproximación del oleaje pa- ralela a uno de los márgenes. Longshore current, fragmentada o no, a lo largo de la orilla y hacia el margen no paralelo.	B03
		di	Presentes		De acuerdo con las singularidades di- námicas.	Bd
		0	Ausentes	1	s:n efecto umbral en los márgenes. Dos longshore currents desde la zona central.	C01
с	En caleta, con eje pa- ralelo a la dirección de aproximación del oleaje.			2	Con efecto umbral en los márgenes. Ini- cio de longshore currents desde la zona central y desde los márgenes.	C <b>O2</b>
		d	Presentes		De acuerdo con las singularidades di- námicas.	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 plavas, 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) v Nakamura v otros (1976)
- para el modelo C02.
- 5. Bores (1978) para los diagramas condicio-
- nados 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 ganeral, 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 disipación 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.
- En plavas rectilíneas de arena, el espaciac) do 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 zcna 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 relativamete, 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),



Figura 4. – Playa de El Inglés (S. Bartolomé). 9/3/85. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.



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



• 0.180 • 0.180 • 0.180 • 0.180 • 0.180

Figura 7.—El Portillo (Arucas). 24/3/84. Temporales de noroeste. Diagrama de corrientes según los valores de parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.





Figura 8. – El Portillo (Arucas). 30/12/83. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.





Figura 10.—Las Burras (S. Bartolomé). 5/6/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.



Figura 9. – Pozo Izquierdo (Santa Lucía). 16/6/84. Situación de alisios Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.

Figura 11. — Ojos de Garza (Telde). 16/7/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.

OCTUBRE 1986





Figura 12.—Ojos de Garza (Telde). 5/3/84. Situación del sureste. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.



Figura 13.-La Laja (Las Palmas). 27/10/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.

Figura 14. – El Hombre (Telde). 4/9/84. Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q<sub>2</sub>.

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 abcisas 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-



Figura 15. -- Las Canteras (Las Palmas). Situación de alisios. Diagrama de corrientes según los valores del parámetro granulométrico Q2.

nulométricos (fig. 15). Ello:

- a) Corrobora 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<sub>2</sub>.

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



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

### e- ra 16 y mediante la metodología descrita, se ha

RESULTADOS

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.

En relación con las playas en seguimiento desde 1983, que recogen el cuadro 3 y la figu-

- 1. Sardina del Norte (Galdar).
- 2. El Portillo (Arucas).
- 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).

777

#### CUADRO 3

#### DESCRIPCION DE LAS PLAYAS EN SEGUIMIENTO

			Dimensio	es aprox.	Fórmula de la clasificación
PLAYA	LOCALIZACION MORFOLOGIA		Longitud en m.	Amplitud en m.	genética según la metodo- logía de Bores (1978)
Sardina del Norte	Costa norte (Galdar)	En caleta	85	45	GG°,
El Portillo	Costa norte (Arucas)	En subcaleta	74	51	GG:。
Las Canteras	Costa norte (Las Palmas)	Subacaleta en una caleta amplia	2.940	77	GDdGGDdG'.。
Alcaravaneras	Costa norte (Las Palmas)	Rectilínea encajonada	672	50-168	
La Laja	Costa norte (Las Palmas)	En caleta muy abierta	1.260	49	GG?。
El Hombre	Costa oriental (Telde)	En caleta	224	91	GG <sub>°.</sub>
Melenara	Costa oriental (Telde)	En caleta	287	112	GG⁰.₀
Ojos de Garza	Costa oriental (Telde)	En caleta	420	36	G(m,M)G <sub>î,o</sub>
EL Burrero	Costa oriental (Agüimes)	En caleta	205	30	GG <u>°.</u> ₀
El Cabrón	Costa oriental (Agüimes)	En caleta	275	25	GG°₀₀
Pozo Izquierdo	Costa oriental (Santa Lucía)	En caleta	410	17	GG <sub>°.o</sub>
Tarajalillo	Costa meridional (S. Bartolomé)	Caleta en sentido amplio	325	35	GG <sub>°.</sub>
Las Burras	Costa meridional (S. Bartolomé)	En caleta	300	150	GG¦.。
El Inglés	Costa meridional (S. Bartolomé)	Rectilínea	2.485	70	Gg₀.₂

#### 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 noreste, condicionado por el alisio, estos modelos mantienen pautas constantes, y en función de ellas, las playas en seguimiento se agrupan como sigue:

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

- 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).
- 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 períodos 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 plavas 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 plavas 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 potecial 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 plantas 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 currens, 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 currens 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 subcaleta 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 corrientes 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 morflogía 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 relationsship between sand size and beach-face slope. Am. geophis. 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.; BERENGUER, 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 Puetos y Costas «Ramón Inbarren». Madrid. 483 pp.
- DEPARTMENT OR THE ARMY (1950): Longshore current obsevations 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 bi 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. Prco. 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 hearshore circulation and meandering currents. J. of Geophys. Res. Oceans and Atms. Núm. 18. Vol. 77., 3232-3247.
- SUNAMURA, T. (1984): Quantitative predictions of beach-faces 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 oceanologia 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

10
# 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 depositos 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 centain 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 conections between intertidal deposits and transbeaches.

Methodologies which bear the development of the formen 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.

Sé 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 tiem-

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 contraste 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 «derivas resultantes» para toda una playa.

Las «derivas 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 «derivas» 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-

Ъ.,

Procesos en playas



LEYENDA R Siglas de los radiales trazados.—n Siglas de los puntos de reterencia 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 deposito de basura).

puntos de reterencia para el estudio de balances sedimentarios.

🔵 puntos de muestreo.

Limite 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 integrada	s en el espacio», para un mes determina-
do, en la plava de El	Hombre (Gran Canaria).	

Fecha: 2/7/84

radiales M <sub>o</sub>	r 1	r <sub>2</sub>	r j	T <sub>és</sub>	r 5	r.6	¥ 7	: : :	rg	media integrada en el espacio.
intermareales	0'190	0'190	C'184	0'187	0'186	0'179	0.183	0'1775	0.86	0`2596
trasplaya				C'174	C'179	0'172	01172			011742
H <sub>o</sub> = mediana gra r = radial de la	inulométr a playa.	ica								

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.

1 zona	Nov 1983	Dic 1983	En 1984	Feb 1984	Mar 1984	АЪ 1984	Jun - 1984	Jul 1984	Ag 1984	Sep 1984	Ост 1984	
intermareal	0'185	0'1729	0'1736	0'1896	0'1873	0'2623	0'2141	0'2596	0'2693	0'2398	0'2082	
trasplaya	0'1877	0'1731	0'1708	0'1726	0'1745	0'1737	0'173	0'1742	0'1736	0'1785	0'1756	
		acre	ción		•		máxima	erosión				
l = medias granulométricas integradas en el espacio												

Ciclo de sedimentación: Novi	embre 83-Octubre 8
------------------------------	--------------------

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 Nuescras H5 y M6

mes $\overline{Q}_2$	Ên 1984	Feb 1984	Mar 1984	Abr 1984	May 1984	Jun 1984	Jul 1984	Ag 1984	Sep 1984	Oc 1984	Nov 1983	Dic 1983	media par cial integr <u>a</u> da en el tie <u>m</u> po
interma- real	0'175	0'197	0'184	0'188		0'187	0.186	0'174	0'1803	0'19	0'187	0'1612	0'1827
traspl <u>a</u> ya	0'1775	0'1775	0'173	0'179		0'177	0'179	0'178	0'1765	0'178	0'195	0'1686	0'1781
Q <sub>2</sub> = para	metro gr	anulomét	rico		(		:						

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.

radial zona	. r <sub>1</sub>	r 2	r 3	۲4	r <sub>5</sub>	r 6	r7	<sup>т</sup> 8	т <sub>9</sub>	medias
intermareal	0'1998	0'1907	0'1662	0.1294	0'1827	0'2484	0'1828	0'1832	0'7076	0'249
trasplaya				0'1739	0'1781	0'1738	0'1748			0'175
	INC		CR			INC	CR		INC	
CR = corriente INC = incidenc	de retorn 18 prefere	no. Encial de	aportes s	edimentar	ios.					

1.5 2.0

Ciclo de sedimentación: Noviembre 83-Octubre 84.

### Procesos en plava

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 v 4), v

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 indices 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. 4.—Evolución cualitativa, en un ciclo anual, de los procesos de erosión-acreción en el margen abierto al oleaje dominante del NE (h<sub>4</sub> 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, P. 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.
- 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 granulometrique comparée des sediments de plage des lacs kivu, Amin (ex Endoreard) et Mobutu (ex Albert). Zaire. Cahiers Geologiques, 104:733-742.
- MARTINEZ, 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
- SHORT, A. D. 1985. Rip-currents type, spacing and persistence, Narrabeen Beach, Australis. Marine Geology, 65:47-71.
- SUAREZ 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 fallequivalent sand grains, lake Ontorio, New York. Journal of Sedimentary Petrology, 55(2):226-234.

Manuscrito recibido en diciembre de 1985



PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. SECRETARIA GENERAL TECNICA Centro de Publicaciones Paseo de Infanta Isabel, 1 - 28014 MADRID

.

.

# 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 metología en el calculo 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 trasversales.

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 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 intermarealsubmareal.

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

£.

<sup>(\*)</sup> C.U.S. de Ciencias de Mar. Apartado de Correos, 550. Las Palmas.

<sup>(\*\*)</sup> Departamento de Topografía. Universidad Politécnica de Canarias.



Figura 1. – Esquema de la dinámica de ganancias y perdidas sedimentarias en una playa, según Muslín (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.



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<sub>1</sub>

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

# ESQUEMAS DE LOS MOVIMIENTOS LONGITUDINALES (EN EL EJE «Y» DE LAS PLAYAS) Basculación monopolar extrema

**CUADRO 2** 



## CUADRO 3

DISTANCIAS ENTRE LOS RADIALES EN CABECERA

Siglas de los perfiles	Distancia en metros
Sigilia de los permies	
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

# 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.

3.

471



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  $Q_1$ , Md 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 intrpretan 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 4. -- Acotación de los puntos de un perfil, según el nivel de referencia.

perficies definidas entre los perfiles topográficos y los niveles de referencia.

4. Se integran las áreas de los cuadriláteros de un mismo perfil. Y

5. Se da a los perfiles una anchura determinada (un metro a cada lado); para poder pasar de superficies a volúmenes:

S en metros  $\times$  2 m = Vm<sup>3</sup>

Para hacer comparaciones de cubicajes en un mismo perfil, en diferentes épocas del año, se delimita la longitud del perfil a la menor distancia, en horizontal, que se haya medido a lo largo del ciclo anual. La cota de ese límite externo se denomina «cota final» del perfil (punto F), y se calcula como la intersección de dos rectas (rectas c-d y la vertical de la figura 5) definidas por sus coordenadas x, y.

Para contrastar cambios de volúmenes de los diferentes perfiles, en una o sucesivas campañas, se precisa seleccionar, en cada radial, un nivel de referencia de longitud constante (sea 10 m), medido desde un origen «externo» invariable en el tiempo. Ese segmento debe soportar sólo la proyección ortogonal de la parte



Figura 5.—Condiciones para el calculo de cubicajes contrastables.

intermareal (total o parcial) de los perfiles topográficos (figura 5).

El origen se corresponde con la proyección del punto F, establecido de acuerdo con el perfil más corto.

En el cálculo de un volumen relativo, de la totalidad de una playa rectilínea, correspondiente a una fecha dada, se precisa conocer previamente:

a) las superficies relativas de cada perfil, y
b) las distancias que separan a los perfiles entre sí.

La separación entre perfiles se obtiene con los datos de la nivelación de los puntos fijos (figura 6).

El volumen relativo se calcula con la fórmula:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times D_{1-2} + \frac{S_2 + S_3}{2} \times D_{2-3} + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} \times D_{(n-1)-n}$$

en donde:

V = volumen total relativo,

 $S_i$  = superficie relativa correspondiente al perfil i,

 $D_{i-j}$  = distancia entre perfiles i y j.

En el caso de que la playa describa un arco,

JULIO - AGOSTO 1987

473



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 plava, que condiciona los procesos de erosiónacreción, 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

radial			1 PR		_			1 PV					2 PV					3 PV					4 PV			1		2 PR		
fecha	Q,	a,	۵,	SKa	С	۵.	Q.,	٥,	SKa	С	۵.	٩	۵,	SKa	С	۵,	۵,	۵,	SKa	С	۵,	۵,	۵,	SKa	С	۵,	Q.	۵,	SKa	С
17:11/84	0,267	C.210	0,161	0.004	:1	0 240	0,189	0 166	0 014	14	0.205	0,180	0,160	0.000	14	0,200	0,176	0.155	0.001	14	0,210	0 178	0.147	0.005	-4	0 227	0.180	0 160	0.015	١4
27/12:84	0.270	0,205	0.170	0,015		0.230	0,190	0.160	0.005	14	0 220	0,180	0,165	0,012	14	0.205	0,118	0.116	0,002	13	0,200	0.180	0 160	0,000	14 ) - 4	10 200	0,180	0 160	0 000	14
26 1 85	0,230	0,190	0,150	0.005	14 7	3 500	0,185	0 150	1.955	L4 Ca	0.249	9,180	0,155	0.000	14	0.200	0.165	0,155	0.012	14	0.200	0 165	0 150	0.005	.,		0.480	0 153	2.001	•
1 4 85	0,370	0.235	0,220	0,029		0 215	0,185	0 150	0.002	14	0,290	0,155	0,145	0.017	:4	0,220	0,170	0,150	0,015	14	0 100	0.160	0 140	0.010	•2	10 210	0 180	0 160	0.005	14
27 4 85	1,770	0.475	0,320	0.450	3	0 500	0,340	0 250	0.070	7						0,300	0,210	0,190	0,350	11	0.260	0.210	0,160	0.000	••	1				
25 5.85	1,3.0	J,570	0.390	0.275	3						0.230	0 180	0.160	0.015	14	0.230	0.190	0,170	010.0	14						3 240	0 200	0 190	0,015	14
2 7 85						0.860	0,450	0 290	0.125	8	: 400	0 660	0.340	0.021	3	0.225	0.170	0,155	0.020	14	0.270	0 190	0 160	0 025		0 215	0 175	0.115	0.020	14
22 7 85	2,000	0 961	0.580	0.330	3	0.740	0 440	0.330	പ് <del>നം</del> പറംബ	8						0.240	0,180	0.160	0.015	14	10.250	180	0.550	0.025		1 250	0 100	0.150	0.010	14
24 8 85	5 100	2,500	1 200	0.325	Ca	009 00	0.600	. 390	0.100	3	8 400	2 300	0.700	2 250	Ca.	0.200	0.130	0.160	0.000	14	0 200	0.180	0 160	0.000	12	1 200	6 170	0 150	0.005	:4
2 11 85	1.750	0,700	0.300	0.019	ŝ	1 250	0 175	C 160	0.007	14	0.215	0 180	0 160	0.007	•1	0 190	0.170	0 150	0 000	14	0 190	0 170	0.150	0 000	12	1 225	6 185	C 150	6 007	14
					C C C	- = dia po de - = me , = dia po de Xa - pa de - sta de de	imetro en 100 de granos diana qui metro en 100 de granos ametro en Krumpe sificacion los detri	n mm de los grano mas peo ranuxome n mm de granos d mas peo de asime in 1939 n y nomitios	e maila qu s mayores ueños trica maylas qu e mayores ueños, tria cuarrie ). enclatura (	e sepai i del 25 del 25 del 25 del 25 ;ular an	ra er 25 por 100 ra er 75 por 100 tmetica metrica							3 ≃ a 7 ⊤ a 8 = a 13 ≂ a 14 = a Ca = c	irenas mi irenas gri irenas gri irenas mi irenas fin irenas fin irenas fin	uy grue uesas co edias co as con as enosos.	sas con on arena on arena on arena arenas	arenas as tinas s medias s finas muy fini	medias 5. 85							

# 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 <sub>2</sub> (Md) interma real 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 <sub>2</sub> (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.









JULIO - AGOSTO 1987



Figura 9. – Evolución, en el tiempo, del parametro 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 gradiantes 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 relatriva, los detritos se

				Pérfi	I 1 PR			
Fecha		a	t	)	(	2	C	ł
	x	У	x	Y	x	У	x	У
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, <b>2</b> 4	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

CUADRO 7 ACOTACION DEL PERFIL 1 PR

				Pérfi	I 1 PV			
Fecha		а	t	<b>D</b>	0		c	1
	x	У	x	У	x	У	x	У
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 $\begin{array}{c} x = 0,00\\ y = 10,37 \end{array}$ Datos	en metros	•			·			

# CUADRO 8 ACOTACION DEL PERFIL 1 PV

# CUADRO 9 ACOTACION DEL PERFIL 2 PV

	Pérfil 2 PV							
Fecha	i	3	Ł	)	C	2		k
	x	Y	<b>x</b> .	У	x	У	x	У
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, <b>58</b>	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 $\begin{array}{c} x = 0,00\\ y = 9,21 \end{array}$ Datos e	n 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 arenas finas, en el período erosivo (figuras 7 y 8 y cuadros 4 y 5).

3

JULIO - AGOSTO 1987

477

CUADRO 10							
ACOTACION	DEL	PERFIL	3	ΡV			

	Pérfil 3 PV								
Fecha	ć	ä	b		С		d		
	x	V	X	Ŷ	x	У	x	v	
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. <b>9</b> 0	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	1				
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		1	
24/8/85	19,20	9,67	25,40	8,49	30,52	7,11		ř.	
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			·····				•		
x = 0.00									
Cabecera perfil $y = 9,50$ Datos e	n metros								

# CUADRO 11 ACOTACION DEL PERFIL 4 PV

				Pérf	I 4 PV			
Fecha	а			b		С		dt
	x	Y	x	Y	×	У	×	У
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	
1/4/85 (marzo)	8,77	9,58	14,93	7,84	1			
27/4/85	8,97	9,46	11.56	8,81	14,93	7,58		
25/5/85	5 <i>,</i> 68	9,85	9,98	8,50	14,93	7,65		f.
2/7/85 (junio)	5,61	9,70	9,30	8,27	14,93	7,67		1
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, '4	9,11	14,93	7,54
Cabecera perfil $\begin{array}{rrr} x &= 0,00 \\ y &= 10,03 \end{array}$ Datos e	n metro	os	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				

Se deduce el modelo de diagramas de transporte, por gradiantes de sobreelevación, 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).

	Pérfil 2 PR								
Fecha .		a	b		С		d		
	x	У	×	y	×	Ý	×	Ŷ	
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, <b>55</b>	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, <b>48</b>	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	

# CUADRO 12 ACOTACION DEL PERFIL 2 PR

## 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 <sup>3</sup> , en los márgenes de la playa	Medias de incrementos relativos en m³, en el sector sub-central de la playa	Medias de incrementos relativos en m³, 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	ي ( 8,15	± <u>−</u> − − − − − − − − − − − − − − − − − −
julio 85	4,74	91 .5 6.04	ੇ ਦੇ ਦੇ 15,39
agosto 85	3,58	ຼີ 👷 🤇 2,81	ສ ອັ ສ ອີ ( 3,19
septiembre 85	3,54	a a 4,36	<u>କ୍ଟି</u> ସ୍ଥାନ ସେଥିବା ସ
octubre 85	5,19	<sup>ਟ ਝ</sup> 1,63	3,41

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-

JULIO - AGOSTO 1987

479

ŝ,

### CUADRO 14

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

[ Lasha	Margen se	ptentrional (1 PR + 1 PV)	Margen m	eridional (2 PR + 4 PV)	Incrementos totales en m <sup>3</sup>
Fecha	m <sup>3</sup>	incrementos en mi	m?	incrementos en m <sup>3</sup>	*
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.

Facha	Sector se (entre los perfile	ptentrional es 1 PR y 1 PV)	Sector meridional (entre los perfiles 2 PR y 4 PV)		
recha	volumen relativo en m <sup>3</sup>	l volumen en m <sup>3</sup>	volumen relativo en m <sup>3</sup>	l volumen en m <sup>3</sup>	
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		· /	<u>.</u>		

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.

Por encima de un valor crítico de parác) metro 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

JULIO - AGOSTO 1987

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 plavas meridionales, resquardadas del NE. Sus oleajes, después de difractados, conservan la suficiente energía como para determinar corrientes lonaitudinales en las plavas, capaces de producir importantes barridos de detritos.

En las plavas 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 prodominancia del oleaie dei 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 plavas de arenas.

La plava 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-

۶.,



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



Figura 12. – Playa de Pozo Izquierdo (Gran Canaria). Movimientos de la superficie topogràfica durante el período 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 período 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



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

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 período 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 intepretación de los mapas climatológicos de superficie. En ese período 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 sobreelevación.
- 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 clasifican 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 wilh prevailing wind wave action». III. Congres Inter. IAEG. Madroid. 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.

# 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, biogenéticos, 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 posterior 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 contenidos en carbonatos de las arenas de una pla ya.

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

# Metodología de laboratorio

Los contenidos en carbonatos se evalúa a partir de análisis con el calcímetro d Bernard (método volumétrico). Para le cálculos se ha preferido utilizar «blanco» (CO<sub>3</sub>Ca químicamente puro) en lugar d considerar las condiciones ambientales d presión y temperatura.

La naturaleza de los carbonatos se ider tifica con la difractometría de R.X. Se tra baja con un equipo de la casa Philips, de Departamento de Mineralogía de la Un versidad 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 P<sup>1</sup>
 1 750.

- Un registrador PM 8 203.

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

- Radiaciones Cuk alfa.

 Velocidad de barrido: ΰ° por mini to.

 Velocidad del papel: 10 mm por gr do.

Constante de tiempo: 0.5.

- Sensibilidad: 5:10<sup>3</sup>.
- Zona de exploración: de 2.5 a 63<sup>c</sup>

# Situación de las playas

Las playas grancanarias en seguimien están localizadas en la figura 1 y se desc: ben en el cuadro I.





- 5. La Laja (Las Palmas).
- 6. Plava 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 Lucia).
- 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.

٠

			Dimensiones	aproximadas	Fórmula de la clasificación	
Playa	Localización	Morfología	Longitud en m	Amplitud en m	genética según la metodo- logía de Bores (1978)	
Sardina del N.	Costa N. (Galdar)	En caleta	85	45	$GG_{0,0}^{0}$	
El Portillo	Costa N. (Arucas)	En subcaleta	74	51	GG <sup>0</sup> <sub>0,0</sub>	
Las Canteras	Costa N. (Las Palmas)	Sub-caletas en una caleta amplia	2 940	77	$GDdGGDdG_{0,0}^{1}$	
Alčaravaneras	Costa N. (Las Palmas)	Rectilínea encajada	672	50-168		
La Laja	Costa N. (Las Palmas)	En caleta muy abierta	1 260	49	GG <sup>0</sup> <sub>0.0</sub>	
El Hombre	Costa Oriental (Telde)	En caleta	- 224	91	GG <sup>0</sup> <sub>0.0</sub>	
Melenara	Costa Oriental (Telde)	En caleta	287	112	GG <sup>0</sup> <sub>0.0</sub>	
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 <sup>0</sup> <sub>0.0</sub>	
El Cabrón	Costa Oriental (Agüimes)	En caleta	275	25	GG <sup>0</sup> <sub>0.0</sub>	
Pozo Izquierdo	Costa Oriental (Santa Lucía)	En caleta	410	17	GG <sup>0</sup> <sub>1.0</sub>	
Tarajalillo	Costa meridional (S. Bartolomé)	Caleta en sentido amplio	325	35	GG <sup>0</sup> <sub>0.0</sub>	
Las Burras	Costa meridional (S. Bartolomé)	En caleta	300	150	GG <sup>1</sup> <sub>0.0</sub>	
El Inglés	Costa meridional (S. Bartolomé)	Rectilínea	2 485	70	Gg <sup>0</sup> <sub>0.2</sub>	

# 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 plavas 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 r	nedios a	aproxim	ado	s en car-
	bonatos	de las	arenas	de	algunas
	plavas g	rancan	arias.		

Plana	% carbonatos				
Fiaya	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	Porcentajes de contenidos en carbonatos				
Malla tamices en mm	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 v menores	13.11	2.95			

CUADRO IV. – Densidades de los componentes d las arenas en las plavas canarias

COMPONENTE	DENSIDAD	1
Plagioclasa Na - k	2.70	
Nefelina	2.60	1
Leucita	2.47	1
Olivino (forsterita)	3.32	6
Augita	3.25-3.55	s 7
Hornblenda	3.34	ade
Fragmento de basalto	2.7-3.2	bist
Fragmento de ignimbri- ta fonolítica	2.3-2.4	as der
Calcita	2.71	le I
Aragonito	2.93	ia c
Magnesita	3.00	led
Dolomita	2.85	~
Caparazón gasterópodo	3.2	
Costra de equinodermo	3.5	
Magnetita	5.2	Media
Ilmenita	4.7	de las densida-
Hematites	5.26	des 5.05



Fig. 2. – Las Canteras (Las Palmas). Distribución de los valores calcimétricos. 25/6/84. Entre erosión v 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;	
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, c las arenas de las playas grancanarias en se guimiento, oscilan entre un 13% y un 50° (cuadro II). Estos contenidos determina el índice de color en los depósitos de pla ya, independientemente de que los fras mentos de roca sean basálticos y/o fonol ticos. En las playas seleccionadas, las are nas traquíticas no son significativas.

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

2. — En la interpretación y composició de los contenidos en carbonatos de las dis tintas fracciones de las arenas, se recurr a correlacionar los sistemas cerrados abiertos con la madurez o inmadurez de lo depósitos. Pero estas correlaciones, en prir cipio, serán válidas para las playas cana rias, en las que los contenidos en carbona tos dependen casi exclusivamente de lo bioclastos.

Se entiende por sistema cerrado una pla ya en la que los procesos de erosión y acre ción representan transportes de los detr: tos entre el estrán y la playa sumergida. E: los sistemas abiertos, los procesos de acre ción, en gran medida, responden a apoi taciones desde fuera de la playa, y los d erosión comprenden evacuaciones haci otros entornos.

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

En muchas de las playas canarias (L. Laja, El Hombre, etc.) no se da precisa mente esta relación. Se trata de playas in maduras, en las que los valores calcimétri cos describen curvas unimodales, con má ximos en las fracciones intermedias (entrlas fracciones 0.15 y 0.20 mm, ambas in clusive), independientemente de los proce sos de acreción y erosión, de los modelo de diagramas de transportes y de las loca lizaciones de las muestras en esos diagra mas.

En esta discusión, serán arenas gruesa aquellas cuyos diámetros rebasen los  $0.2^{\prime}$ 

### Los carbonatos de las playas de Gran Canaria

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 sobreelevación, 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 sobreelevación. 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 sobreelevación 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 biogenéticos, 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 grisáceas.

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 u playa grancanaria, los mayores valores c cimétricos de las muestras totales corr ponden, en el tiempo, a situaciones en una máxima acreción y erosión, o viceve sa. Cuando las arenas se aproximan a madurez, los máximos contenidos en ca bonatos coinciden con los períodos más er sivos.

# BIBLIOGRAFIA

- AUTORES ANÓNIMOS (1969). «Análisis calcimétr: de rocas carbonatadas», Departamento de Est: tigrafía, Universidad de Granada.
- BORES, P. S. (1978). «Shore classification-simy forms with prevailing wind action», III Cong-Inter IAEG, Madrid, pp. 150-169.
- FLOR. G., E. LLERA. y J. ORTEGA (1982). «Los ca bonatos biogénicos de los sedimentos de las p yas arenosas de Asturias y Cantabria: su orig y significado dinámico». *Cuadernos del Crima* n.º 2, 77 pp.
- FLOR, G. (1980). «Los carbonatos biogénicos de zona intermareal de playa en relación con la c námica y morfología costeras en Asturias v Ca tabria», Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), 7 pp. 275-289.
- FLOR, G. (1977). «Los carbonatos biogénicos en l depósitos arenosos de las playas del litoral ast riano», Breviario Geológica Astúrica, 4, pp. 51-6
- GILES, R. T., & O. H. PILKEY (1965). «Atlant beach and dune sediments of the Southern Ur ted States, *Jour. Sed. Petrol*, 35, pp. 900-910
- GORSLINE, G. S. (1966). «Dynamic characteristics West Florida Gulf cost beaches», Marine Geolog 4 (3), pp. 187-206.
- KEARY, R. (1967). «Biogenic carbonates in beach s diments of the West Cost of Ireland», Scient. Pro of the Royal Dublin Soc., Series A. 3 (7), p 75-85.

ø

Manuscrito recibido en enero de 198

HENARES, Rev. Geol., 2: 285-292 (1988)

# 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 objetives.
- 3.- A group of didactical units.
- 4.- Measurement and evaluation tests.
- 5.- And a bibliography.

Each didactical unit has the following parts:

- a) Specific objetives.
- 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 algu nos sectores, quedan reducidas a cero metros, en marea alta. Las pendientesoscilan, normal mente, entre  $0.5^{\circ}$  y  $3^{\circ}$  ( $0.5^{\circ}$  y  $5^{\circ}$ ).



FIGURA 1.- Localización geográfica de la playa de Las Canteras (Las Palmas).



FIGURA 2.- Perspectiva de la playa de Las Can teras (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, hav 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 especificos, 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 MT-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

l.- Informativos:

- l.l. 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 estructras 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 estruc turas 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

- 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

- l.- 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 acre ción 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 período de seguimiento de la playa.

RECURSOS INSTRUMENTALES

Cinta métrica, papel milimetrado y útiles de dibujo.

### RECURSO DE MOTIVACIÓN



FIGURA 5.-

¿Cuándo llega arena a tu plava?

¿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

l.- 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:
  - 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 topográ ficos de la playa.

### RECURSOS INSTRUMENTALES

Transportador de ángulos de plástico, burbuja de nivelación, dos tablas de 100x5x2 cm., tor nillo con mariposa, útiles de marquetería, cinta métrica de 50 m., papel milimetrado y útiles de dibujo.





FIGURA 6.- La superficie de tu plava: ¿También se balancea? ¿Por qué?.

### CONTENIDOS

- 1.- Los movimiento topográficos en las playas: Concepto y causas.
- 2.- Tipos de movimientos topográficos.
- 3.- El cálculc de cubicajes de arena.
- 4.- La cuantificación de los procesos de acre ción-erosión.

### UNIDAD Nº 4

La acumulación progresiva de arena en la playa

#### OBJETIVOS

- l.- Informativos:
  - 1.1. Conocer el concepto de balance sedi-mentario de una playa.
  - 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 sedi-mentarios 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 vetegales y animales, croquis de la playa y útiles de dibujo.

### RECURSO DE MOTIVACIÓN

(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.

¿Cómo

- 3.- De automatismos y destrezas:
  - 3.1. Dibujar, a mano alzada, el entorno 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

Otiles de dibujo, croquis y fotografías aéres de la playa.

RECURSO DE MOTIVACIÓN



### FIGURA 8.-

Parece ser que los granos de arena se con-centran, 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.
- Cuantificación de los cambios morfodinámicos.

### UNIDAD Nº 6

La erosión en los elementos delimitantes de la playa

### OBJETIVOS

l.- Informativos:

- l.l. 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

- l.- 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
### l.- Informativos:

- 1.1. Conocer las generalidades del transporte y depósito eólico de las arenas,
- 1.2. Conocer el concepto de impacto ambien tal.
- 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 urbanistico 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 relíctico 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:

- 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 relíticos de los Arenales de Las Palmas. Indicar, con flechas, las dependencias de estas formaciones sedimentarias con las playas circundantes.

### RECURSOS INSTRUMENTALES

Utiles de dibujo, croquis, fotografías aéreas y mapas topográficos, geológicos y de desarrollo urbanístico de la ciudad de Las Palmas.

RECURSO DE MOTIVACIÓN

(Figura 10)



### FIGURA 10.-

La arena de tu playa:

¿También está enjaulada?

¿Qué pasó con los Arenales de Las Palmas?

### CONTENIDOS

- l.- Definción 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

- l.- 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.
  - 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. Formula 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

 Conceptos de movimientos epirogénicos, eustáticos, transgresiones y regresiones marinas.

- 2.- Definiciones de rasas emergidas y plavas 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.

### CIRETRIOS DE EVALUACION

Se opta por una prueba de evaluación sumática, en oase a informes preparados por equipos de alumnos, sobre el conjunto de procesos físicos en la playa.

En la estimación de la calidadrendimiento 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 estabili dad de la playa de Las Canteras (Las Palmas de Gran Canaria)". Excmo. Avuntamiento de Las Palmas.
- \* 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 (Espana): Los carbonatos de sus arenas". Boletin 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)<sup>(\*)</sup>

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 interdependenciás 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 topográficos, es, hoy por hoy, el método más optimo 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 Bores (1980), y con la figura 2, la playa adquiere la siguiente fórmula:

G	d	D	d	G	G	D	G	0 (1)
Escollera	o G/Gravina	D	d	Plava Chica	G lodool oniog U		La Puntilla O	0 (1) 0,0
				12	6			

<sup>(\*)</sup> 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»

DINAMICA SEDIMENTARIA EN LA PLAYA DE LAS CANTERAS



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<sub>2</sub>, 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 lso 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)

Período de seguimiento: 1983-1984							
Playa en su c	onjunto						
Valores calcimátricos medios, en preso, en muestras totales Playa seca: 39,00 %		a: 39,00 %					
valores calcimetricos medios, en peso, en indestras totales	Zona intermareal: 38,50 %						
Francién grapulamétrica da muastras intermanales	Valores calcimétricos medios en peso						
riacción granulometrica de muestras intermateales	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 %					

# 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.

. Eacha	Incrementos relativos (m <sup>3</sup> )							
	Las Canteras N.	Playa Chica	Las Canteras S.	Tatalidad 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

						Inc	cremen	tos rela	ativos (	m <sup>3</sup> )				
Fecha					5	SW ←	Perfile	s → N	E					Totalidad de
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	la playa
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	- 1	-	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. <b>6</b> 6	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 Prointec (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-

# DINAMICA SEDIMENTARIA EN LA PLAYA DE LAS CANTERAS



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 barlomar de la formación sedimentaria mira hacia La Puntilla y el sotamar hacia La Peña de La Vieja (Peñón Central).

El hemitómbolo más meridional depende de la Barra Chica. Se encuentra entre las calles Gravina y Pelayo. El lado de barlomar mira hacia La Peña de La Vieja y el de sotamar 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 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 amplia 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 es tático): 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 topograficos 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 procesos 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 sobreelevación 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 intermareables 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).

151

- PROINTEC, S. A.: 1985. Toma de datos sobre estabilidad de la playa de Las Canteras y comportamiento del Arrecife Ministerio de Obras Públicas v Urbanismo. Dirección General de Puertos y Costas. Jefactura de Puertos y Costas de Las Palmas.
- PUIG ADAM ,P.: 1979. Calculo 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 Porcesses 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 Doctacal sobre «Meteorización en baltos 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 postgraduados 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.



# THREASE AND ADDREASE ADDREASE

Volume 1, Number 1, March 1989



An Official Journal of the European Union of Geosciences

# SY11a-13 OUATERNARY GEOLOGICAL MAPS - AN IMPOR-TANT TOOL IN SOLVING LAND-USE CONFLICTS IN NORWAY B. BERGSTRØM.

Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway).

Although Norway is a sparsely populated country, conflicts do arise from time to time in connection with the utilization of superficial deposits. Active interest and demand for these deposits has increased markedly in recent years, particularly in urban areas. However, land-use conflicts may foccur even in rural districts. This concerns especially the large and economically important sand and gravel deposits, where there are usually several different users making their claim. Framples of different forms of areal utilization are cultivation, forestry, sand and gravel exploitation, construction, groundwater and waste disposal. Environmental protection claims are also increasing. Most of these forms of utilization may lead to the situation where areas or deposits are appropriated permanently or over a long, indefinite period. In many cases, one form of exploitation may exclude another, and thus provide grounds for conflicts. Examples of different forms of exploitation will be presented. The fundamental significance of Bouaternary geological maps and derived thematic maps in land-use planning will also be demonstrated. particularly with regard to obtaining a balanced utilization which can prevent unnecessary conflicts.

# SY11a-14

「日本のい

ć

THE NATURAL ENVIRONMENT OF AN ISOLA-TED REGION: SAN SEBASTIAN BAY, TIERRA DEL FUEGO, ARGENTINA: SURFACE GEOLOGY AND ENVIRONMENTAL IMPACTS M. FERRERO, and F. VILAS\*.

- (CU Vigo, Vigo, Spain).

This work deals with the unwodified environment of an isolated region of the Earth and the recent transformations induced by the use of natural resources.

- Situated on the stlantic coast of the Isla Grande de Tierra idel Fuego ( $53^{\circ}10'5$  and  $68^{\circ}20'W$ ), the San Sebastian Bay is a wide coastal embayment (36 kms from N to S and 25 kms from E to W), built up at least 120.000 years ago by glacial conditions. The area has a tidsl range that varies between 3.2 to 10.4 m, and is dominated by strong westerly winds, ranging 150 km/h during the antarctic summer. The average temperature is 10°C in the summer period and -1°C in the winter.

It is a sparsely populated region very little modified by human action. The landscape represents the original conditions of the geomorphology: quaternary deposits of glacial origin, hundreds of linear ridges - cheniers - formed by episodic seastorm deposits and kilometers of gravel beach ridges, abandoned by the sea during the last six thousands years. There are several features of their surficial geology.

The evolution of the recent geology, starts with the formation of a valley excavated by glacial-fluvial conditions on tertiary sediments of deltsic origin and filled up with till deposits and the development of a gravel spit, 20 kms long, closing partially the mouth of the bay, creates conditions for an intensive sedimentation of very fine sediments (sands, silts and clays), which starts 6.000 years ago, developing 320 km<sup>2</sup> of an intertidal mud flat crossed by intertidal channels 6 to 8 kms long. As a whole, the area constitutes a "book example" of a natural evolution of a bay which at the same time contains important ecological characteristics.

At the present time, there are aeveral factors disturbing the natural conditions of the area because of the abaense of planning in the use of natural resources: Petroleum exploration with the conacquent earth movement and building of roads; destruction of the vegetation cover caused by overgrazing by sheep which leads to an erosion of soils. This soil affected by a deflation produces quite deep pans with an erosive scarps moving towards the east affecting the civil road works. Finally, the demographic increasing of Rio Grande population, located 80 kmas south of San Sebastisn Bay, has increased the need for building materials, and because of that there is explotation of many coastal beach gravels.

# SY11a-15

SEDIMENTARY PROCESSES ON LAS CANTERAS BEACH (LAS PALMAS, SPAIN): THEIR IMPOR-TANCE FOR ITS PLANNING AND MANAGE-MENT

J. MARTINEZ MARTINEZ, I. ALONSO BILBAO\*, R. ALVAREZ ESPEJO, and M.D. DEL ROSARIO CABRERA.

(Geology Laboratory, Marine Science Faculty, Polytechnic University of Canarias, Spain).

As a response of the whole of the physical conditionants and sand processes which control a sandy beach, a sedimentary dynamic is developed. Its knowledge and understanding is necessary to plan and manage this kind of environments.

The beach is situated in the North coast of the Island of Gran Canaria. Its length reachs 3.000 meters and the width of the intertidal zone ranges up to 100 meters. The submerged beach is partly broken by a natural bar of sandstone which emerges in lowtide.

The methodology includs: monthly topographic measurements lenghwise and brethwise the beach, sedimentary increases and decreases calculations, analysis of meteorologyc and oceanographyc data, sediment caracteristics calculations, and an estimation of several sedimentary rates.

Conclusions:

1.- It's possible to distinguish two different subambients on the beach: One of them is pure and permanently reflective. It has a component like a closed sedimentary system and another component like an open system. The other subambient tends to a dissipative one practically all the year and is like an open sedimentary system.

2.- On the intertidal trench along the beach, the accretion processes happen in summer while the erosion ones are in winter. The variables and conditionants of these processes are established.

3.- As a result of surf waves energy gradients, a net accretion in the reflective zone takes place while an important erosion is registered in the dissipative zone.

4.- From the cuantification of the sedimentary balances, a sedimentary variability rate, and accretion and erosion coefficients are obtained.

5.- A remaining excess of sand is infered from a rate of sedimentary sustentation capacity.

# SY11a-16

# THE SAN SIMON BASIN NATURAL FEATURES, DYNAMICS AND UTILIZATION, RIA DE VIGO, NORTHWEST SPAIN

M.A. NOMBELA, and F. VILAS\*. (CU Vigo, Vigo, Spain).

i i i go, i i go, e ponți

The San Simon Basin, is located in the inner part of the Ria de Vigo. Its dimensions are  $7 \times 4$  Km. It is a very shallow area, with a very low wave energy. The water depth never reaches more than 5 m, except in the area connected to the open Ria, where it is near 30 m deep. There are only two rivers that flow to the Basin and produce stuarine conditions specially in the eastern side.

There is a very clear factes differentiation: the upper part composed mainly of sands that belong to old deltas, today revor\_ xed by tides, and the rest of the area composed of mbd factes with a very rich organic matter and small amounts of siliciclas\_ tic sands and shell fragments.

The increasing human activities in the Basin have been changing the srea a lot during the last 30-40 yemrs. Some of the main facts introduced in the srea in recent times are: extensive mussel culture, bentic exploitation and those changes derived from urban and industrial activities.

Analyzing the map of bottom features, one can observe that the grain size sediments today present an anomalous distribution if compared with the scheme proposed by Gulcher in 1967; a decrease in grain size from the mouth of the river to the central part of the Basin. At the present time, there is a high increase in clay fraction over the silty-sands and sandy-silts units, composed mainly of fecal pellets from mussel culture among others things.

# Analysis of sedimentary processes on the Las Canteras beach (Las Palmas, Spain) for its planning and management

# J. Martinez Martinez, 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

Martinez, Martinez, 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 crosive 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 southernpart of the bar, in which a hemitombolo has been developed.

0013-7952 90 \$03.50 (1990 - Elsevier Science Publishers B.V.



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  $\Delta V =$  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  $V_r = \text{actual volume}$ ,  $V_p = \text{potential volume}$ ,  $V_p = LA[H - (A/2)tg\beta]$ , 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,  $\beta = \text{slope}$  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 Ca South	anteras	Hemitombolo	Central opening	Short beach	Las Ca North	interas	Mean values
Profile:	i	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.	А	В	В	С	В	В	В

\*A = fine sand: B = medium-size sand with fine sand: C = coarse sand with medium-size sand.

# TABLE II

Ì

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	Las Canteras South	Hemitombolo	Central opening	Short Beach	Las Ca	nteras North
survey Line:	1	4 10	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
Julv 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<sup>3</sup>) 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

¢.

ĵ,



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	Sediment variabi	Sediment support		
	(m)	from erosion to accretion	from accretion to erosion	capacity index (m)	
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.

ĩ

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.

Martínez, 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.