

**MODELIZACION MATEMATICA Y SIMULACION INFORMATICA DE LOS PROCESOS
Y EFECTOS FISICOS EN EL LITORAL**

JESUS MARTINEZ MARTINEZ

1996

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

Modelo matemático de los procesos interactivos de absorción y
desorción de gases atmosféricos por medio de filtros. En el
presente trabajo se describen los modelos matemáticos que se
utilizan para el estudio de la absorción y desorción de gases
atmosféricos por medio de filtros.

La teoría de filtros y sus aplicaciones en las plantas químicas en
forma de filtros de carbón, de sílice, de aluminio, de óxido de
zinc, etc., se describen.

Simulación matemática de los procesos de adsorción y de elución de
sustancias por medio de filtros. En el presente trabajo se
describen los modelos matemáticos que se utilizan para el
estudio de la adsorción y elución de sustancias por medio de
filtros.

**MODELIZACION MATEMATICA Y SIMULACION INFORMATICA DE LOS PROCESOS Y
EFECTOS FISICOS EN EL LIORAL.**

Completada la programación matemática correspondiente en el lenguaje
algebraico de los computadores, se procedió a la simulación de los
procesos de adsorción y de elución de sustancias por medio de
filtros.

U.L.P.G.C.
Ciencias Básicas
Biblioteca
Nº D. 265082
Nº C. 265089

INDICE

Modelo matemático de los procesos intermareales de acreción y erosión en playas arenosas, por Jesús Martínez ... [et al.]. En : III CONGRESO GEOLOGICO DE ESPAÑA Y VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA (1992. Salamanca) : Actas, T.II., p. 156-160.

La energía cinética y sus efectos en las playas arenosas, por Jesús Martínez ... [et al.]. En : Alemany, A., ed., HISTORIA NATURAL'91, 1992, P. 473-484.

Simulación numérica de los procesos sedimentarios en la playa de Sardina del Norte (Gran Canaria, España), por Jesús Martínez ... [et al.]. En : Navarrina, F., Casteleiro, M. eds., CONGRESO DE METODOS NUMERICOS EN INGENIERIA (2°), Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1993, p. 1132-1141.

La predicción de la erosión intermareal por temporales en playas arenosas del entorno canario, por Jesús Martínez ... [et al.]. En : CONGRESO DE METODOS NUMERICOS EN INGENIERIA (1°. 1990. Gran Canaria), Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, p. 82-90.

Composición precuencial del balance sedimentario en la playa arenosa de Sardina del Norte (Gáldar, Gran Canaria), por Jesús Martínez, J.J. Alonso y E. Melián. En : CONGRESO DE METODOS NUMERICOS EN INGENIERIA (2°), Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1993, p. 1132-1136.

MODELO MATEMATICO DE LOS PROCESOS INTERMAREALES DE ACRECION Y EROSION, EN PLAYAS ARENOSAS.

Jesús Martínez, Angelo Santana, Elena Melián, Frella Reyes, Cristina Rúa-Figueroa y Carmen del Toro.

Facultad de Ciencias del Mar. Campus Universitario de Tafira. 35017. Las Palmas de Gran Canaria

ABSTRACT

In this work, accretion and erosion processes in intertidal strips of sandy beaches are modelled.

With that aim the following steps have been made:

- 1.- Topographic monitoring of a beach in the Island of Gran Canaria (Spain).
- 2.- Development of a mathematical model.
- 3.- And interpretation of a significative time serie of records of sedimentary volumes.

RESUMEN

Se pretende modelizar los procesos de acreción y erosión en franjas intermareales de playas arenosas. Para ello:

1. Se ha hecho el seguimiento de los cambios topográficos de una playa de Gran Canaria (España).
2. Se desarrolla un modelo matemático.
3. Y se interpreta una serie temporal significativa, referente a observaciones de balances sedimentarios.

TECNICAS EMPLEADAS

Para el desarrollo de la modelización, se han seguido las siguientes técnicas:

- cálculo de cubicajes de arena en el estrán, de la playa arenosa seleccionada. Se emplea la metodología de Martínez et al. (1987).
- y ajuste de curvas logísticas, como las que recogen Beltrami (1987) y Draper Smith (1981).

RESULTADOS Y DISCUSION

I. DESARROLLO DEL MODELO MATEMATICO

Se fundamenta el modelo en las tres siguientes hipótesis de partida, en relación con la franja intermareal de una playa arenosa:

1. El proceso de ganancia de volumen se rige por la ecuación:

$$\frac{dv}{dt} = rv(1 - \frac{v}{K}) \quad (1)$$

en donde V = volumen,, t = tiempo,, dv/dt representa la variación de volumen en el tiempo,, r = inverso del intervalo de tiempo, para pasar de un volumen 1 a un volumen 2,, K = volumen máximo admisible para la playa.

2. El proceso de pérdidas se rige por la ecuación:

$$\frac{dv}{dt} = - \frac{\beta v^2}{A^2 + v^2} \quad (2)$$

en donde A = volumen mínimo característico de la playa., β = tasa de erosión (cambio de volumen en un tiempo dado).

3. El parámetro β se mantiene constante, hasta que aparezca un temporal, con el que toma otro valor.

De acuerdo con lo anterior, se plantea la ecuación de balance:

$$\frac{dv}{dt} = rv(1 - \frac{v}{K}) - \frac{\beta v^2}{A^2 + v^2} \quad (3)$$

El equilibrio entre pérdidas y ganancias se alcanza cuando no hay variación de volumen, esto es, cuando dv/dt = 0. Por tanto, el volumen de equilibrio de la playa será aquel que resulte como solución de :

$$rv(1 - \frac{v}{K}) - \frac{\beta v^2}{A^2 + v^2} = 0 \quad (4)$$

Si se definen:

$$p = \frac{K}{A^2} \frac{\beta}{r} - \frac{K^2}{3A^2} + 1 \quad (5) \quad q = \frac{1}{3} \frac{K^2}{A^3} \frac{\beta}{r} - \frac{2K}{3A} \left[\left(\frac{K}{3A} \right)^2 + 1 \right] \quad (6)$$

$$\Delta(p,q) = q^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} p \right)^3 \quad (7)$$

puede probarse que, en función de estos términos, la ecuación (3) está en algunos de los casos recogidos en la figura 1.

Dado que:

V' > 0 implica V creciente, y

V' < 0 implica V decreciente,

según la figura 1:

- a.- En los casos 1 y 2, cualquiera que sea el volumen inicial de la playa, siempre se alcanza el volumen de equilibrio V₁.
- b.- En el caso 3, donde V₀ se considera como el volumen inicial, se cumple que:
 - Si V₀ ≤ V₂, el equilibrio se alcanza en V₁
 - Si V₀ > V₂, el equilibrio se alcanza en V₂
- c.- En el caso 4:
 - Si V₀ < V₁, el equilibrio se alcanza en V₁
 - Si V₀ ≥ V₁, el equilibrio se alcanza en V₂
- d.- Y, por último, en el caso 5, se verifica que:
 - Si V₀ < V₂, el equilibrio se alcanza en V₁
 - Si V₀ > V₂, el equilibrio se alcanza en V₃.

De todo lo anterior, se infieren una serie de consecuencias, en el análisis de los procesos sedimentarios de ganancias y pérdidas intermareales, de una playa arenosa:

1. Inicialmente la playa se encuentra en un cierto volumen de equilibrio.
2. Cuando cambie β/r, también lo harán las soluciones de equilibrio.
3. Tras un periodo de ajuste, la playa adoptará un nuevo volumen de equilibrio. (Si el β/r permanece constante el tiempo suficiente para ello).

4. Si en la nueva situación hubiera un solo volumen de equilibrio, éste se alcanzará con seguridad. Si hubiera dos o tres, se alcanzará uno u otro, de acuerdo con el caso en que se esté, y con la posición relativa de V_0 , respecto a los nuevos volúmenes de equilibrio.

Cada playa y cada situación concreta de la misma, calma o temporal, dan lugar a un valor (p,q) que puede situarse en el plano pq . De acuerdo con (5) y (6), se prueba que para un valor constante de K/A , los posibles puntos (p,q) se sitúan sobre rectas. Sus posiciones están recogidas en la figura 2. Sobre esas rectas, la ubicación de un punto depende del valor que toma β/r . De esta forma, al variar β/r , lo hará el número de volúmenes de equilibrio y/o sus valores.

Cuando el cambio es sólo momentáneo y vuelve a su valor inicial, puede ocurrir:

1. Si la playa sólo tiene un volumen de equilibrio, se retorna a éste.
2. Si tiene varios volúmenes de equilibrio, la playa se estabiliza en el volumen de equilibrio que le correspondiese, de acuerdo con la posición del volumen originado por la perturbación.

II. APLICACION DEL MODELO

El modelo se ha experimentado en la Playa de Sardina del Norte (figura 3), que se localiza en el NW de la Isla de Gran Canaria (España).

En la Playa se delimitó una franja intermareal, con una amplitud operativa de 9 metros y una longitud de 90 metros. De ella, se tiene una serie temporal de seis años de medidas mensuales de cubicajes (tabla 1).

Se estima que el estrán tiene un K/A promedio en torno a 1.21. Esto quiere decir que se está en la situación c_1 , de la figura 2. Su ambiente sedimentario intermareal evoluciona en el plano pq , dentro de la región de una solución.

A partir de análisis cuantitativos de la acreción-erosión en la franja delimitada (Martínez et al, 1991), la anterior evolución se sitúa, además, en las proximidades o dentro, de la banda de los estadios disipativos, conforme a la clasificación morfodinámica de Wright y Short (1983).

La ecuación (1) que modeliza la acreción tiene como solución:

$$V = \frac{K}{1 + ae^{-rt}} \quad (8)$$

A partir de la serie temporal de la tabla 1, se analizan los periodos de acreción del 2-2-87 al 19-8-87, y del 23-12-87 al 28-9-88. Los parámetros de (8) pueden estimarse por mínimos cuadrados, a partir de estos datos. Se obtienen así las siguientes curvas:

$$V = \frac{774.6}{1+31.2e^{-0.13t}} \quad V = \frac{773.4}{1+6.6e^{-0.05t}}$$

que muestran un ajuste satisfactorio con los datos observados (V en m^3 y t en días). Los perfiles de estas curvas dependen de los condicionantes oceanológicos, durante el proceso de acreción desde la erosión máxima.

Los procesos de erosión intermareal, ante temporales determinados, con sus

condicionantes de entorno, morfodinámicos y oceanológicos en general, ya han sido analizados por Martínez et al (1990), y los resultados se integran coherentemente en el modelo logístico desarrollado.

CONCLUSIONES

1. El comportamiento global de ganancias y pérdidas, en una franja intermareal arenosa, se puede describir mediante el modelo desarrollado en este trabajo.
2. La ecuación diferencial, que soporta el modelo, tiene un término de comportamiento logístico y otro de decrecimiento. Este último implica un efecto de saturación.
3. El modelo permite determinar los volúmenes intermareales de equilibrio de una playa, y las pautas de evolución de éstos, como respuestas a nuevas situaciones oceanológicas.
4. Los términos referentes a los procesos de ganancias y pérdidas se ajustan aceptablemente a los comportamientos empíricos.

BIBLIOGRAFIA

- Beltrami, E. 1987. Mathematics for dynamics modeling. Academic Press. Boston.
- Draper - Smith, 1981. Applied regression analysis. Second edition. Wiley & Sons.
- Martínez, J., Sastre, J., Alemán, G., Castro, J.J., Martín, A. y Robayna, D. 1987. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arenas: métodos de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas. Julio - agosto. pp 469 - 483.
- Martínez, J., Melián, E., Reyes, F., Rúa-Figueroa, C., Silvela, P. y del Toro, C. 1990. La predicción de la erosión intermareal por temporales en playas arenosas del entorno canario. Libro del I Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería. pp 82-89. Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Martínez, J., Melián, M., Reyes, F., Rúa-Figueroa, C. y del Toro, C. 1991. Caracterización morfodinámica de la Playa de Sardina del Norte (Gran Canaria, España). Resúmenes de la VIII Reunión sobre el Cuaternario (Valencia 16-20 de Septiembre de 1991. pp 35-36).
- Wright, L. y Short, A. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: P.D.Komar (Editor), C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosion, C.R.C. Press, Boca Raton, Florida, pags 35-64.

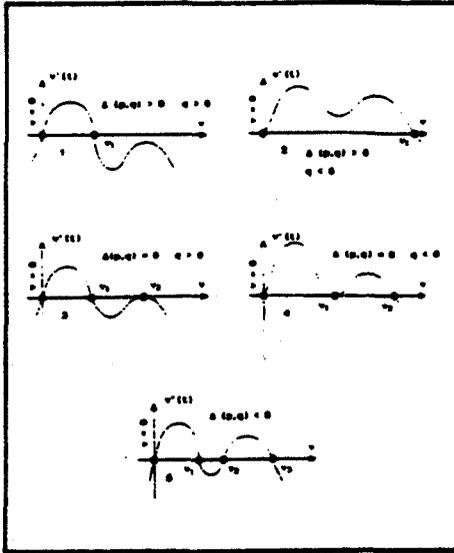


Figura 1. Posibles casos de volúmenes intermareales de equilibrio en una playa arenosa.

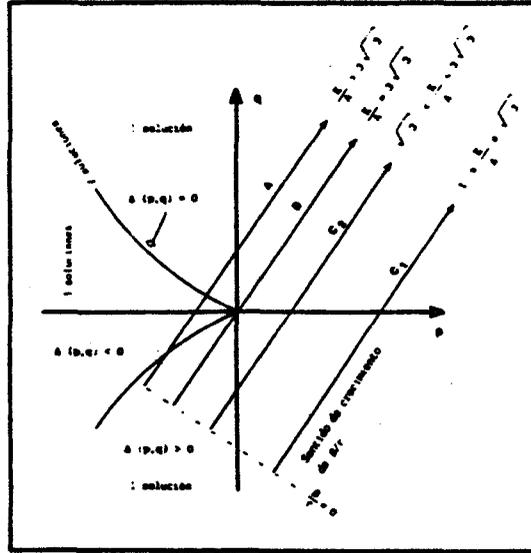


Figura 2. Condiciones de equilibrio en el plano pq.

Campaña	Ganancias o pérdidas	Campaña	Ganancias o pérdidas
19-12-83	1429.646	03-01-89	1411.310
21-01-84	1413.866	09-03-89	1411.210
21-02-84	1379.856	01-03-89	1342.800
23-03-84	1258.185	28-03-89	1379.310
01-05-84	1194.575	21-04-89	1228.930
20-05-84	1253.116	23-05-89	1286.190
25-06-84	1406.436	22-06-89	1289.190
26-07-84	1376.866	21-07-89	1435.460
01-09-84	1582.766	19-08-89	1376.126
04-10-84	1442.866	15-09-89	981.680
20-10-84	1561.175	21-10-89	1426.610
27-11-84	1466.966	20-10-89	1193.900
24-12-84	1546.216	17-11-89	1325.264
03-02-87	746.206	23-11-89	976.940
03-03-87	1214.276	10-02-90	674.794
08-04-87	1628.766	11-02-90	181.200
03-05-87	1488.766	11-04-90	0.000
01-06-87	1488.686	08-05-90	45.280
05-07-87	1376.206	08-06-90	1168.086
27-07-87	1582.806	08-07-90	1110.286
19-08-87	1488.166	08-08-90	1251.766
26-09-87	1236.446	27-09-90	1142.487
04-11-87	1825.866	04-10-90	1429.836
26-11-87	1871.196	04-11-90	1367.311
23-12-87	716.826	02-12-90	1146.884
21-01-88	1098.536	06-01-91	1235.238
24-02-88	1229.246	02-02-91	1233.628
24-03-88	1447.796	19-02-91	1396.212
01-04-88	1289.386	23-02-91	1186.866
01-05-88	1260.811	02-03-91	1239.246
24-06-88	1325.422	12-03-91	2501.887
25-07-88	1378.178	28-04-91	1344.827
25-08-88	1477.847	20-05-91	2609.269
26-09-88	1798.832	21-07-91	2221.186
27-10-88	1394.251	25-08-91	1285.079
04-12-88	1372.878		

Tabla 1. Serie temporal (6 años) de ganancias y pérdidas sedimentarias intermareales. Playa de Sardina del Norte.

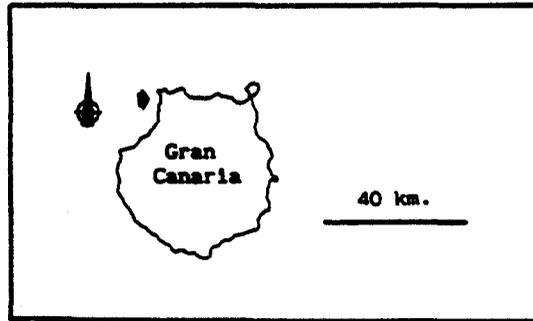


Figura 3. Localización geográfica de la playa arenosa en seguimiento: Sardina del Norte (Gran Canaria).

LA ENERGIA CINETICA Y SUS EFECTOS EN LAS PLAYAS ARENOSAS

KINETIC ENERGY AND ITS EFFECTS ON SANDY BEACHES

Jesús Martínez Martínez, M. Elena Melián, Frella Reyes, Cristina Rua - Figueroa, Angelo Santana, Carmen del Toro, y J. Juan Alonso
Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Campus Universitario de Tafira. 35017. Las Palmas.

Palabras clave: Acreción en playas, Erosión en playas, Sedimentología marina, Modelización de procesos físicos.

Keywords: Accretion on beaches, Erosion on beaches, Marine sedimentology, Physic processes modelling.

RESUMEN

Se pretende modelizar globalmente los procesos de acreción y erosión en franjas intermareales de playas arenosas. Para ello:

1. Se ha hecho el seguimiento de una playa de Gran Canaria (España).
2. Y se realiza un estudio estadístico de diversas series temporales significativas de observaciones, tanto de la dinámica de los depósitos sedimentarios como del enmarque oceanológico.

ABSTRACT

In this paper, accretion and erosion processes in intertidal strips of sandy beaches are modelled. With that aim the following steps were made:

1. Monitoring of one beach in the Island of Gran Canaria (Spain).
2. A series of records, taken at significant times, of both the dynamics of sedimentary deposits, and of the oceanographic framework, have been analysed.

1. INTRODUCCION

En relación con proyectos de optimización de playas arenosas, sobre todo turísticas, resulta necesario el estudio dinámico de tales ambientes sedimentarios. De ahí el interés de este tipo de trabajos, en los que se llega a establecer predicciones de las caracterizaciones y cuantificaciones de ganancias y pérdida de áridos.

Todo ésto se deberá considerar en la toma de decisiones respecto a la planificación y gestión del entorno litoral.

2. MATERIAL Y METODO

Para el desarrollo de la modelización, se han seguido las siguientes técnicas:

- cálculo de cubicajes de arena en el estrán. Se emplea la metodología de MARTÍNEZ *et al.* (1987),
- análisis estadístico del clima marítimo, con datos de la boya de Las Palmas,
- estimaciones de energías en las zonas de rompientes,
- y correlaciones entre los procesos dinámicos de los depósitos de arena y sus condicionantes arenosos,

Por otra parte, se ha seleccionado una playa arenosa representativa (Figura 1), en el litoral grancanario: Sardina del Norte (Gáldar).

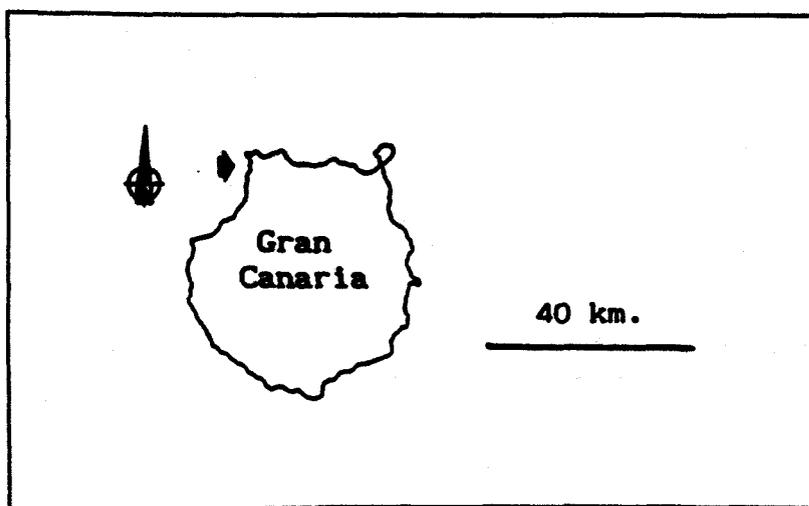


Fig. 1. Localización geográfica de la playa arenosa en seguimiento: Sardina del Norte, Gáldar (Gran Canaria).
Fig. 1. Geographical situation of the sandy beach of Sardina del Norte, Gáldar (Gran Canaria).

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los efectos más significativos de las franjas intermareales de las playas son, sin duda, las ganancias y pérdidas sedimentarias. La variación temporal del volumen de áridos de una playa resulta de la actuación conjunta de los procesos de acreción y erosión, que puede representarse mediante la ecuación:

$$\frac{dv(t)}{dt} = G(t) - P(t)$$

donde v representa al volumen de áridos, t es el tiempo, y $G(t)$ y $P(t)$ son, respectivamente, las ganancias y pérdidas instantáneas, que se producen en t .

De acuerdo con las series temporales de medidas de MARTÍNEZ *et al.* (1990), los cambios de volumen, debidos a los procesos de pérdidas, pueden ajustarse mediante expresiones exponenciales del tipo:

$$v(t) = ae^{-bt}, \text{ (a y b constantes, } b > 0) \quad (1)$$

Esta expresión de $P(t)$ implicaría, a medida que t crece, un agotamiento de todas las disponibilidades sedimentarias intermareales de la playa. Este sería un modelo idealizado que no se ajusta al comportamiento real de los balances sedimentarios de muchas playas. No obstante, la función exponencial sí sería aceptable para describir y cuantificar y predecir procesos de pérdidas en intervalos discretos de tiempo, y dentro de ciclos sedimentarios cortos (entre dos erosiones o acreciones significativas).

Sin embargo, los cambios de volumen debidos a procesos de acreción (Tabla I), se ajustan mejor a modelos logísticos de la forma:

$$v(t) = \frac{K}{1 + ae^{-bt}}, \text{ (a, b y K constantes, } b > 0, K > 0) \quad (2)$$

que se obtienen de resolver ecuaciones diferenciales del tipo:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{bv(K-v)}{K}$$

Estas reflejan el hecho de que la velocidad con que aumenta el volumen es proporcional al producto de su valor en cada instante, por la cantidad de material que la playa aún puede admitir, hasta alcanzar su capacidad máxima K .

El modelo (2) da lugar a un incremento inicial muy rápido de las ganancias, para luego estabilizarse, en torno a la asíntota $v(t)=K$.

El seguimiento de las playas, descritas por MARTÍNEZ *et al.* (1990), permite verificar este comportamiento. Es obvio que el proceso de acreción no podría seguir una función exponencial del tipo $v(t) = ae^{bt}$, ($b > 0$). En ese caso, con el tiempo se daría un acopio infinito de sedimentos con respecto al macrosistema donde se ubica la playa, cosa que no coincide con la realidad.

La modelización global de los procesos de acreción y erosión en playas arenosas, conforme a las limitaciones establecidas, también puede llevarse a cabo mediante el uso de modelos logísticos, tales como los recogidos por BELTRAMI (1987).



Tabla I. Serie temporal de seis años, de ganancias y pérdidas sedimentarias intermareales. Playa de Sardina del Norte (Gran Canaria)

Table I. Six- year time series, of intertidal increases and losses. Beach of Sardina del Norte (Gran Canaria).

Campaña	Ganancias o pérdidas	Campaña	Ganancias o pérdidas
19-12-85	1428.446	03-01-89	1411.910
21-01-86	1415.866	02-02-89	1411.210
21-02-86	1179.536	01-03-89	1342.080
23-03-86	1255.105	25-03-89	1270.910
01-05-86	1134.576	21-04-89	1225.820
30-05-86	1255.116	22-05-89	1356.150
28-06-86	1406.436	22-06-89	1380.198
26-07-86	1570.086	21-07-89	1435.460
01-09-86	1582.766	19-08-89	1276.116
04-10-86	1442.086	15-09-89	901.600
30-10-86	1341.176	21-10-89	1428.610
27-11-86	1466.956	30-10-89	1193.900
26-12-86	1546.316	17-11-89	1335.364
02-02-87	748.386	23-11-89	970.940
05-03-87	1214.276	10-02-90	674.794
08-04-87	1638.746	11-03-90	131.388
03-05-87	1455.766	11-04-90	0.000
01-06-87	1488.686	09-05-90	45.269
05-07-87	1370.206	09-06-90	1168.036
27-07-87	1502.806	05-07-90	1110.356
19-08-87	1488.166	06-08-90	1251.745
30-09-87	1336.446	27-09-90	1142.467
04-11-87	1035.046	04-10-90	1459.836
26-11-87	1071.196	04-11-90	1367.511
23-12-87	716.026	02-12-90	1146.804
21-01-88	1098.536	06-01-91	1255.238
26-02-88	1239.240	02-02-91	1235.620
26-03-88	1447.796	15-02-91	1390.212
03-05-88	1389.580	23-02-91	1106.068
03-06-88	1260.811	02-03-91	1239.246
30-06-88	1325.422	12-03-91	2901.097
28-07-88	1378.178	28-04-91	1344.827
28-08-88	1477.847	30-05-91	2609.969
28-09-88	1798.032	31-07-91	2221.106
27-10-88	1394.161	29-08-91	1285.079
04-12-88	1373.070		

En tales modelos, la variación instantánea, en el volumen sedimentario de las playas arenosas, obedece a una ecuación de equilibrio entre las ganancias instantáneas, que vendrían expresadas como:

$$G(t) = rv(t) \left(1 - \frac{v(t)}{K} \right) \quad (3)$$

y las pérdidas instantáneas, que se representa mediante:

$$P(t) = - \frac{\beta v(t)}{A + v(t)} \quad (4)$$

donde:

K = Volumen máximo que admite la playa.

A = volumen umbral (mínimo) de la playa.

r = parámetro de tiempo (inverso de la cantidad de tiempo necesaria para pasar de un volumen 1 a un volumen 2).

β = tasa de pérdidas (volumen perdido por unidad de tiempo). Depende del tiempo, la energía del temporal y la disponibilidad sedimentaria. Con objeto de simplificar el modelo, se asume que, en intervalos de tiempo correspondientes a episodios concretos de erosión o acreción, β se mantiene aproximadamente constante.

La ecuación (4) expresa el hecho de que la pérdida instantánea es proporcional a la parte que, dentro del volumen total de la playa, representa el volumen sedimentario en exceso, sobre el volumen umbral. Sin embargo (4) da lugar a una expresión muy brusca para las pérdidas, y para suavizarla, se corrige de la siguiente manera:

$$P(t) = - \frac{\beta v^2(t)}{A^2 + v^2(t)} \quad (5)$$

que conserva la característica de implicar la estabilización del proceso de pérdidas, toda vez que (5) alcanza una tendencia asintótica $P(t)=\beta$.

De esta forma, la variación del volumen de arena en un momento dado, se expresaría:

$$\frac{dv}{dt} = rv \left(1 - \frac{v}{K}\right) - \frac{\beta v^2}{A^2 + v^2} \quad (6)$$

Para simplificar la notación, se llama $v=v(t)$.

La cuestión de principal interés está en determinar si, en estas condiciones, existe algún volumen de equilibrio para la playa: un volumen tal que, si se alcanza, la playa se mantiene en él sin variación. Para responder a esta cuestión, se impone en (6) la condición de que el volumen de la playa no varíe, esto es, $dv/dt=0$. Ello implica que, una vez alcanzado el volumen de equilibrio, las pérdidas deben ser iguales a las ganancias:

$$rv \left(1 - \frac{v}{K}\right) - \frac{\beta v^2}{A^2 + v^2} = 0 \quad (7)$$

Si se opera en (7) se obtiene:

$$v \left[v^3 - Kv^2 + \left(\frac{\beta}{r}K + A^2\right)v - A^2K \right] = 0 \quad (8)$$

Esta ecuación tiene, como máximo, cuatro soluciones reales, que corresponderían a otros tantos volúmenes de equilibrio. Obviamente $v=0$ es una de estas soluciones. Para encontrar las otras tres debemos resolver:

$$v^3 - Kv^2 + \left(\frac{\beta}{r}K + A^2\right)v - A^2K = 0 \quad (9)$$

Unos sencillos cálculos algebraicos permiten comprobar que (9) puede escribirse también de la forma:

$$\left(v - \frac{K}{3}\right)^3 + \left(\frac{\beta}{r}K + A^2 - \frac{K^2}{3}\right)\left(v - \frac{K}{3}\right) + \frac{K}{3}\left(\frac{\beta}{r}K + A^2 - \frac{K^2}{3}\right) + \left(\frac{K}{3}\right)^3 - A^2K = 0 \quad (10)$$

$$\text{Si se llama } x = \left(v - \frac{K}{3}\right) \quad (11); \quad p = \left(\frac{\beta}{r}K + A^2 - \frac{K^2}{3}\right) \quad (12)$$

$$q = \frac{K}{3} \left(\frac{\beta}{r}K + A^2 - \frac{K^2}{3}\right) + \left(\frac{K}{3}\right)^3 - A^2K = \frac{K}{3}p + \left(\frac{K}{3}\right)^3 - A^2K \quad (13)$$

Se puede expresar (10) de la siguiente forma más simple:

$$x^3 + px + q = 0 \quad (14)$$

Se prueba fácilmente que el número de soluciones reales de esta ecuación depende del signo de su función discriminante:

$$\Delta(p, q) = 4 \left(\frac{p}{3}\right)^3 + q^2$$

de tal forma que:

- $\Delta(p, q) > 0 \Rightarrow$ (14) tiene una única solución real.
- $\Delta(p, q) = 0 \Rightarrow$ (14) tiene dos soluciones reales.
- $\Delta(p, q) < 0 \Rightarrow$ (14) tiene tres soluciones reales.

Este resultado queda representado gráficamente en la figura 2. En esta, se muestra como la curva $\Delta(p, q)=0$ permite clasificar el plano pq en tres regiones, en cada una de las cuales se verifica una de las condiciones anteriores. De esta forma, la posición de cada punto (p, q) sobre este plano determina el número de soluciones reales de la ecuación (14) y, por tanto, también de la ecuación (10), que da lugar a esos valores de p y de q .

Se observa ahora que si $x < -\frac{K}{3}$, entonces:

$$x^3 + px + q < \left(-\frac{K}{3}\right)^3 + p \left(-\frac{K}{3}\right) + q = -A^2K < 0 \quad (15)$$

De aquí se sigue que si x es solución de (14), entonces necesariamente $x \geq -K/3$. Ahora bien, de acuerdo con (11), $v = x + K/3$, y como $x \geq -K/3$, resulta que $v \geq 0$. Ello significa que, en cualquiera de los tres casos anteriores, los volúmenes de equilibrio de la playa, en caso de alcanzarse, no serán nunca negativos, lo cual tiene perfecto sentido físico.

Asimismo, (13) indica que para cada par de valores de K y A fijos, los valores de p y q se hallan, en el plano pq , sobre la recta de pendiente positiva:

$$q = \frac{K}{3}p + \left(\frac{K}{3}\right)^3 - A^2K \quad (16)$$

Tal como se ha definido p en (12), cuando K y A son fijos, el valor de p aumenta o disminuye según lo haga el cociente β/r . Dado que el mínimo valor que puede tomar este cociente es $\beta/r=0$, el mínimo valor de p será:

$$p = A^2 - \frac{K^2}{3}$$

al que corresponde:

$$q = \frac{K}{3}p + \left(\frac{K}{3}\right)^3 - A^2K = -\frac{2}{3}K \left(A^2 + \frac{K}{3}\right)$$

Para este punto (p, q) , se puede comprobar que $D(p, q) > 0$, lo que significa que se encuentra en la región de una única solución real. En la figura 2, se muestran las cuatro

posibles situaciones relativas, en que puede encontrarse la recta (16). La ocurrencia de una u otra de tales situaciones depende del valor de la ordenada en el origen de esta recta que, como puede apreciarse, vale $(K/3)^3 - A^2K$.

Así, se está en la:

- Situación 1 $\Leftrightarrow (K/3)^3 - A^2K > 0 \Leftrightarrow K/A > \sqrt[3]{27}$
- Situación 2 $\Leftrightarrow (K/3)^3 - A^2K = 0 \Leftrightarrow K/A = \sqrt[3]{27}$
- Situaciones 3 y 4 $\Leftrightarrow (K/3)^3 - A^2K < 0 \Leftrightarrow 0 \leq K/A < \sqrt[3]{27}$

Se concreta estos resultados y su interpretación de la siguiente forma:

1. Si una playa verifica $0 \leq K/A < \sqrt[3]{27}$, existe siempre un único volumen de equilibrio. Este depende no sólo de K y de A, también de β y de r, que determinan la posición del punto (p, q). Si estos dos últimos parámetros se mantienen constantes el tiempo suficiente, la playa podrá llegar a alcanzar su volumen de equilibrio. Si se produce un temporal, el valor

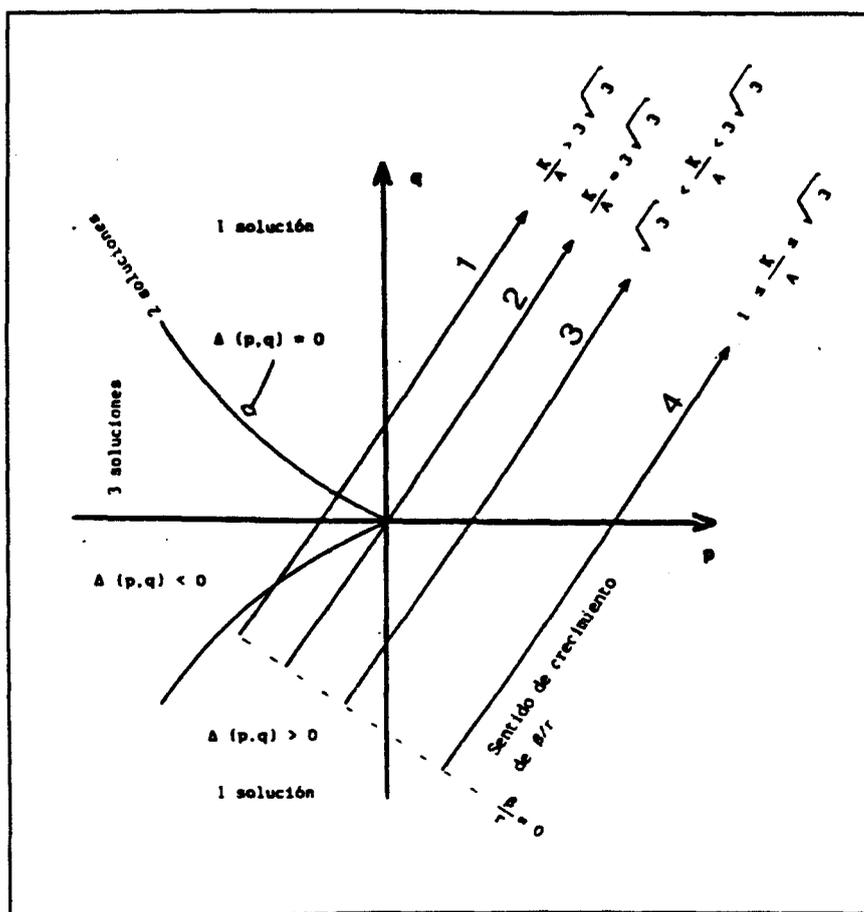


Fig. 2. Condiciones de equilibrio en el plano pq.
Fig. 2. Equilibrium conditions in pq plane.

de β experimenta un cambio brusco, que le hace aumentar. Si este valor de β se mantiene durante un cierto tiempo, la playa podrá alcanzar, nuevamente, un nuevo volumen de equilibrio, que no tiene por qué coincidir con el que tenía antes.

2. Si la playa verifica es tal que $K/A = \sqrt{27}$, cabe la posibilidad de que un cambio en los valores de β y de r haga que $(p, q) = (0, 0)$. El ambiente sedimentario se situaría en la zona donde $\Delta(p, q) = 0$ y, por tanto, existirían dos posibles volúmenes de equilibrio. Un estudio más detallado, de las ecuaciones diferenciales envueltas en este proceso, permitiría decidir si la playa llega a estabilizarse realmente en alguno de ellos, lo que dependería fundamentalmente de las condiciones iniciales antes del cambio de β y de r .

3. Si la playa es tal que $K/A > \sqrt{27}$, los cambios en los parámetros β y r podrían conducir a la playa a situaciones en que son posibles uno, dos o tres volúmenes de equilibrio. Al igual que en el caso anterior, son las condiciones iniciales de la playa, antes del cambio, las que determinarían en cuál de esos posibles volúmenes se produce efectivamente la estabilización, si ésta llega a tener lugar.

Sobre la referida recta, β disminuye progresivamente, pero en realidad funciona a saltos, cuando interviene los temporales y, de esta manera, se puede pasar a situaciones de equilibrio muy distanciadas.

Las pérdidas sedimentarias bruscas, por temporales erosivos, se verifican en los seguimientos de las playas, y están recogidos por diversos autores (SUÁREZ BORES, 1981, y otros). Los intervalos bruscos pueden durar desde unas cuantas horas a varios días.

Para que se mantengan las situaciones de equilibrio, el decrecimiento de β no conlleva unas ganancias sedimentarias.

Los temporales previos y posteriores a los significativos se localizarían, en principio, dentro de los comportamientos asintóticos de los procesos de acreción y erosión efectiva, respectivamente. Sin embargo, conviene hacer las siguientes matizaciones:

1. Los temporales previos podrían determinar basculaciones topográficas intermareales, sin cambios volumétricos significativos, en la totalidad de esta franja. Actuarían a modo de "tampón" en el balance sedimentario y, por lo tanto, tienden a estabilizar la acreción máxima. No obstante, las ligeras pérdidas sedimentarias tendrían entidad adecuada para iniciar, en muchos casos, la curva exponencial de la erosión, en su tramo más suave.

2. Los temporales posteriores serían responsables, en gran medida, de la pendiente en las curvas logísticas de acreción.

Para la Playa de Sardina del Norte (Gran Canaria), el conjunto de procesos intermareales, de acreción u erosión de una serie temporal de seis años, describe una especie de oscilación periódica, de geometría peculiar, que, de entrada, haría recordar una función tipo cuasi senoidal.

Estos procesos de acreción y erosión de arenas son respuestas de los cambios energéticos de las playas. En efecto, tales ambientes sedimentarios se pueden definir como un sistema tendente a un equilibrio entre energía cinética del oleaje, valores granulométricos del árido y pendiente topográfica.

La anterior definición en parte ha sido recogida por BASCOM (1951). Su curva relaciona valores granulométricos de los áridos y pendientes topográficas. No obstante, quien ha considerado conjuntamente, de forma explícita, los tres componentes del sistema

es KOMAR (1976), en una gráfica que ha servido para diseñar otra adaptada a las características de las arenas del entorno canario (Figura 3). En esta última, la curva envolvente superior representa situaciones de alta energía del oleaje, mientras que la inferior corresponde a las situaciones de baja energía. Sobre estas tienen lugar los procesos de erosión y acreción, según las pautas que se describen en la figura 4.

Las expresiones de SUNAMURA (1984), entre otras, hacen admisibles las relaciones gráficas antes reseñadas.

Para la cornisa septentrional de la Isla de Gran Canaria, en donde se encuentra la Playa de Sardina del Norte, el enmarque energético se muestra en la figura 5. En ella, se representa la energía del oleaje, en la zona de rompevientos, y en relación con alturas máximas, significantes y medias, de datos del clima marítimo, registrados por la Boya de Las Palmas, para una serie temporal de cuatro años (entre 1986 - 1989).

Para las estimaciones de energía en la zona de rompientes, se aplica una aproximación de las formulaciones de la teoría lineal de las ondas. Se acepta esta metodología, de acuerdo con autores tales como MICHE (1944), HORIKAWA & KUO (1966) COLLINS & WIER (1969) y KOMAR & GAUGHAN (1972), aunque según algunos autores, se introduciría un cierto error (véase, por ejemplo, SÁNCHEZ ARCILLA, 1984).

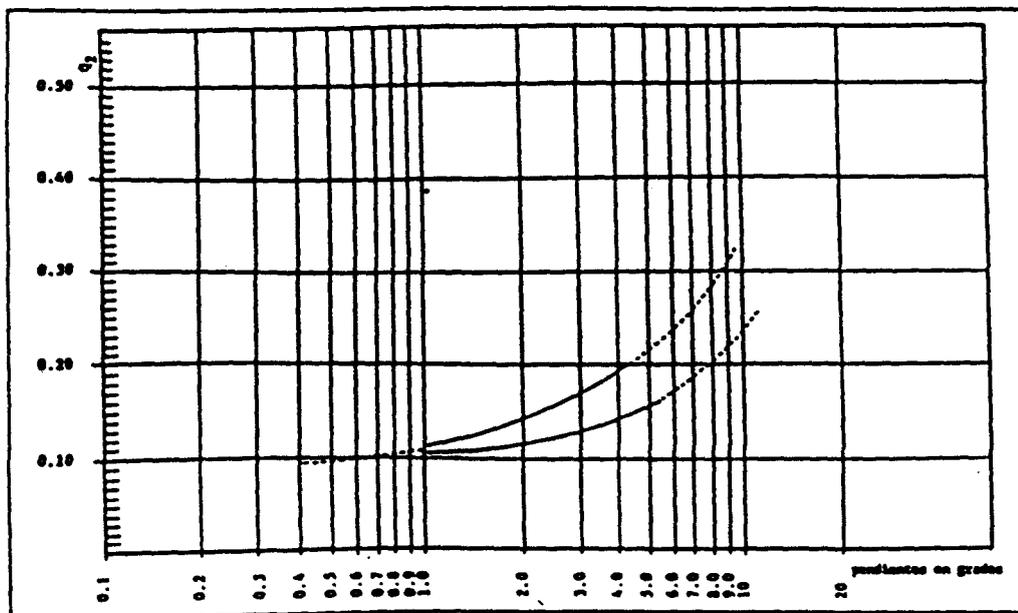


Fig. 3. Relaciones entre pendientes, energías del oleaje y valores granulométricos de las arenas, en franjas intermareales de las playas canarias.

Fig. 3. Relationship between beach-face, angle and grain size for Canarian beaches.

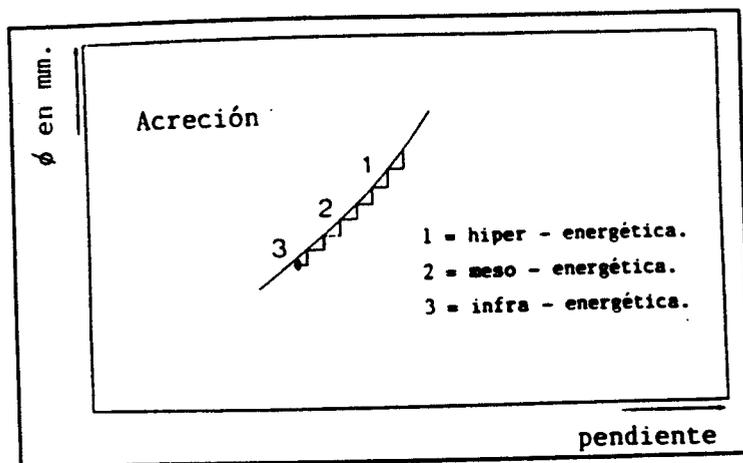
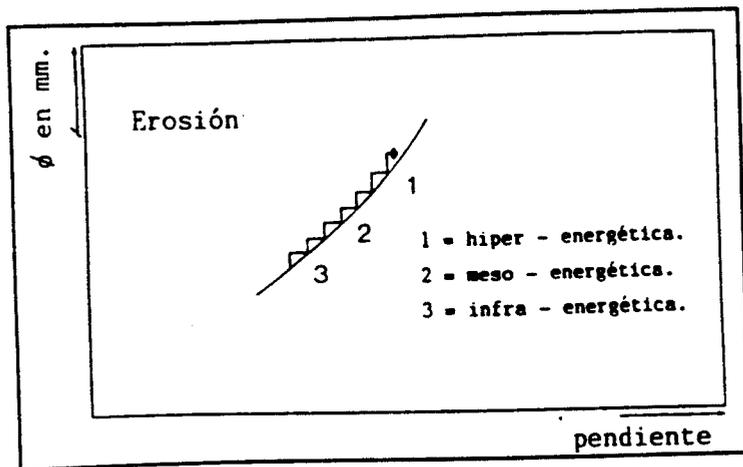


Fig. 4. Procesos de erosión y acreción, respecto a las curvas de equilibrio, de la figura 3.
 Fig. 4. Erosion and accretion processes, with respect to the equilibrium curves in the figure 3.

4. CONCLUSIONES

1. El comportamiento global de ganancias y pérdidas de arenas, en la franja intermareal, se puede medir mediante un modelo logístico.
2. Los términos referentes a los procesos de ganancias y pérdidas se verifican, muy aceptablemente, con los comportamientos empíricos.
3. Se llegan a estimar las correlaciones entre los anteriores procesos sedimentarios y sus condicionantes oceanológicos, entre los que se encuentran, entre otros, los temporales significativos de la erosión y las bonanzas de la acreción.

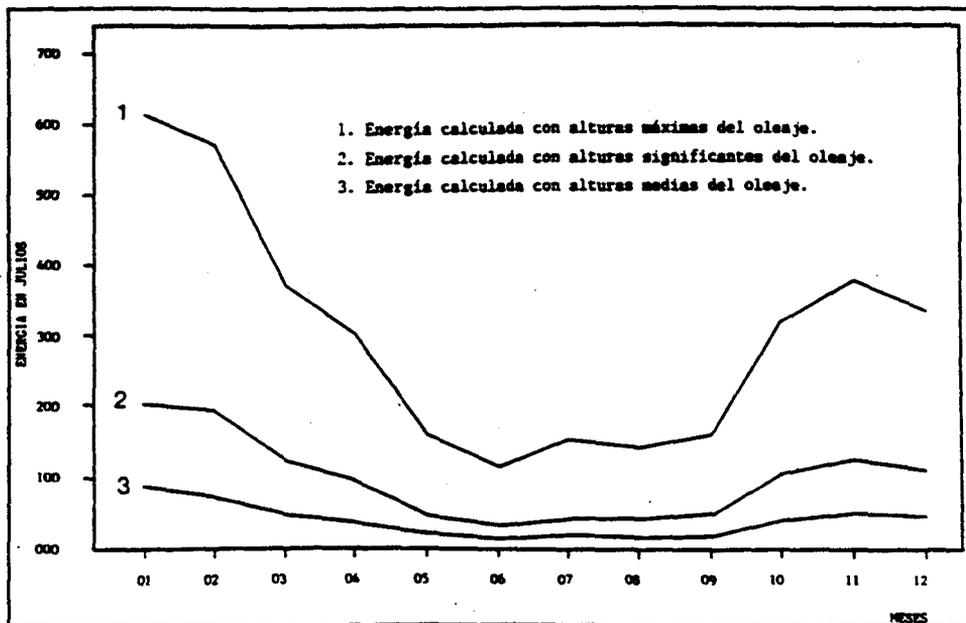


Fig. 5. Enmarque energético del oleajes en la cornisa Norte de Gran Canaria. Estimaciones para la zona de rompientes, con medidas de cuatro años (entre 1986-1989) de la boya de Las Palmas.

Fig. 5. Energetic framework of the waves at the north coast of Gran Canaria. Estimations for the broken zone, with four years of measurements (1986-1989) at the buoy of Las Palmas.

4. Para casos concretos, las caracterizaciones de la energía del oleaje, en zonas de rompientes, según datos estadísticos del clima marítimo, explican satisfactoriamente la localización, en el tiempo, de los procesos intermareales de acreción y erosión.

BIBLIOGRAFIA

- BASCOM, W. N., 1951. The relationship between sand size and beach - face slope. *Am. Geophys. Union Trans.*, 32 (6), 866 - 874.
- BELTRAMI, E., 1987. *Mathematics for dynamic modelling*. Academic Press. Boston. 277 pp.
- COLLINS, J. & WIER, W., 1969. Probabilities of wave characteristics in the surf zone. *Tetra Tech Report TC - 149*.
- HORIKAWA, K. & KUO, C., 1966. A study on wave transformation inside surf zone, in: *Proceeding of the 10 th Conference on Coastal Engineering (Tokyo)*, vol. 1, 217 - 233.
- KOMAR, P. D. and GAUGHAN, M.K., 1972. Airy wave theory and breaker height prediction, in: *13 th Coastal Engineering Conference Proceeding*, vol. 1, 405 -417.
- KOMAR, P. D., 1976. *Beach processes and sedimentation*. Prentice - Hall, N. J. 429 pp.
- MARTINEZ, J., SASTRE, J., ALEMAN, G., CASTRO, J. J., MARTIN, A. & TOBAYNA, D., 1987. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas de arenas: métodos de investigación e interpretación. *Revista de Obras Públicas*, Julio - Agosto, 469 -483.

- MARTINEZ, J., MELIAN, E., REYES, F., RUA - FIGUEROA, C., SILVELA, P. & DEL TORO, D., 1990. La predicción de la erosión intermareal por temporales en playas arenosas del entorno canario. *I Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- MICHE, R., 1944. Mouvements ondulatoires des mers en profondeur constante on décroissant. *Annals des Points et Chaussées*. pp 25 - 78, 131 -164, 270 -292 y 369 -406.
- SANCHEZ ARCILLA, A., 1984. Configuración de la línea de costa, pp 309 - 350, in: Sánchez Arcilla, A. Director. *Curso intensivo de Ingeniería de Costas*. Servicio de Publicaciones del MOPU. Madrid. 570 pp.
- SUAREZ BORES, P., 1881. Génesis y morfología de las formas costeras de la erosión Ibérica, *Actualidad Científica*, 5 - 8.
- SUNAMURA, T., 1984. Quantitative predictions of beach - faces slopes. *Geological Society of America Bulletin*, 95, 242 -245.

Métodos Numéricos en Ingeniería

SEMNI



SIMULACION NUMERICA DE LOS PROCESOS SEDIMENTARIOS EN LA PLAYA DE SARDINA DEL NORTE (GRAN CANARIA, ESPAÑA)

J. Martínez, A. Santana, J. M. Pacheco, E. Melián y D. Casas
*Facultad de Ciencias del mar.
Campus Universitario de Tafira
Código Postal 35017
Las Palmas de Gran Canaria
ESPAÑA*

RESUMEN

Los balances sedimentarios de la Playa arenosa de Sardina del Norte han sido modelizados, en trabajos anteriores, mediante una ecuación diferencial, con un término logístico y otro de saturación. El modelo permitió un ajuste empírico aceptable del comportamiento de la Playa.

En el presente trabajo, se propone mejorar el ajuste, con la sustitución del término de saturación por otro, que representa una función de impulsos, correspondientes a las ocurrencias de temporales erosivos en la playa.

ESCENARIO GEOGRAFICO DE LA PLAYA EN ESTUDIO E INTERES DE LA SIMULACION

La Playa de Sardina del Norte está situada al NW de la Isla de Gran Canaria (figura 1). Define un ambiente sedimentario arenoso en bolsillo, de acuerdo con la Clasificación Genética de Suárez Bores (1978). Las dimensiones de la playa seca - intermareal son reducidas : de unos 100 metros de longitud por 60 metros de ancho.

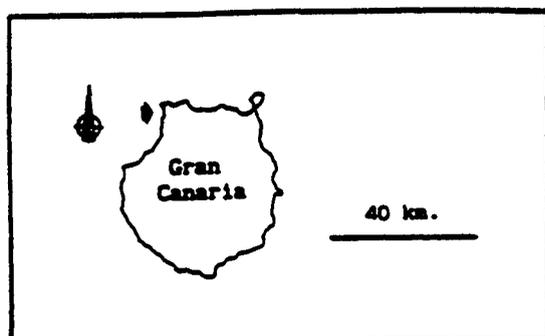


Figura 1

El interés que tiene la simulación de los procesos sedimentarios, en una playa arenosa, se sintetiza como sigue :

La información que da los parámetros de un oleaje se puede utilizar como "input", en el mecanismo de simulación, para predecir la evolución, al menos a corto plazo, de cubicajes de áridos.

Estas predicciones son necesarias para la redacción de proyectos de optimización de playas, sobre todo si son turísticas o soportan, en gran medida, el esparcimiento de los lugareños.

Todo esto se deberá considerar en la toma de decisiones, respecto a la ordenación, planificación y manejo de un entorno litoral.

METODOLOGIA

Para el desarrollo del trabajo, se han seguido las siguientes técnicas :

- Cálculo y análisis estadístico de cubicajes mensuales de arena, en el estrán. Se emplea el procedimiento descrito por Martínez et al. (1987).
- Análisis estadístico del clima marítimo, con datos de la boya de Las Palmas y de mapas de oleajes.
- Simulación de variables aleatorias.

RESULTADOS Y DISCUSION

De la tabla 1, se deducen las premisas de partida, a tener en cuenta en la simulación. Varias de estas están condicionadas por la localización y orientación geográfica de la Playa.

El conjunto de premisas se enuncia como siguen :

1. En la evolución de los procesos sedimentarios, las pérdidas importantes de arena, en la franja intermareal, se identifican

con "impulsos". Estos dependen :

- de la dirección del oleaje incidente,
- y de la energía (altura) del mismo.

En general, las pérdidas se asocian a oleajes del SW - W - NW, con alturas de que suelen superar los dos metros (temporales).

La figura 2 recoge la evolución de las acreciones sedimentarias de campañas precedentes y la serie de estos impulsos.

frente a las acreciones sedimentarias de campañas precedentes.

2. Los temporales erosivos tienen lugar entre los meses de octubre a febrero (meses de erosión). Con series temporales de datos, más significativas, se delimitarían, en el tiempo, de forma más precisa, las probabilidades de presentación de estas situaciones.
3. Se observa que el número de temporales erosivos es pequeño : 1 ó 2 por año.
4. Se aprecia que si la Playa tiene poca arena, el temporal, por fuerte que sea, erosiona poco. En cambio, hay buenas disponibilidades de arena, aumenta la tendencia a las pérdidas sedimentarias, incluso con temporales débiles.

La figura 3 muestra estas tendencias en los balances sedimentarios.

5. Tras las pérdidas de arena, vienen las recuperaciones (acreciones sedimentarias). Estas son relativamente rápidas y se ajustan a evoluciones logísticas (Martínez et al., 1992).
6. Por lo general, oleajes del N - NE facilitan la recuperación sedimentaria.

Cuando estos oleajes no son muy fuertes, pero sí prolongados en el tiempo, se puede llegar, incluso, a la hiper - estabilidad

sedimentaria.

Olas grandes del NE no determinan, practicamente, erosión en la Playa.

	1	2	3	4	6	9	10	11	12		
	ID	CUBIC	TD	ALT_STON	DU	NE	INC_C	SEA	SWELL		
1	26	1255	0	166.28	10	3	0				
2	40	1219	0	189.11	7	4	-36				
3	48	1185	6	179.14	8	5	-64				
4	94	1255	17	166.60	4	5	100				
5	123	1406	26	175.19	4	6	151				
6	181	1870		0	0	7	164				
7	188	1883		0	0	8	13				
8	221	1442		0	0	10	-141				
9	247	1841	8	186.99	11	10	99				
10	275	1467	7	227.64	10	11	-74				
11	304	1846	8	184.78	9	12	79				
12	337	853	12	259.20	4	1	-693			SW	
13	342	740	0	213.86	6	2	-108			SW	
14	373	1214	20	194.82	4	3	466			SW	
15	407	1439	2	187.53	12	4	428			SW	
16	423	1456	20	180.73	3	5	-163			SW	
17	461	1489	27	166.17	3	6	33			SW	
18	491	1384	12	166.96	5	7	-105			SW	
19	495	1370	2	185.34	3	7	-14			W	
20	517	1503		0	0	7	133				
21	540	1488	18	166.71	3	8	-15			W	
22	578	1350	19	186.45	3	9	-138			SW	
23	582	1336	1	182.86	4	10	-14			SW	
24	617	1035	08	196.10	04	11	-301			SW	
25	639	1071	0	187.30	7	11	36			W	
26	646	716	14	276.32	8	12	-383			W	
27	679	888	5	186.90	7	1	172			SW	
28	695	1099	0	266.61	17	1	211			W	
29	731	1239		0	0	2	140				
30	760	1448	0	184.01	3	3	209			SW	
31	797	1392	4	176.67	10	5	-54			SW	
32	798	1390	0	216.67	2	5	-2			SW	
33	829	1261	0	177.37	4	6	-129			SW	
34	864	1328		0	0	6	64				
35	864	1378	0	170.94	24	7	83			SW	
36	915	1478	3	177.68	10	8	100			SW	
37	946	1798	27	160.32	4	9	220			SW	
38	961	1809	18	191.36	3	10	-309			SW	
39	975	1394	2	164.36	13	10	-194			W	
40	1013	1373		0	0	12	-31				
41	1043	1412		0	0	1	39				
42	1043	1411	7	208.93	6	1	-1			SW	
43	1073	1411	3	163.66	8	2	0			SW	
44	1092	1362	7	204.36	4	2	-60			SW	
45	1100	1342	0	191.27	9	2	-20			SW	
46	1124	1271		0	0	2	-71				
47	1181	1226	15	206.77	11	4	-45			W	
48	1182	1386	24	227.37	6	8	190			SW	
49	1213	1380		0	0	4	24				
50	1242	1438		0	0	7	55				
51	1271	1376		0	0	8	-159				
52	1284	1096	7	187.20	3	9	-180			SW	
53	1298	902	10	161.52	5	9	-194			W	
54	1334	1429		0	0	10	527				
55	1367	971	0	217.04	23	11	-484			SW	
56	1404	1283	0	206.31	8	12	212			SW	

- 01 = Espaciado, en el tiempo, de las muestras, desde el 23-1-1986.
- 02 = Cubicajes, en metros cúbicos, en relación con el de una campaña determinada de referencia (de cubicaje mínimo).
- 03 = Días que transcurrieron entre una campaña de muestreo y su caje previo, relativamente más escuético.
- 04 = Medias de alturas significativas previas, en centímetros, de valores más altas.
- 06 = Duración, en días, de las alturas significativas previas, más escuéticas.
- 09 = Mes de muestreo.
- 10 = Ganancias o pérdidas de arenas, en relación con la campaña precedente.
- 11 = Dirección del oleaje Sea.
- 12 = Dirección del oleaje Swell.

Tabla 1

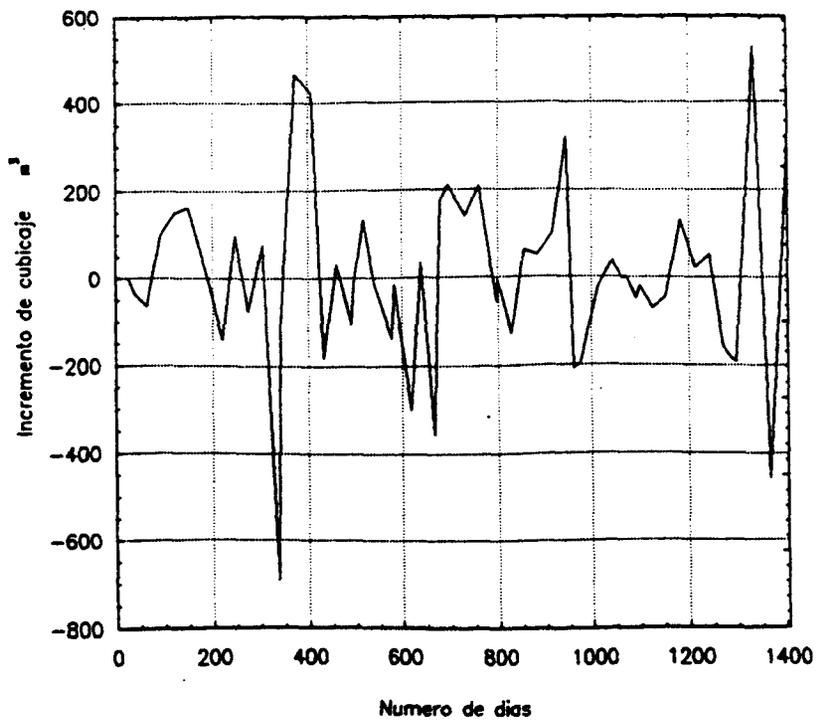


Figura 2

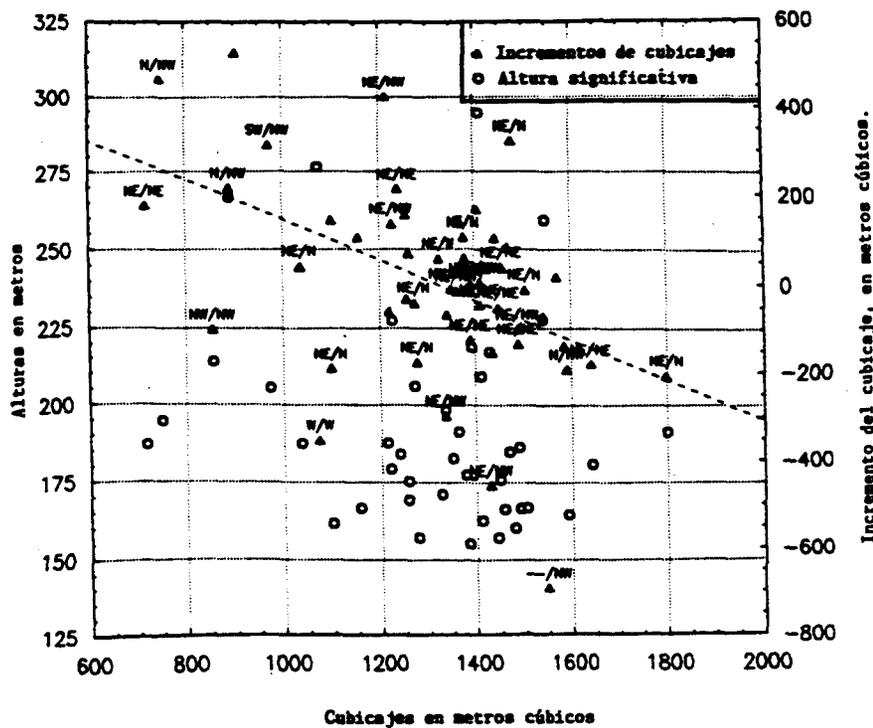


Figura 3

En la simulación de la evolución del cubicaje, se considera la ecuación completa :

$$V(t) = V_{eq} (1 - e^{-a(t-t_u)}) - \delta(t) + \epsilon(t)$$

donde :

$V(t)$ = Volumen en el instante t .

V_{eq} = Volumen de equilibrio.

a = Parámetro que depende de la velocidad de recuperación de la Playa, después de haber perdido su arena.

t_u = Instante del último temporal, anterior a t , que implique pérdidas significativas de arenas. De hecho, la expresión :

$$V_{eq} (1 - e^{-a(t-t_u)})$$

vale 0 en $t = t_u$, esto es, el último temporal dejó la Playa en mínimos sedimentarios.

La unidad t (tiempo) se mide en días.

A partir de los datos de campo, se ha estimado que :

$$V_{eq} = 1\,332.230 \text{ m}^3.$$

$$a = 1.086 \text{ días}^{-1}$$

El término :

$$V_{eq} (1 - e^{-a(t-t_u)})$$

es positivo para t mayor que t_u , y siempre crece, ya que su derivada :

$$a V_{eq} e^{-a(t-t_u)}$$

es mayor que cero, y tiende asintóticamente a V_{eq} . Se puede considerar como próximo a una curva logística.

El término $\delta (t)$ corresponde a una función de "impulso", que representa los temporales erosivos fuertes. Estos impulsos describen unas drásticas caídas de los valores de los cubicajes sedimentarios. Desde sus mínimos se inician las recuperaciones "logísticas".

Los valores de $\delta (t)$ siguen una distribución normal. Para esta Playa en concreto, y a partir de las observaciones disponibles, se estima que el valor medio es de $+340 \text{ m}^3$, con una desviación típica de 112 m^3 .

Los días en que ocurren temporales, que dan lugar a los impulsos, se eligen aleatoriamente, con una distribución uniforme, en los meses de erosión potencial.

El término $\epsilon (t)$:

- Representa físicamente a las pérdidas y ganancias de arenas, en dependencia con otras variables oceanológicas, distintas a la dirección de aproximación de las olas y sus energías. Aquí quedan incluidos los efectos de la marea astronómica en los depósitos de arenas.
- Matemáticamente describe oscilaciones aleatorias, sobre la ecuación de equilibrio, que se encuentra definida por el primer término, de la ecuación completa.

Del análisis estadístico de la serie disponible, se ha llegado a deducir que las pérdidas y ganancias de arenas, en relación con el término $\epsilon (t)$, siguen, aproximadamente, una distribución normal, de media 0 m^3 , con una desviación típica de 143.6 m^3 .

Si se contrastan las gráficas de las simulaciones y el comportamiento que definen las medidas de campo, se obtiene la figura 4. Esta permite asegurar la existencia de un acuerdo aceptable, entre las predicciones y las observaciones efectuadas, en un sub - ambiente intermareal de arenas.

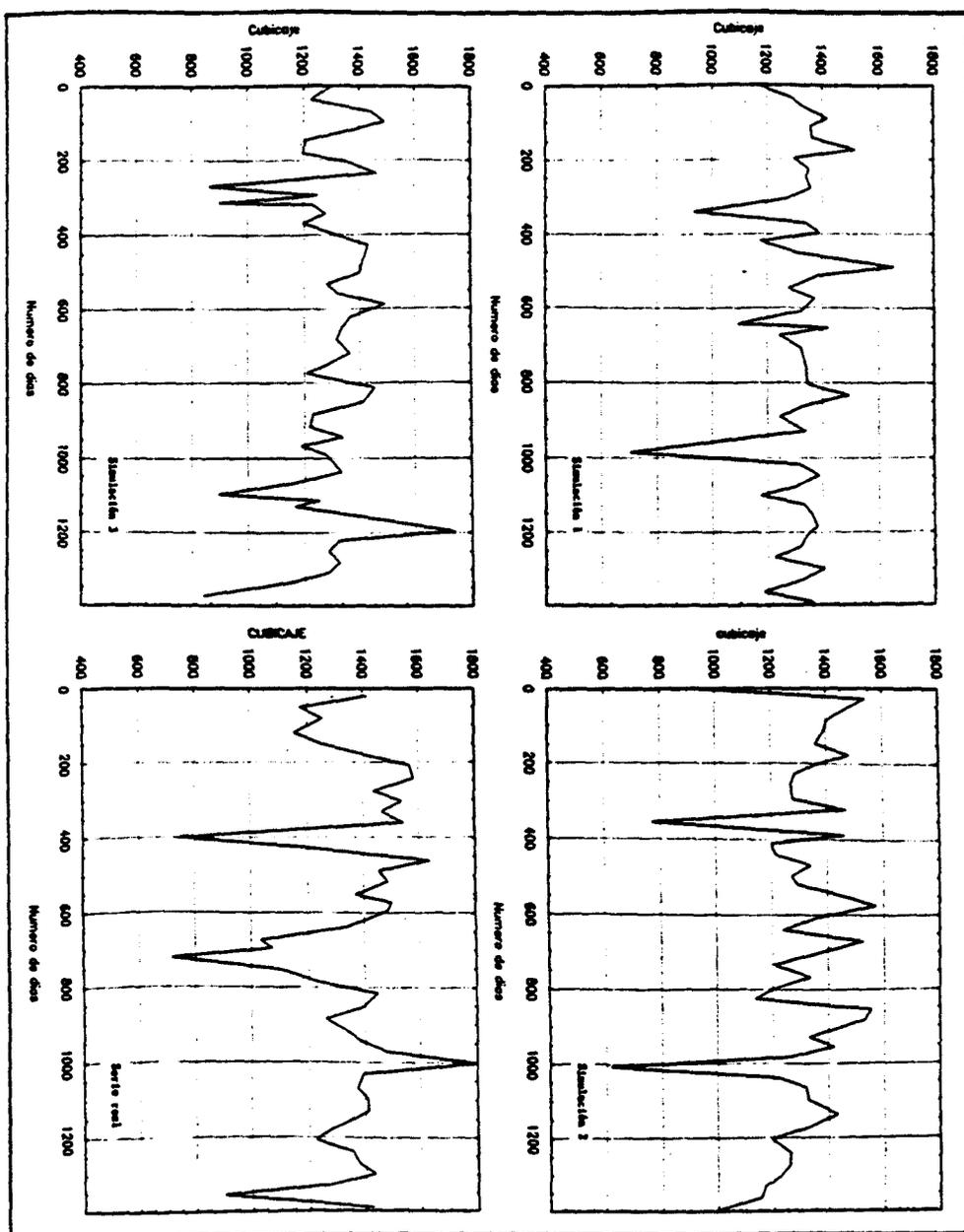


Figura 4

La limitación la impone, básicamente, el tamaño de las series temporales de datos disponibles. Optimamente, se debería disponer de series temporales de 11 años, periodo de tiempo que coincide con el de las manchas solares. Sin embargo, con series de 7 años, se obtienen ya aproximaciones aceptables.

La simulación puede mejorarse si :

- a). Se discrimina como inciden los oleajes Sea y Swell, y la marea astronómica, en los procesos intermareales de erosión y acreción, en las playas arenosas.
- b). Y se opta por otro calendario de muestreo, para las medidas de cubicajes intermareales. Por ejemplo, la realización de campañas de campo, cuando se prevean cambios significativos en los parámetros del oleaje incidente.

CONCLUSIONES

La evolución de cubicajes sedimentarios intermareales, en una playa arenosa, se puede simular con una ecuación que comprenda:

- Un término "logístico", para los procesos de acreción.
- Otro que represente "impulsos", para los procesos de erosión.
- Y un tercero de "ruido", que englobe las restantes fuerzas que intervienen, difícilmente cuantificables.

Las funciones de crecimientos logísticos y de impulsos, así como los parámetros del término de ruidos, se estiman a partir de una serie temporal de cubicajes de arena.

En la simulación, se consideran, además, la localización y orientación geográfica de la Playa que se estudia, y el clima marítimo al que se encuentra sometida

Se comprueba que los parámetros estadísticos de las series

simuladas, concuerdan, en general, con los de la serie original.

BIBLIOGRAFIA

MARTINEZ, J., SASTRE, J., ALEMAN, G., CASTRO, J.J., MARTIN, A., y ROBAYNA, D. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas arenosas : Métodos de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas. Julio - Agosto. pp 469 - 483. 1987.

SUAREZ BORES, P. Shore Classification - Simple forms with prevailing wind action. III Congrés Inter IAEG, Madrid. pp 150 - 169. 1978.

Primera edición, Mayo 1993

© SEMNI. Sociedad Española de Métodos Numéricos en Ingeniería

Diseño cubierta; Jordi Pallí

**Impreso por: Artes Gráficas Torres, S.A.
Morales, 17
08029 Barcelona**

**Depósito legal: B-20.386-1993
ISBN OBRA COMPLETA: 84-87.867-23-5
ISBN VOL. 1: 84-87.867-24-3
ISBN VOL. 2: 84-87.867-25-1**

LA PREDICCIÓN DE LA EROSIÓN INTERMAREAL POR TEMPORALES EN PLAYAS ARENOSAS DEL ENTORNO CANARIO

Jesús Martínez Martínez, M^a Elena Melián, Frella Reyes, Cristina Rúa-Figueroa, M^a del Pilar Silvela y Carmen del Toro

Laboratorio de Geología - Facultad de Ciencias del Mar

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Apartado de Correos 550 - LAS PALMAS

RESUMEN: Se modelizan las pérdidas sedimentarias intermareales, de una playa (arenosa, equilibrada y en bolsillo), abierta a temporales, cuyos efectos erosivos se quieren predecir. El modelo será válido siempre que las corrientes aseguren la evacuación, mar adentro, de las potenciales pérdidas, y no produzcan, de por sí, una erosión significativa. Para formular el modelo matemático propuesto, se consideran los parámetros de los temporales, las características de las arenas, la topografía del depósito y la situación morfodinámica más interna. Las pérdidas ocasionadas por el conjunto de temporales siguen una función exponencial, aunque, en cada temporal, se comportan, prácticamente, como lineales con pendientes positivas.

INTRODUCCION

Los procesos de acreción-erosión intermareal, en playas arenosas, representan los efectos ante unas causas determinadas. Conocida y comprendida la dualidad "efectos-causas", se puede predecir "causas-efectos", mediante un modelo numérico.

La modelización de estos procesos desarrolla diversas etapas conceptuales. Estas se ordenan, jerárquicamente, según su mayor nivel de abstracción y generalidad:

a) En una primera fase, las campañas de campo llevan a la identificación de un modelo físico, en que predomina la selección de características básicas cualitativas.

b) La traducción de datos cualitativos a cuantitativos constituye un proceso complejo, que pasa por etapas intermedias de modelización parcial. La representación de los parámetros descriptivos seleccionados, en las escalas adecuadas, culmina con el establecimiento de una fase cuantitativa.

c) En la fase cuantitativa, se aplica, esencialmente, el aparato matemático. Se establece un problema abstracto, que sirve, con preferencia, para el análisis de cuestiones generales.

Respecto a la predicción de los efectos erosivos, en la franja intermareal significativa de una playa, a causa de temporales, en este trabajo se pretende diseñar un modelo determinista, aunque en una primera aproximación (por ahora sólo válido para estimar el orden de magnitud de los resultados).

HIPOTESIS DE PARTIDA

1. Se admite que los procesos de acreción-erosión tienen lugar preferentemente entre la zona de rompiente y la orilla, de acuerdo con Sánchez Arcilla (1984).

2. Se aplica el modelo a una franja intermareal, con una amplitud suficiente para que esté significativamente representado el sector más activo de la playa.

Con un acarreo (o rango) de marea astronómica de hasta 2.82 m. (sea el caso de Canarias), los tramos intermareales tienen amplitudes suficientes para soportar investigaciones ciertamente válidas, en relación con los procesos de acreción-erosión.

3. El modelo sería válido para playas simples. Esto es, cuando el índice de capacidad de sustentación sedimentaria (ICSS) oscila en torno al valor cero y define a una playa como equilibrada.

En efecto, el anterior índice, definido por Martínez (1988), clasifica a una playa en simple o compleja, según que coincidan, o no, los cubicajes real y potencial. Esto, a su vez, traduce:

- si la playa está sometida, o no, a las variables normalmente consideradas,

- y si se cumple, o no, el equilibrio, dentro del sistema pendiente intermareal, valores granulométricos y energía del oleaje, en la deposición y pérdidas sedimentarias significativas.

4. En el contorno canario y dentro de la franja intermareal, las pérdidas de arenas, de acreción máxima a erosión significativa, siguen una función exponencial del tipo :

$$y = a e^{bx}$$

en donde :

- y = pérdidas en m³,
- x = tiempo en días, en un intervalo finito, que representa al periodo erosivo,
- a = ordenada en el origen. Representaría a los parámetros estáticos,
- b = pendiente. Representaría a los parámetros dinámicos.

A esta deducción se llega con el seguimiento de los balances sedimentarios (cuadro I), en una serie de playas arenosas de Gran Canaria en estudio, que representan a los distintos grupos propuestos por Martínez (1988). Las figuras 1b, 2b, 3b, 4b y 5b traducen que las pérdidas significativas se ajustan, en todas estas playas, a una función exponencial, respecto al tiempo.

5. Por la naturaleza del proceso físico, las pérdidas serán cero para una duración también cero. Para ello, la expresión :

$$y = a e^{bx}$$

pasa a :

$$y = a (e^{bx} - 1)$$

6. Se admite que las pérdidas por temporales siguen la misma pauta que la anterior función global, (figura 6), con los adecuados cambios de parámetros.

7. sin embargo, como durante los episodios de un temporal, las pérdidas (figura 7) :

- tienen una fuerte tendencia a comportarse como una función lineal, concretamente creciente,
- y corresponden a periodos cortos de tiempo,

éstas se ajustan a funciones que consideren sólo los términos de orden uno, en el desarrollo de Mac Laurin respecto de la expresión :

$$y = a (e^{bx} - 1)$$

Dicho de otro modo, para los temporales :

$$y = a (1 + bx - 1) \quad (I)$$

y en definitiva, se acepta que :

$$y = a (bx) \quad (II)$$

8. Se considerarán únicamente aquellos temporales que inciden abiertamente en la playa. En estas circunstancias, se desprecia la influencia que pudiera tener, en la erosión, las distintas direcciones de aproximación del oleaje, siempre que sus diagramas de corrientes en la playa aseguren un transporte, hacia el exterior de la franja intermareal, del volumen de arenas, que representaría a las potenciales pérdidas por la erosión.

9. Se supone que las pérdidas de arena por los temporales, ante los cuales la playa se comporta como abierta, depende de los siguientes parámetros:

- energía media del oleaje, expresada en función de su altura,
- periodo promediado del oleaje (nº de impactos energéticos por unidad de tiempo),
- duración del temporal,
- superficie intermareal afectada,
- y entorno morfológico de la playa.

Se excluyen aquellas playas en donde sus corrientes longitudinales representen un factor de erosión no despreciable.

10. Se admite que en las playas libres, el entorno morfológico no amortigua la potencial erosión. En cambio, en las playas de bolsillo, completamente sustentadas, la erosión se anula. En las playas encajadas y en concha, no sustentadas, la erosión potencial queda parcialmente limitada.

DESARROLLO DEL MODELO

1. A partir de hipótesis 9, se puede escribir la expresión :

$$V = f (t, E, T, s) \quad (1)$$

en donde :

V = pérdidas de arena, en m³, durante un temporal,

t = tiempo, en días, de la acción erosiva,

E = energía del oleaje,

T = periodo del oleaje en segundos,

s = superficie intermareal observada de la playa.

De acuerdo con Camfield y Seelig (1984) :

$$E = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (2)$$

en donde :

- \emptyset = densidad del agua,
- g = aceleración de la gravedad,
- H = altura de la ola,
- L = longitud de la ola.

Si se extrapola la ecuación (2) a la zona de rompientes :

$$E_b = \frac{\emptyset g H_b^2 L_b}{8} \quad (3)$$

en donde el subíndice b hace referencia a la zona en cuestión.

Al sustituir (3) en (1) :

$$V = f \left(t, \frac{\emptyset g H_b^2 L_b}{8}, T, s \right) \quad (4)$$

Para cada temporal, se trabaja con los valores fijos promediados de L_b , T y H_b . La superficie y los valores de \emptyset y g también se mantienen constantes. Luego :

- a) Todos los anteriores valores se consideran como parámetros. Se usan para estimar los valores de a y b en la expresión (II).
- b) De ellos, sólo la superficie representa a los parámetros estáticos. Los restantes son dinámicos.
- c) Y las predicciones dependerán sólo de la variable t.

A partir de la expresión (II), y conforme a lo indicado :

$$V = s \left(\frac{\emptyset g H_b^2 L_b}{8}, T \right) t \quad (5)$$

De esta manera, el parámetro b de la expresión (II) depende de los dos parámetros siguientes :

- de $\frac{\emptyset g H_b^2 L_b}{8}$

- y de T

que pueden combinarse entre ellos, con el objeto de obtener una función creciente.

El carácter creciente se deduce por el test de la derivada de la función, respecto a cada uno de los parámetros y variable (x_i). Para valores

de éstos mayores que cero, cosa que siempre ocurre, se satisface que :

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} > 0$$

Pero para que se cumpla la condición de homogeneidad de la expresión (5), se admite la opción producto, y así :

$$V = s \left(\frac{\emptyset g H_b^2 L_b}{8}, T \right) t \quad (6)$$

El dimensionamiento de esta expresión sería:

$$L^3 = L^3 \frac{M L}{L^3 T} L^2 L T T \implies L^3 = M L^3$$

si se considera energía por unidad de masa, M se desprecia y se cumple la homogeneidad.

La duración de la acción erosiva se tiene que escribir en segundos :

$$t_{\text{en segundos}} = 864 (10^3) n \quad (7)$$

en donde n = número de días del temporal. Al sustituir (7) en (6) :

$$V = s \frac{\emptyset g H_b^2 L_b}{8} T 864 (10^3) n \quad (8)$$

Si se simplifica :

$$V = 108 (10^3) s \emptyset g H_b^2 L_b T n \quad (9)$$

2. El volumen de arena que se pierde dependerá, por otra parte, de un coeficiente c del "grado de erosión". Este coeficiente estará condicionado por la configuración del entorno de la playa y aparecerá en el segundo miembro de la ecuación (9).

El coeficiente se aproximará a 1 en las playas libres y a 0 en las de bolsillo completamente sustentadas. En las playas naturales equilibradas encajadas o en concha, pero no sustentadas, en principio tomaría el valor de 0.5.

Este último valor precisaría de un posterior análisis. Se debería llegar a un cuadro de valores reales, según las características de la playa y espaciados de los apoyos.

Al indicar "playas naturales equilibradas" se excluyen todas aquellas con contornos incorrectos de apoyos, que impliquen inestabilidad sedimentaria, en lugar de favorecer la conservación de la arena.

Además, toda la energía del oleaje no se emplea en la erosión, sino una parte de ella. Por lo tanto, el segundo miembro de la ecuación (9) irá afectado por un coeficiente P de "proporcionalidad energética". El valor 1, poco probable y válido para una playa ideal, implicaría que la erosión consumiría toda la energía disponible del oleaje. El coeficiente P dependerá, entre otras cosas, de la clasificación granulométrica, de la densidad media de las arenas y de la pendiente del estrán.

Pero también se debería tener presente un coeficiente "m" de susceptibilidad de pérdidas. Tal coeficiente se intuye cuando se describen playas, en donde pequeños temporales, inmediatamente posteriores a la máxima acreción, producen pérdidas relativamente importantes, respecto a otros de mayor poder erosivo, pero más próximos a la erosión significativa. La explicación, entre otras causas, está en que, a medida que transcurre el tiempo, disminuyen las arenas que tienen una mayor susceptibilidad a ser puestas en suspensión y/o arrastre y transportadas. Algo semejante cabe esperar en el transcurso de un mismo temporal.

En una playa que, durante el subciclo erosivo pasa de arenas finas a cantos y bloques, el coeficiente de susceptibilidad de pérdidas de arena evoluciona de 1 a 0, y sería función del nº de temporales significativos transcurridos. En cambio, en una playa de arena, que mantiene la clasificación granulométrica, el coeficiente de susceptibilidad permanece constante.

Este coeficiente se calcularía con funciones empíricas. No obstante, a priori, se estima con cuadros que consideren el valor granulométrico medio de las arenas y el estadio morfodinámico, previo a un temporal dado.

Con todo lo anterior, la referida ecuación (9) toma esta otra expresión :

$$V = c P m 108 (10^3) s \emptyset g H_b^2 L_b T n \quad (10)$$

3. Normalmente se dispone de los parámetros característicos del oleaje a profundidad indefinida. Sin embargo, se pueden estimar los correspondientes a la zona de rompientes, a partir de los anteriores.

Para Komar (1972) :

$$H_b = K g^{1/5} (T H_0^2)^{2/5} \quad (11)$$

en donde :

H_b = altura de la ola en la rompiente,

H_0 = altura de la ola a profundidad indefinida,

T = periodo de la ola,

g = aceleración de la gravedad,

K = constante de Komar = 0.39.

Si se sustituye (11) en (10), se obtiene :

$$V = c P m 108 (10^3) s \emptyset g K^2 T^{4/5} H_0^{8/5} L_b T n \quad (12)$$

que se reduce a :

$$V = 1642.68 c P m s \emptyset g^{7/5} T^{9/5} H_0^{8/5} L_b n \quad (13)$$

L_b se obtiene en base a una aproximación de las formulaciones de la teoría lineal de las ondas:

$$L_b = L_0 \operatorname{Th} \frac{2 r d_b}{L^*}$$

en donde :

L_0 = longitud de onda a profundidad indefinida,

L^* = longitud de onda obtenida por la tabla de Wiegel y el criterio de Munk (1949),

r = número pi,

d_b = profundidad en la zona de rotura.

Se acepta esta metodología, de acuerdo con autores tales como Miche (1944), Horikawa (1966), Collins (1969) y Komar (1972), aunque según algunos autores, se introduciría un cierto error (véase, por ejemplo, Sánchez Arcilla, 1984).

El error se elimina con un calibrado empírico. Realmente sería más correcto emplear las hipótesis de la teoría de la onda solitaria, pero entonces el problema se haría mucho más complejo y el modelo desarrollado perdería parte de su operatividad.

Por otra parte, y también por la teoría lineal:

$$L_0 = \frac{g T^2}{2 r}$$

El valor de d_b se estima, de nuevo, con la tabla de Wiegel (c-1 de Shore Protection Manual. Vol II, 1984) y con el criterio de Munk (1949).

La expresión (13) se debe calibrar con un coeficiente B, específico de cada playa. Este :

- Se calcula empíricamente.

- Recoge los parámetros no abordados.

- Y reajusta los otros coeficientes introducidos.

De aquí que se deba escribir :

$$V = B 1642.68 c P m s \emptyset g^{7/5} T^{9/5} H_0^{8/5} L_b n \quad (14)$$

Si en una playa determinada, y a lo largo de todo su periodo erosivo :

- el coeficiente "m" se mantiene prácticamente constante, cosa que ocurre cuando no cambian sensiblemente los valores granulométricos de las arenas y la pendiente intermareal,
- las observaciones se refieren siempre a la misma franja intermareal,
- y los cambios de θ carecen de importancia,

como los coeficientes "c" y "p" se mantienen, la expresión (14) pasa a :

$$V = B A T_i^{9/5} H_{oi}^{8/5} L_{bi} n_i \quad (15)$$

en donde :

- 1) V = predicción de pérdidas en el periodo erosivo de un ciclo sedimentario corto.
- 2) A = 1642.68 c P m s $\theta^{7/5}$
- 3) y T_i , H_{oi} , L_{bi} y n_i son valores medios de probabilidad estadística, en función del número N de temporales transcurridos en el periodo erosivo, ante los cuales la playa se comporta como abierta. Estas medidas se obtienen del análisis estadístico de series temporales significativas de situaciones meteorológicas de superficie y de parámetros oceanológicos. Para estos últimos se utilizaría la información recopilada y manipulada en el "Programa de Clima Marítimo" del MOPU.

IDENTIFICACION DEL COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD ENERGÉTICA DEL OLEAJE (P), Y DE CALIBRADO (B), EN UN CASO REAL.

El modelo se ha desarrollado a partir del seguimiento de los procesos sedimentarios en la playa de Sardina del Norte, en Gran Canaria (figura 8). Esta playa se describe en el cuadro 2.

Para la estimación del coeficiente de proporcionalidad energética del oleaje (P), se consideró un doble temporal, dentro de un intervalo corto de tiempo : entre los días 2 y 8 de diciembre, y alrededor del día 14 de ese mismo mes, de 1987.

El primero de ellos es el más importante y duradero. Correspondía a una profunda borrasca atlántica, centrada en las Azores (temporal del W-NW), que determinó bajas barométricas de 1006 mb. en las Islas Canarias.

Respecto a este primer temporal, en una estación próxima a la playa en estudio (boya situada a 15° 27' 30" Este y 28° 8' 30" Norte), se registraron unas H_s máxima de 4.13 m. y una H_0 máxima de 7.46 m. Por observaciones visuales, estas alturas

correspondían a un oleaje incidente del NW.

En cuanto al segundo temporal :

1. Se debió a una borrasca desplazada al S, que determinó oleajes del W.
2. Y originó una H_s máxima de 3.34 m. y una H_0 máxima de 5.24 m.

Se analizaron las evoluciones :

- de las alturas de las olas significantes (H_s),
- y del periodo (T),

correspondientes a los dos temporales. El conjunto de datos oceanológicos, manipulados estadísticamente y/o extrapolados a la zona de rompientes, se recogen en el cuadro 2.

Mediante este seguimiento, se ha calculado que el coeficiente P toma el valor de $0.33 \cdot 10^{-12}$.

Una vez calculado este coeficiente P, la estimación del coeficiente B de calibrado, específico para la playa de Sardina del Norte, se va a obtener con los datos del temporal NW, que tuvo lugar entre los días 18 y 21 de noviembre de 1989. Actualmente se está manipulando la información.

CONCLUSIONES

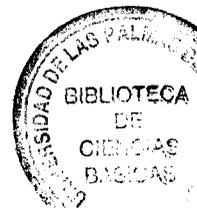
Se ha diseñado un modelo matemático, que permite una estimación, en orden de magnitud, de pérdidas de arena, en un ambiente intermareal de playa de bolsillo, abierta a temporales.

La predicción considera :

- el análisis estadístico del oleaje, a profundidad indefinida, de los temporales,
- la extrapolación de estos datos a la zona de rompientes,
- y las características topográficas y de las arenas del ambiente sedimentario.

BIBLIOGRAFIA

- Camfield, F. and Seelig, W. (1984). Mechanics of wavemotion, in : Shore Protection Manual. Vol. I. Department of the Army-US Army Corps of Engineers, Washington.
- Collins, J. and Wier, W. (1969). Probabilities of wave characteristics in the surf zone. Tetra Tech Report TC-149.
- Conde Aldemira, J. (director), (1988). Programa de Clima Marítimo: Base de datos. Inventario de información. Publicación nº 31. Dirección General de Puertos y Costas. MOPU. Madrid.



Horikawa, K. and Kuo, C. (1966). A Study on wave transformation inside surf zone. Proceeding of the 10 th Conference on Coastal Engineering (Tokyo). Vol. I, pp 217-233.

Komar, P.D. and Gaughan, M.K. (1972). Airy wave theory and breaker height prediction, in: 13th Coastal Engineering Conference Proceedings, Vol. I, pp 405-417.

Miche, R. (1944). Mouvements ondulatoires des mers en profondeur constante ou décroissant. Annals des Points et Chaussées. pp 25-78, 131-164, 270-292 y 369-406. (Referencia tomada de: De la Peña, J.M. (1969). Criterios de rotura del oleaje. Ingeniería Civil, nº 69, pp 107-120. Cedex.

Sánchez Arcilla, A. (1984). Configuración de la línea de costa, pp 309-350, en: Sánchez Arcilla, A. (Director). Curso intensivo de Ingeniería de Costas. Secretaría Técnica - Servicio de Publicaciones del MOPU. Madrid. pp 570.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Dr. D. José M. Pacheco Castelao, Prof. de la Facultad de Ciencias del Mar de Las Palmas, las revisiones críticas y las aportaciones de sugerencias en el desarrollo de este trabajo. Su contribución es, por lo tanto, debidamente reconocida aquí. Además, ha sido muy valiosa la colaboración del Prof. D. Angelo Santana del Pino, del Dep. de Matemáticas de esta Universidad

SUMMARY

In this work the sedimentary intertidal losses in a sandy beach opened to storms are modelled. The proposed pattern will be right if currents account for the evacuation of sedimentary losses and if they do not produce by themselves significant erosive damage. The overall seasonal pattern of erosion due to storms follows an exponential function, although the effect of each particular storm can be modelled via a linear function with positive slope.

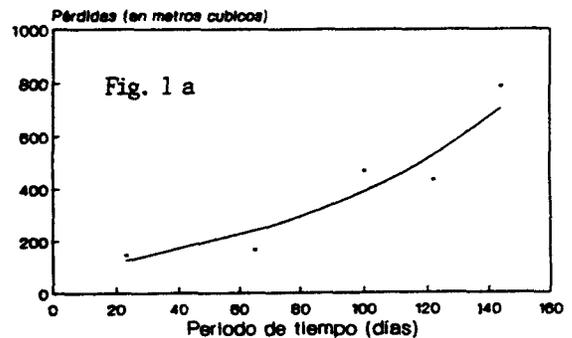
1	2	3	1	2	3
Playa de sardina del N. (Galdar). Periodo de seguimiento: 27-7-87/23-12-87			Playa de El Inglés (San Bartolomé). Periodo de seguimiento: 3-3-86/24-12-86		
27-07-87	000	0000.00	03-03-86	000	00000.00
19-08-87	023	00146.40	01-04-86	029	01896.95
30-09-87	065	0166.36	01-05-86	059	04864.90
04-11-87	100	0467.76	30-05-86	088	10842.96
26-11-87	122	0431.78	01-07-86	120	22934.85
23-12-87	149	0786.78	29-07-86	148	24224.07
Playa del Hombre (Telde). Periodo de seguimiento: 17-1-86/20-4-86			28-08-86		
17-01-86	000	0000.00	11-09-86	178	26195.47
14-02-86	028	0692.69	29-10-86	240	31470.12
07-03-86	049	3314.56	26-11-86	268	38928.05
30-04-86	103	3585.86	24-12-86	296	40266.28
Playa de El Barrozo (Aguimes). Periodo de seguimiento: 3-12-85/21-10-86			Puerto de Narpalomas, San Bartolomé. Periodo de seguimiento: 1-4-86/24-12-86		
03-12-85	000	0000.00	01-04-86	000	00000.00
02-01-86	030	0354.79	01-05-86	030	01195.02
03-02-86	062	0375.63	30-05-86	059	02096.72
01-03-86	088	0388.56	01-07-86	091	03523.10
03-04-86	121	0523.18	29-07-86	119	07000.02
08-05-86	156	0396.69	28-08-86	149	09445.38
16-06-86	195	0437.67	11-09-86	163	08600.69
07-07-86	216	0462.86	29-10-86	211	09171.84
10-08-86	250	0556.98	26-11-86	239	11462.59
04-09-86	275	0647.78	24-12-86	267	13671.17
21-10-86	322	0689.49			

CUADRO 1

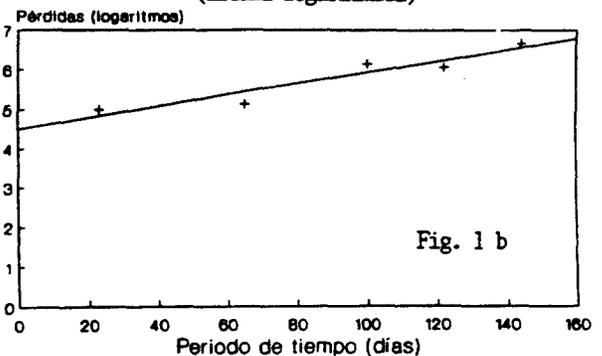
Pérdidas de arenas en m³, durante periodos erosivos, en franjas internareales delimitadas, de una serie de playas en seguimiento.

1. Fecha de campaña, 2. Nº de días transcurridos del periodo erosivo (x), 3. Pérdidas en m³ (y).

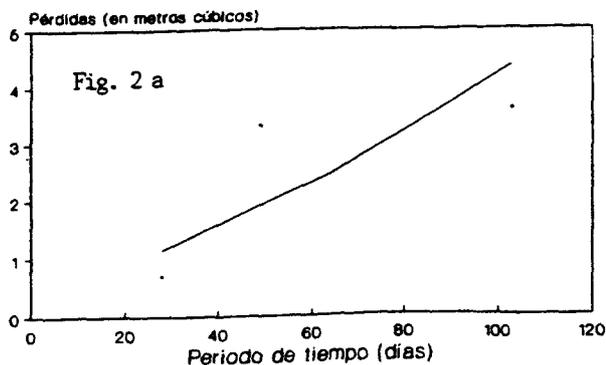
Playa de Sardina del Norte



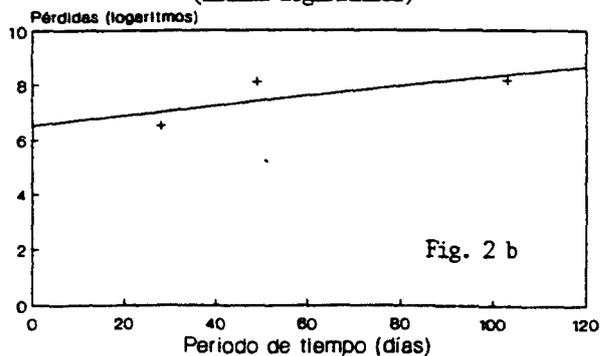
Playa de Sardina del Norte
(Escala logarítmica)



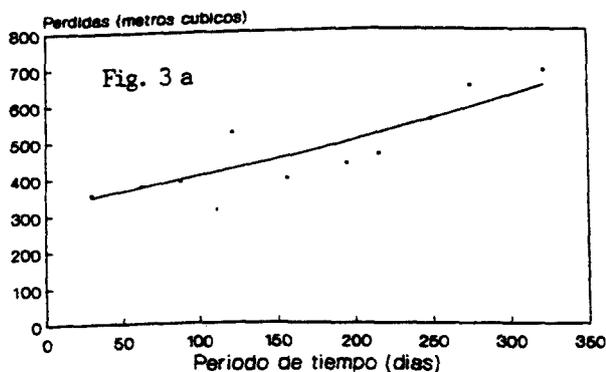
Playa de El Hombre



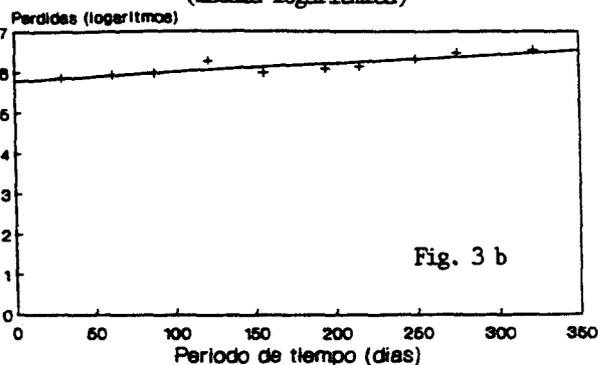
Playa de El Hombre (Escala logarítmica)



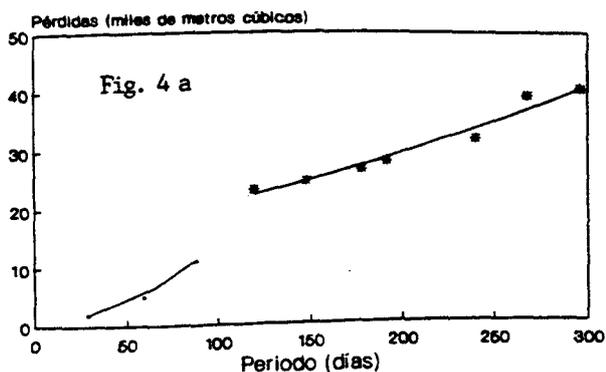
Playa de El Burrero



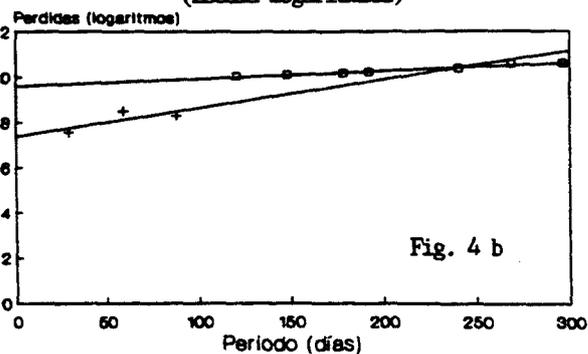
Playa de El Burrero (Escala logarítmica)



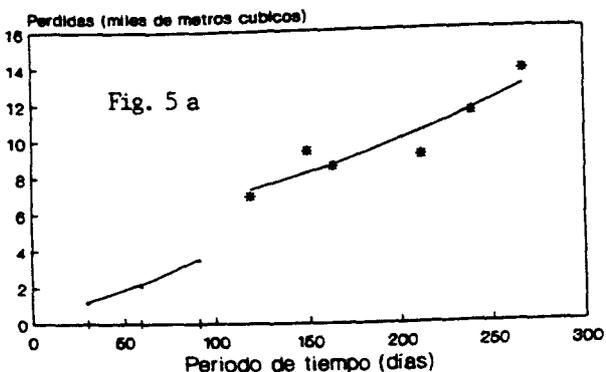
Playa de El Inglés



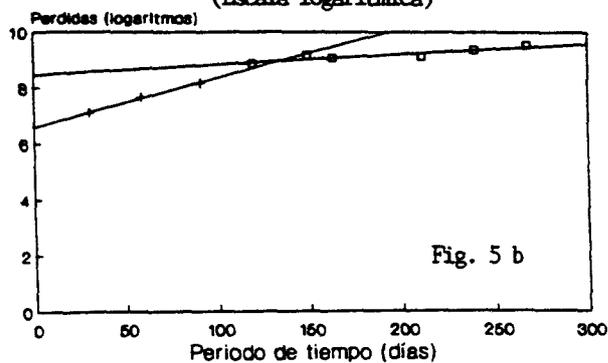
Playa de El Inglés (Escala logarítmica)



Punta de Maspalomas



Punta de Maspalomas (Escala logarítmica)



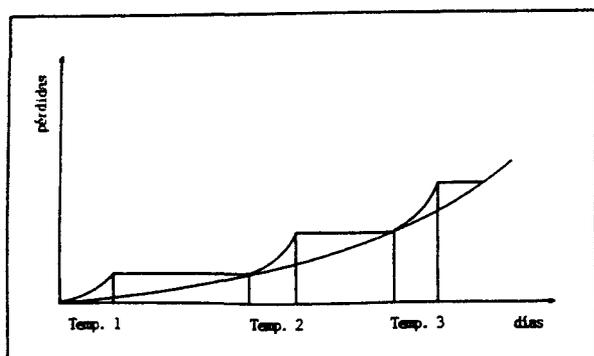


Figura 6

Pérdidas intermareales de arenas por temporales, en una playa, si se admite que siguen funciones del tipo : $y = a e^{bx}$

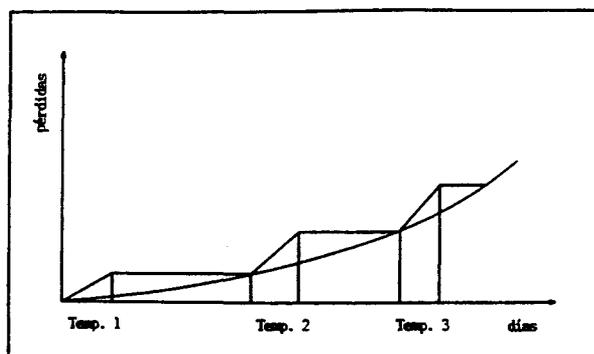


Figura 7

Pérdidas intermareales de arenas por temporales, en una playa, de acuerdo con la expresión : $y = a (bx)$

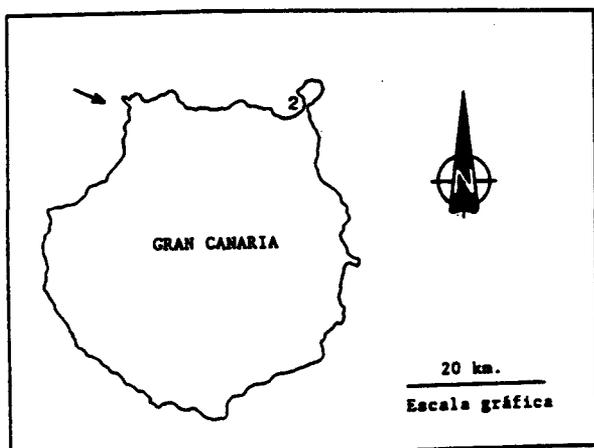


Figura 8

Localización geográfica de la Playa de Sardina del Norte (Gáldar).

Playa de Sardina del Norte (Gáldar) Datos de la playa y cambios producidos durante el temporal.	
Entorno morfológico.	Fórmula de Suárez Bories (1978): GG°o.o. Coeficiente del grado de erosión:0.5
Clasificación granulométrica.	Q ₁ en mm.:0.264 Q ₂ en mm.:0.180 Denominación:entre arenas finas y arenas medias con arenas finas.
Situación morfolodinámica.	Previa al temporal: Pendiente intermareal del 5.63% Denominación:intermedia en sentido estricto.
	Inmediatamente posterior al temporal: Pendiente intermareal del 6.66% Denominación:intermedia en sentido estricto. Estimación del coeficiente α :0.694
Dimensiones de la playa en metros.	En conjunto: Longitud: 66.8 Amplitud: 57
	Operativas: Longitud: 37.59 Amplitud intermareal: 9 Superficie: 338.31
Pérdidas en m ³	204.88
DATOS OCEANOLÓGICOS CORRESPONDIENTES AL TEMPORAL	
Fecha	Del 2/12/87 al 8/12/87 y Del 13/12/87 al 14/12/87.
Situación meteorológica en superficie .	Borrasca del N.W
H en metros	H ₅ : 2.88
	H ₀ : 3.22
T ₀ en seg.	9.19
L en metros.	L ₀ : 131.73
	L [*] : 56.82
	L ₀ : 56.51
db en metros	4.125
Coeficiente P	0.33.10 ⁻¹⁰
Duración (n) en días.	7.75
Densidad del agua del mar.	1.023106 (17/11/89)

CUADRO 2

Características de la Playa de Sardina del Norte (Gáldar) y seguimiento del temporal en estudio.

SEMNI Sociedad Española de
Métodos Numéricos
en Ingeniería

Jordi Girona Salgado, 31
Teléfonos (93) 401 64 85 : 205 70 16
Telex 52821 UPC E Fax (93) 401 65 17
08034 Barcelona

COMPOSICION PRECUENCIAL DEL BALANCE SEDIMENTARIO EN LA PLAYA ARENOSA DE SARDINA DEL NORTE (GALDAR, GRAN CANARIA)

J. Martínez, J.J. Alonso y E. Melián
Facultad de Ciencias del Mar
Campus Universitario de Tafira
Código Postal 35017
Las Palmas de Gran Canaria
ESPAÑA

RESUMEN

Se pretende aplicar una metodología de análisis de series, con periodo de muestreo discontinuo, a los balances sedimentarios en playas arenosas. De esta manera, se puede obtener unos primeros resultados de la evolución temporal de los procesos de erosión y acreción. En realidad, la metodología es aplicable a cualquier serie de medidas, tomadas a intervalos no uniformes.

El modelo a construir requiere que se disponga de una serie temporal de datos, durante un periodo de tiempo suficientemente significativo, como ocurre en este caso : Se dispone de medidas mensuales de volúmenes intermareales de arena, a lo largo de 6 años.

ESCENARIO GEOGRAFICO DE LA PLAYA EN ESTUDIO Y OBJETIVOS

La Playa de Sardina del Norte está situada al NW de la Isla de Gran Canaria (figura 1). Define un ambiente sedimentario arenoso en bolsillo, dentro de la Clasificación Genética de Suárez Bores (1978). Las dimensiones de la playa seca - intermareal son reducidas : de unos 100 metros de longitud por unos 60 metros de amplitud.

Como en todo estudio de este tipo, los objetivos se pueden resumir en cinco apartados :

1. Construir un sistema simple, para describir en una forma concisa, los procesos de ganancias y pérdidas sedimentarias, en la playa arenosa en estudio.
2. Explicar la interacción entre las variables y procesos que ocurren en el ambiente sedimentario, para extraer reglas de comportamiento. Entre las variables, se considerarán
 - el clima marítimo,
 - las situaciones de solsticios y equinoccios
 - y los cambios mensuales de mareas.
3. Predecir el comportamiento de la serie en el futuro, a partir de las reglas deducidas.
4. Establecer el control de la evolución del balance sedimentario, mediante parámetros a determinar, y en función de las variables seleccionadas.
5. Construir un modelo matemático, que prediga los cambios sedimentarios en la playa en seguimiento.

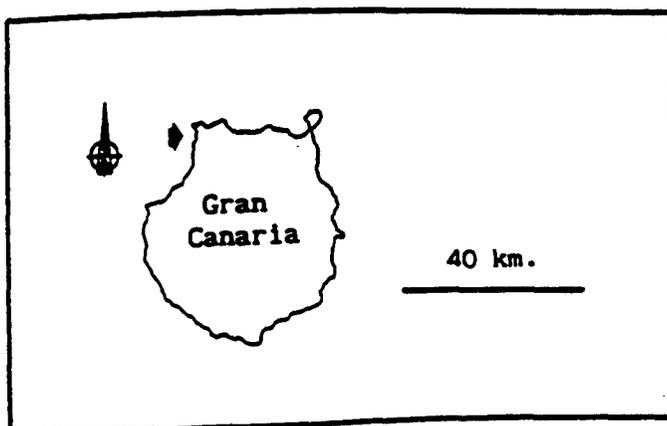


Figura 1

METODOLOGIA

Para el desarrollo del trabajo, se han seguido las siguientes técnicas :

- Cálculo de cubicajes de arena en el estrán. Se emplea el

procedimiento descrito por Martínez et al. (1987).

- Algoritmos de interpolación numérica :

- Lineal.
- Polinomial.
- Y Qubic Spline.

- Y algoritmos de estimación espectral de la energía. Se considera el método indirecto de Blackman y Tukey (1959), mediante la aplicación de la Transformada Discreta de Fourier, a la función de auto-correlación. A su vez, todo esto se apoya en el Teorema de Wiener, como recoge Newland (1975)

- Para una mayor precisión, en las estimaciones frecuenciales de las oscilaciones, se ha aplicado el método de ajuste espectral de Prony. Estos nuevos datos están en discusión.

RESULTADOS, DISCUSION Y CONCLUSIONES

En cuanto a los primeros resultados :

- a). Se ha obtenido el modelo de interpolación. Este dió la gráfica que muestra la evolución temporal de cubicajes totales, en la Playa de Sardina del Norte (figura 2):

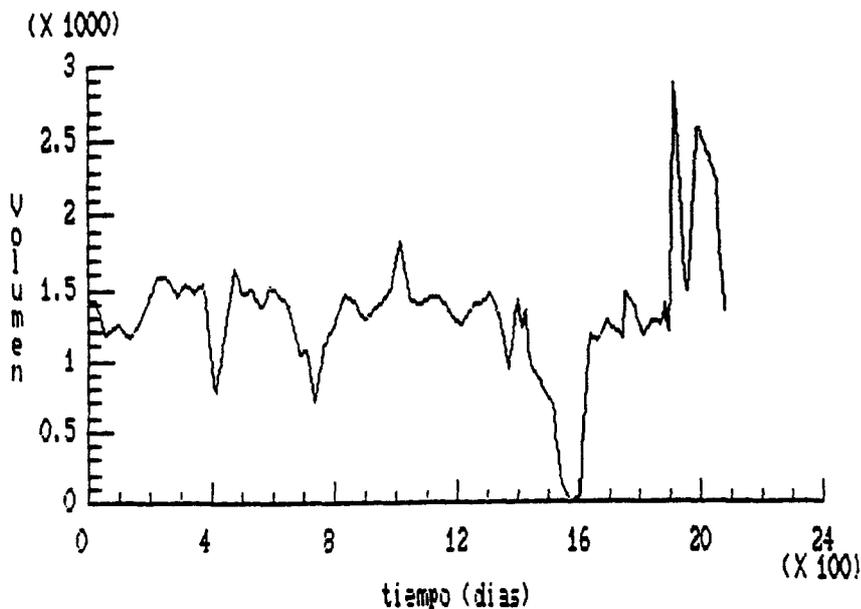


Figura 2

b). Y se ha identificado oscilaciones de periodos :

- anuales / bianuales,
- semestrales,
- trimestrales, y
- mensuales,

como se muestra en la figura 3, correspondiente al espectro de energía.

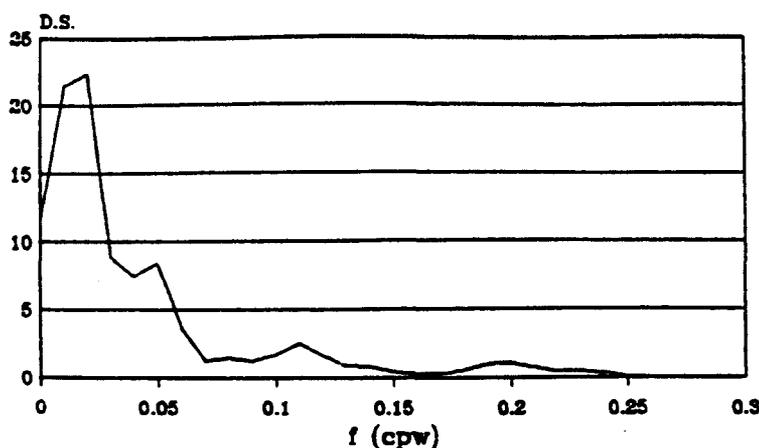


Figura 3

Si se exceptúa la componente bianual, las restantes coinciden con las de la marea astronómica.

El único sub-armónico podría corresponder a la oscilación de seis meses. Este :

1. Se generaría por la transferencia de energía, que es lo que caracteriza a un sub - armónico, desde la oscilación anual.
2. Y explicaría movimientos topográficos, de segunda generación, en la Playa.

Cabe la posibilidad que este efecto se encuentre imbuido por la

componente semi - anual de la marea astronómica. El discernimiento de ambas oscilaciones resulta difícil, precisamente por este hecho.

También hay solapamientos entre las oscilaciones de las mareas astronómicas y los efectos que producen las situaciones significativas oceanológicas estacionales (periodo de temporales erosivos, por ejemplo).

No se tiene, por ahora, argumentos para interpretar la oscilación bianual. Sin embargo, se puede afirmar que esta no genera a la oscilación anual, por tener una menor energía.

Otras oscilaciones muy significativas de la marea astronómica, de periodos inferiores a un mes, no se analizan en esta serie, ya que el espaciamiento temporal de los muestreos rebasan, normalmente, este intervalo de tiempo.

BIBLIOGRAFIA

BLACKMAN , R.B. y TUKEY, J. W., The Measurement of Power Spectra, Dover, Nueva York, 1959.

MARTINEZ, J., SASTRE, J., ALEMAN, G., CASTRO, J.J., MARTIN, A., y ROBAYNA, D.. Los movimientos de las superficies topográficas en las playas arenosas : Metodos de investigación e interpretación. Revista de Obras Públicas. Julio - Agosto. pp 469 - 483. 1987.

NEWLAND, D.E.. Vibraciones aleatorias y análisis espectral. Editorial AC, pp 276. 1975.

SUAREZ BORES, P.. Shore Classification - Simple forms with prevailing wind action. III Congres Inter IAEG, Madrid., pp 150 - 169.1978.

BIBL.UNIV.-LAS PALMAS DE GRAN CANARIA



265089

BAS 551.468 MAR mod