

841588

Boletín del Instituto Español de Oceanografía

Volumen 3
Número 2
Agosto 1986

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

Jesús Martínez

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

SEPARATA

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

Jesús Martínez

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

RESUMEN

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

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

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

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

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

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

ABSTRACT

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

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

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

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

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

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

INTRODUCCION

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

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

En el caso de las arenas gruesas y frag-

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

Por otra parte, las pendientes aumentan en los procesos de erosión y disminuyen en los procesos de acreción. El límite interno de la zona intermareal está menos expuesto a los barridos y deposiciones sedimentarias, cosa contraria a lo que ocurre en el límite más externo. En consecuencia, en los periodos 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 periodos de acreción, que coinciden con los de bajas energéticas del oleaje, con lo que las deposiciones son de granos más finos. Esto está de acuerdo con Bascom (1951 y 1959), Emery y Gale (1951), Rector (1954), Kemp (1962), Shepard (1963), Wiegand (1964) y Mclean y Kirk (1969).

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

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

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

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

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

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

MATERIAL Y METODOS

Campañas de campo

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

La metodología seguida consta de los siguientes pasos:

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

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

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

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

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

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

Construcción de la gráfica de equilibrio

1. Se identifican, en las playas estudia-

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

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

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

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

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

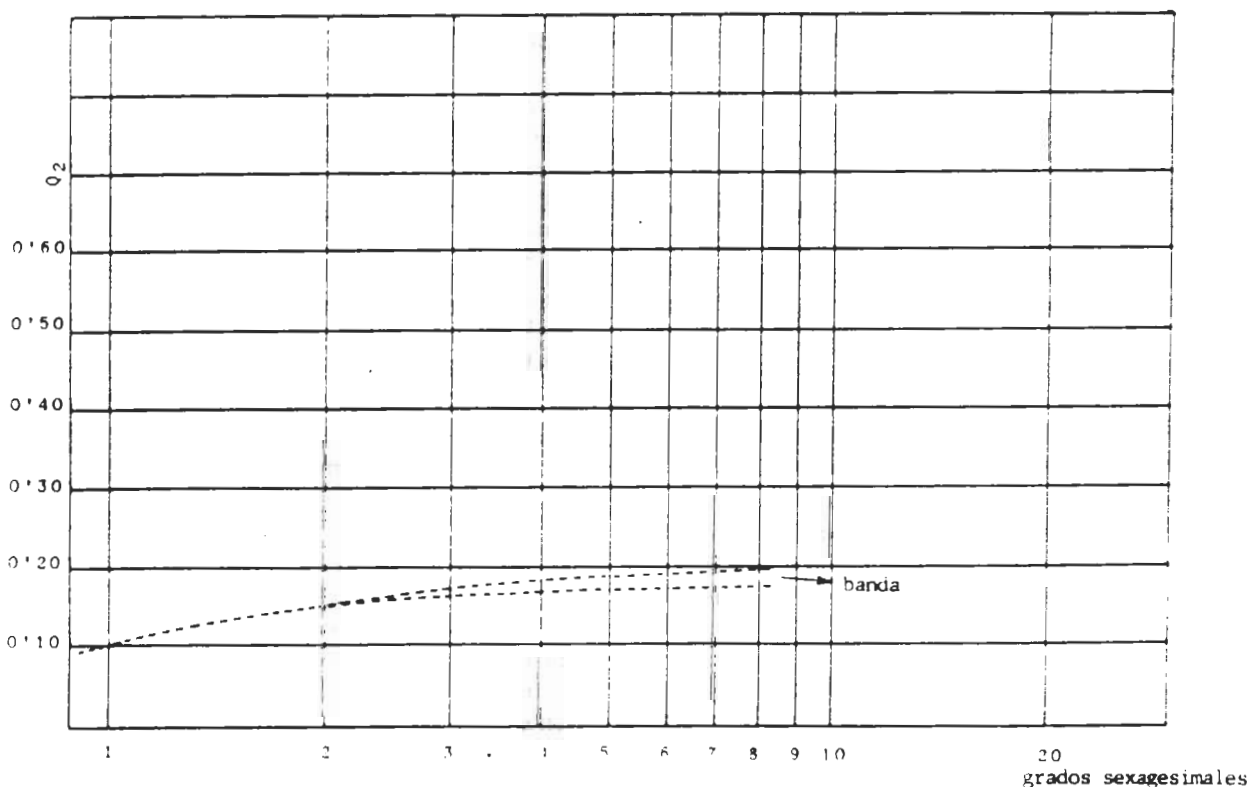


Fig. 1. Primera aproximación a un modelo de curva de equilibrio para las playas arenosas de Gran Canaria.

RESULTADOS

TABLA I.—Datos de las playas en seguimientos

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

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

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

DISCUSION

I. ANÁLISIS DE UNA GRÁFICA

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

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

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

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

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

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

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

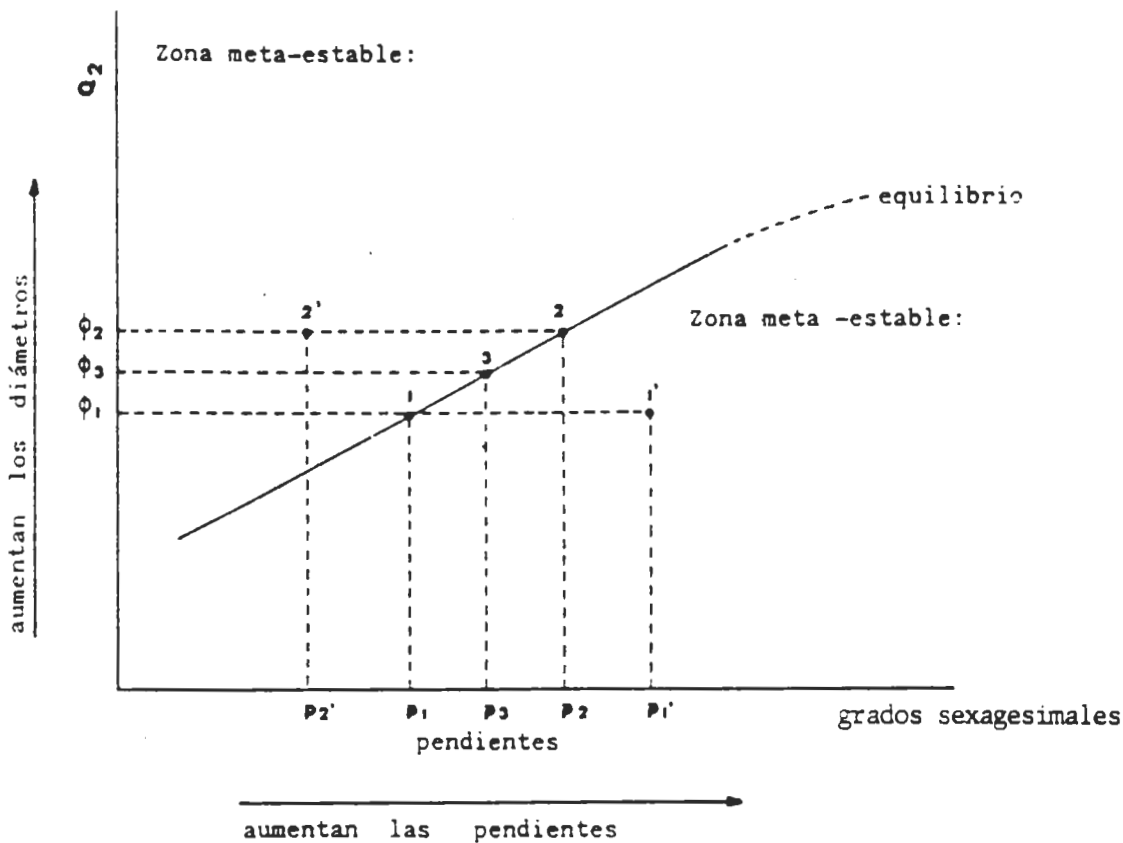


Fig. 2. Supuesto de diagrama de equilibrio perfil-granulometría, en zonas intermareales, para la discusión de la metodología propuesta.

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

En un tercer punto de referencia, el parámetro Q_2 toma el valor ϕ_3 . La pendiente mide P_3 . Estas dos medidas definen el punto 3 en el diagrama.

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

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

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

II. APLICACIONES DE LA METODOLOGÍA

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

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

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

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

III. ESTUDIO DE UN CASO PARTICULAR

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

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

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

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

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

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

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

1. El muestreo 2 (al final del otoño) trae un punto situado casi por debajo de la curva de equilibrio. En consecuencia, la playa, para la granulometría dada, tendería a ganar algo más de arena, para llegar al equilibrio. Y, sin embargo, en este muestreo es cuando se observó una de las máximas acumulaciones de sedimentos en el ciclo anual.
2. El muestreo 3 (febrero) define un punto situado muy por encima de la curva de equilibrio. Cabría formular que para esta nueva granulometría, con un valor de Q_2 superior al anterior, la playa tendería a perder arena, para alcanzar el equilibrio. No obs-

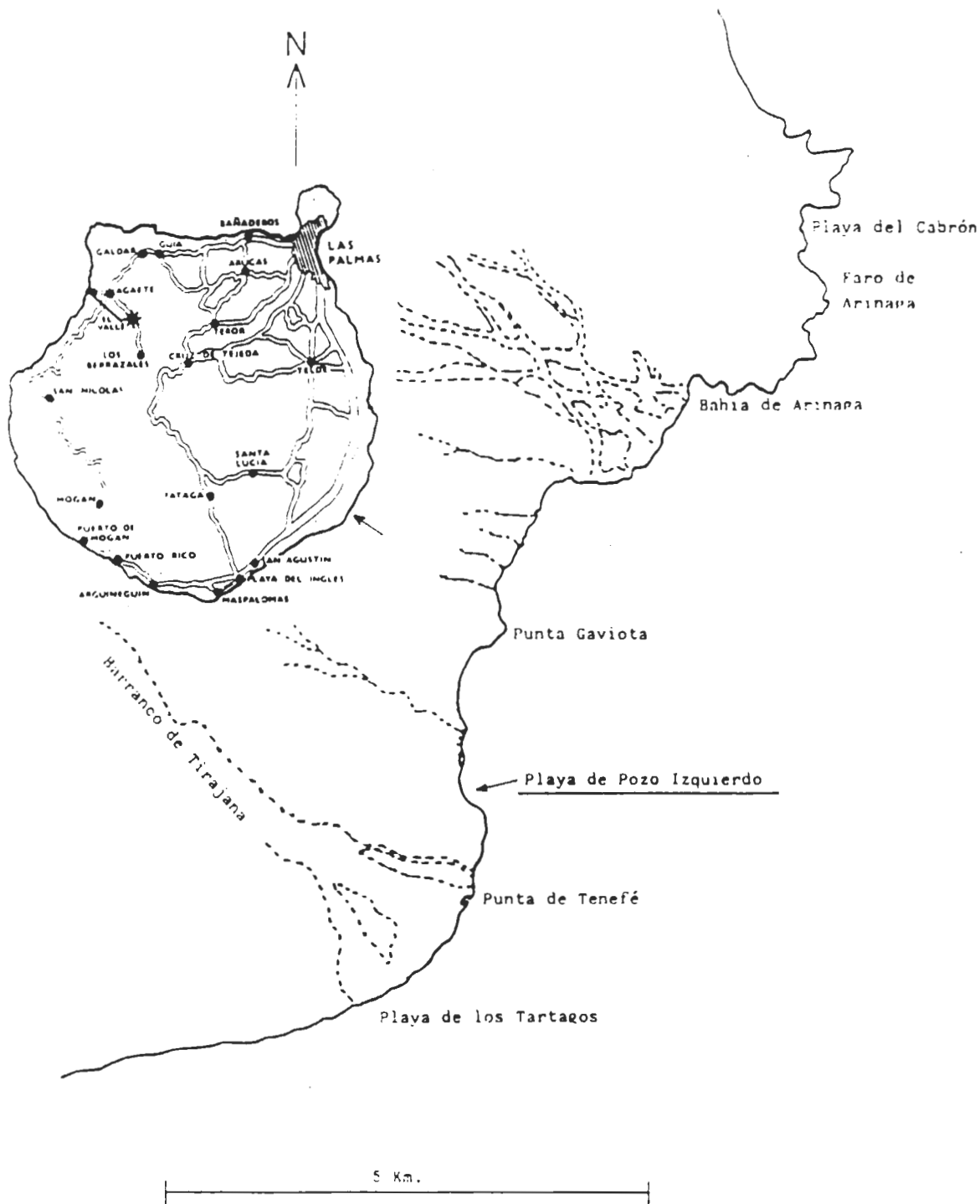


Fig. 3. Situacion de la zona muestreada.

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

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

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

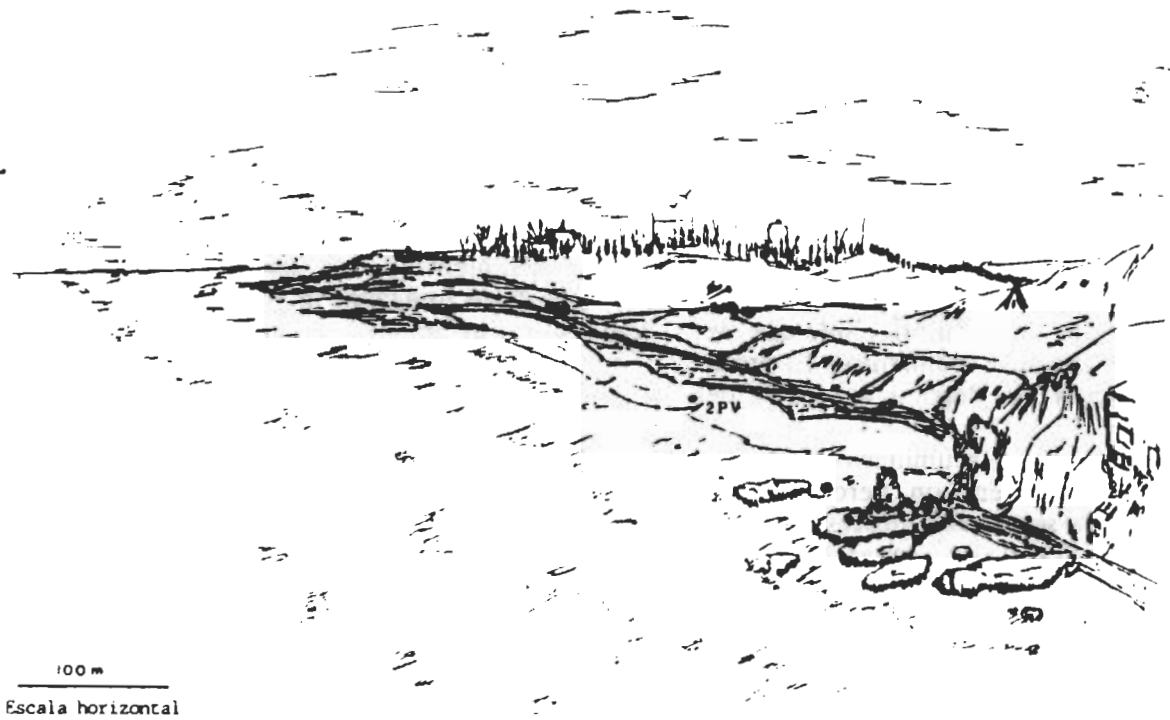


Fig. 4. Esquema mostrando la playa de Pozo Izquierdo y la situación del radial 2 PV. Ver figura 3 para su localización.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONCLUSIONES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

- BASCOM, W. N. 1951. The relationship between sand size and beach-face slope. *Am. geophys. union trans.* 32 (6), 866-874.
- EMERY, K. O., J. F. GALE. 1951. Swash and swash mark. *Am. geophys. union trans.* 32 (6), 31-36.
- KEMP, P. H. 1962. A model study of the behaviour of beaches and groynes. *Proceedings of Institute of Civil Engineers.* 22, 191-210.
- 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 beach-faces slopes. *Geological Society of America Bulletin.* 95, 242-245.
- WIEGEL, R. L. 1964. *Oceanographical engineering*: Englewood Cliffs. Prentice-Hall. New Jersey. 532 pp.

Manuscrito recibido en julio de 1985.



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