

# Modelización del transporte sedimentario longitudinal en playas de poca energía. Playa de Vistahermosa (Bahía de Cádiz)

«Modelization of longshore sediment transport in low-energy beaches. Vistahermosa beach (Cadiz Bay)»

J. Benavente <sup>(1)</sup> y F.J. Gracia <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. 11510 – Puerto Real. E-mail: javier.benavente@uca.es

## ABSTRACT

Theoretical and empirical estimations of the longshore sediment transport were applied to a beach in the northern Cádiz Bay. In the first case, several predictive models were applied by combining energetic, morphological and sedimentological characteristics of the beach. In the second case, a field experiment was carried out by injecting tracers in the beachface, with a later sampling permitted to determine the displacement of the centre of mass. At the same time, remobilization depth was quantified by using rods and sticks. As a conclusion, it can be stated that the models give super-estimations of the real amount of transported sediment measured in the field. This contradiction confirms the limited applicability of these kind of predictive models in a low energy coast like this.

**Key words:** sedimentary transport, coastal processes, predictive models, quantification, Cádiz Bay

Geogaceta, 33 (2003), 7-10  
ISSN:0213683X

## Introducción

El conocimiento del transporte longitudinal es fundamental para el estudio de la dinámica sedimentaria de una playa. Cuando las condiciones son favorables, las cantidades de sedimento transportadas por el oleaje involucradas en dicho transporte pueden ser importantes. Por otro lado, otros tipos de corrientes litorales paralelas a la costa provocadas por viento y/o marea, pueden generar un transporte transversal prácticamente independiente de las condiciones de oleaje.

El área de estudio se sitúa en la playa de Vistahermosa (figura 1), norte de la Bahía de Cádiz, en el litoral atlántico gaditano. Presenta una longitud total de 3 km y una anchura media de 50 m, medidos desde el nivel medio del mar. Se encuentra limitada al sur por una plataforma de abrasión rocosa (Punta de Sta. Catalina) y al norte por un espigón que la separa de la Base Naval de Rota. La mayor parte de la playa está confinada hacia tierra por paseos marítimos, edificaciones y muros de contención instalados sobre antiguos cordones dunares y estabilizando un pequeño acantilado trasero sobre arenas pliocenas. El oleaje se caracteriza como de baja energía con alturas medias en torno a 1 m, siendo el rango de mareas característico de costas mesomareales, con una media en torno a 2 m.

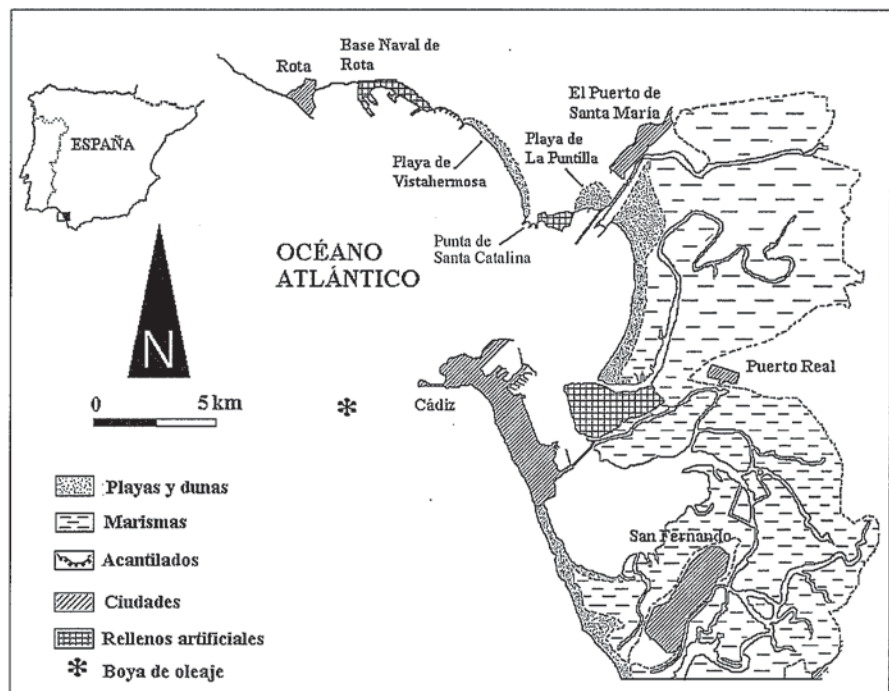


Fig. 1.- Mapa de situación de la zona de estudio.

Fig. 1.- Location map of the studied zone.

## Metodología

La experiencia con trazadores se desarrolló en febrero de 1999 en la zona central de la playa de Vistahermosa. El método utilizado fue el de integración espacial (SIM), desarrollado por Komar e

Inman (1970), que permite relacionar las condiciones hidrodinámicas con el transporte sedimentario que éstas generan. Se tomaron un total de 20 kg. de sedimento del área objeto de estudio, que fue posteriormente tintado según la metodología de Anfuso *et al.* (1999), técnica que no

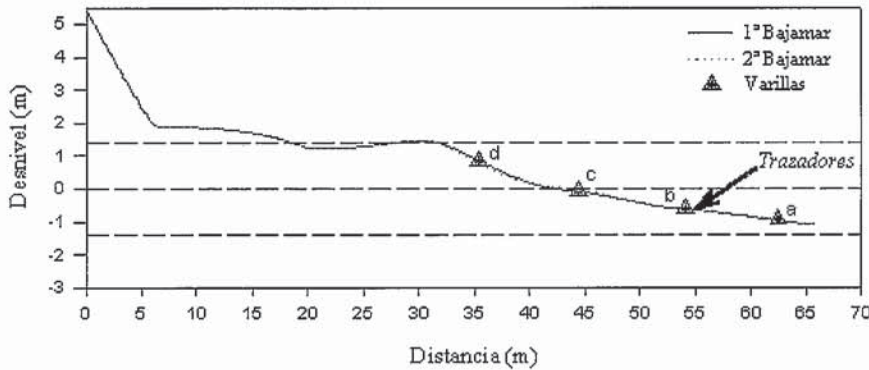


Fig. 2.- Perfil de playa antes y después de la campaña de trazadores y de profundidad de removilización. En la figura se muestran los puntos donde se colocaron las varillas metálicas destinadas a la medición de la profundidad de removilización, así como el punto de inyección de los trazadores.

Fig. 2.- Beach profile before and after the experience of tracers & remobilization depth. The figure also shows the points where sticks were installed in order to measure the remobilization depth, and the injection point for the tracers.

produce un apelmazamiento de los granos. Esta arena se sembró posteriormente en un área de 1 m<sup>2</sup>, durante la bajamar de la mañana, siendo recogidas las muestras durante la bajamar siguiente. Para la recogida de dichas muestras se realizó una malla de 12 perfiles transversales separados 30 m, salvo el situado más al Norte, que se encontraba separado 60 m del anterior. De esta forma se cubría una longitud de playa de 360 m. La malla se distribuyó en dirección Norte (dadas las condiciones de oleaje imperantes durante ese día) salvo dos perfiles situados al sur del punto de inyección. En cada perfil se recogieron cinco muestras espaciadas 10 m, cubriendo todo el intermareal. Posteriormente se realizó el conteo del número de granos tintados que aparecía en cada una de las 60 muestras recogidas.

En cuanto a la profundidad de removilización, se midió en perfiles alternativos en 24 estaciones. Para ello, se colocaron durante la primera bajamar varillas metálicas con arandelas insertadas a lo largo del intermareal (figura 2), realizándose la medida tras la segunda bajamar, siguiendo la metodología de Greenwood y Hale (1980).

Las características del oleaje fueron recogidas de forma visual a lo largo de todo el ciclo mareal. Por último, la velocidad de la corriente longitudinal se realizó mediante el seguimiento del desplazamiento de un flotador.

Durante la experiencia de campo se realizaron dos perfiles topográficos, al comienzo y al final de la experiencia, con objeto de registrar los cambios morfológicos en la playa, que según Williams (1971) invalidarían la medida de la profundidad de removilización.

Como se observa en la figura 2, dichos cambios fueron prácticamente nulos.

**Resultados y Discusión**

Con el objeto de obtener la tasa de transporte, en primer lugar hubo que calcular la distancia que habían recorrido los trazadores. Como se observa en la figura 3, la dilución no fue muy grande, dadas las condiciones de oleaje, y los granos no aparecieron más allá de 300 m al Norte del punto de inyección, donde se registró la concentración más elevada. En general, el transporte se produjo hacia el Norte y con un ligero ángulo hacia tierra.

La distancia recorrida se calculó a partir de la distancia que se había desplazado el centro de masas de los trazadores. Para ello se utilizó la fórmula del método de integración desarrollada por Komar (1998):

$y = \sum P_i d_i / \sum P_i$  (1) donde  $P_i$  es la cantidad de granos tintados que aparecen en la celda  $i$  y  $d_i$  es la distancia a la que se encuentra dicha celda del punto de inyección. El resultado obtenido fue un desplazamiento de 17.4 m.

La velocidad de transporte sedimentario se calculó dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo. En este caso se utilizó el tiempo de duración del ciclo mareal (12h:31m) siendo el resultado obtenido de 0.038 cm/sg, una velocidad bastante baja. Para el cálculo de la cantidad total de sedimento transportado, se utilizó la ecuación:

$Q_s = v_t x_b b$  (2) correspondiente al modelo desarrollado por Komar e Inman (1970), donde  $v_t$  es la velocidad del transporte,  $x_b$  es la anchura de la zona de surf y  $b$  es la capa de mezcla. La anchura de la

zona de surf en este caso se consideró igual a la anchura del intermareal (Ciavola *et al.*, 1997). Para  $b$  se obtuvo un valor de 5.6 cm. Finalmente, mediante la utilización de la ecuación 2 se obtuvo un transporte ( $Q_s$ ) de 3.89 m<sup>3</sup>/h, es decir, 93.36 m<sup>3</sup>/día. Este peso está relacionado con el flujo mediante la ecuación:

$$I_t = (\rho_s - \rho) g a' Q_s \quad (3)$$

propuesta por Inman y Bagnold (1963), donde  $g$  es la gravedad,  $\rho$  es la densidad (sedimento y agua) y  $a'$  es un factor relacionado con la porosidad del sedimento. Aplicando dicha relación se obtuvo un flujo energético de 10.05 N/sg. Este resultado se puede comparar con el flujo energético calculado a partir de la fórmula desarrollada por CERC (1984) y Komar e Inman (1970), expuesta en la ecuación:

$$I_t = k (ECn)_b \text{ sen } \alpha_b \text{ cos } \alpha_b \quad (4)$$

Siendo  $k$  una constante cuyo valor es 0.7 (Komar e Inman, 1970) y siendo la potencia en la línea de rotura ( $ECn$ ) igual a 916.7 N/sg. Se obtuvo así un resultado de 22.24 N/sg, que es más del doble del transporte medido en la playa.

Estos resultados también se han comparado con el método desarrollado por Inman y Bagnold (1963), que tiene en cuenta la existencia de una corriente longitudinal a la costa, mediante las aproximaciones propuestas por Komar (1998):

$$I_t = k' (ECn)_b (v/u_m) = 0.44 \rho g H_{bs} v_t \quad (5)$$

donde  $k'$  es un factor adimensional de proporcionalidad,  $u_m$  es la máxima velocidad orbital cerca del fondo bajo las olas en rompiente y  $H_{bs}$  corresponde a la altura de ola significativa en rompiente. El resultado obtenido mediante la aplicación de este modelo es 2.9 N/sg, en torno a tres veces inferior al valor obtenido empíricamente. Aplicando dicha ecuación, pero con la constante  $k'$  propuesta por Kraus *et al.* (1982), el resultado es muy similar al obtenido mediante el método de Komar e Inman (1970).

Esto muestra el mal funcionamiento de estos modelos en esta costa, lo que ya fue apuntado por Anfuso *et al.* (1999). Debido a que sólo se ha realizado una experiencia, no es posible aventurar conclusiones definitivas. No obstante, posiblemente este escaso ajuste a los modelos clásicos se deba a la escasa energía de la zona, lo que hace que la mayoría de ellos hagan previsiones sobredimensionadas.

En cuanto a la profundidad de removilización obtenida, 5.6 cm, supone un 9.3 % de la altura de ola incidente, relación similar a la obtenida para otras playas de la zona por Anfuso *et al.* (2000). Dicho valor está íntimamente ligado a las

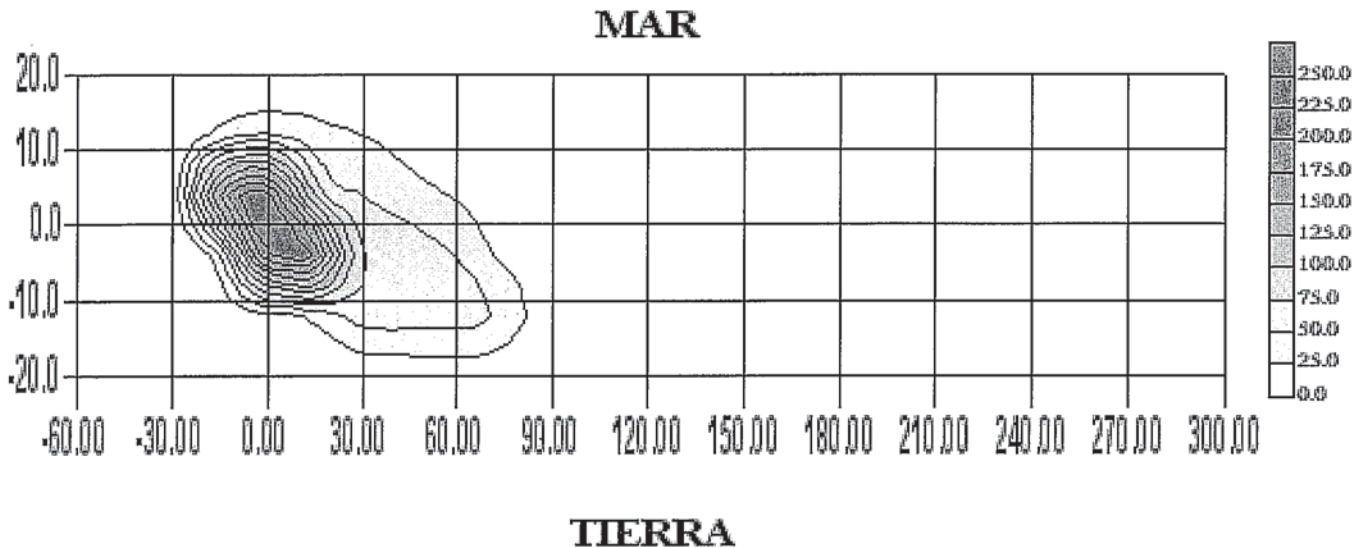


Fig. 3.- Distribución de los trazadores a lo largo de la malla de muestreo. El punto (0,0) indica el punto de inyección. Los valores de x negativos son hacia el Sur mientras que los positivos indican el Norte, en metros.

Fig. 3.-Tracer distribution along the sampling net. The point (0,0) indicates the injection point. Negative x values prevail to the South, while positive values indicate the North, in meters.

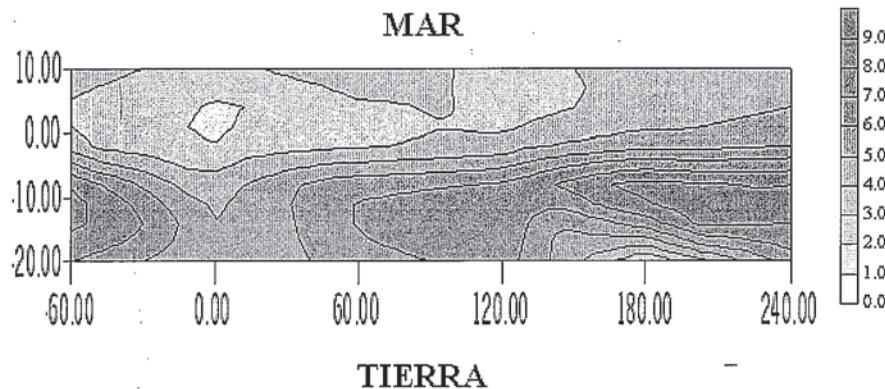


Fig. 4.- Distribución de la profundidad de removilización (cm) a lo largo de la malla de muestreo. En tonos más oscuros los máximos. Los valores de x negativos son hacia el Sur mientras que los positivos indican el Norte en metros.

Fig. 4.- Distribution of remobilization depth values (cm) along the sampling net. Maximum values in dark colour. Negative x values prevail to the South, while positive values indicate the North in meters.

variables morfodinámicas de la playa, ya que la cantidad de sedimento que se pone en suspensión está relacionada con el tipo de oleaje incidente y sobre todo con el tipo de rotura que éste produzca (Voulgaris y Collins, 2000).

En este tipo de playas la máxima profundidad de removilización (figura 4) se relaciona con el paso de la rompiente en voluta y se da en torno al nivel medio (varilla c), produciéndose una posterior disminución por el descenso de la pendiente de la playa en la zona baja del intermareal (Kraus, 1985; Anfuso *et al.*,

2000). Este comportamiento es el que se ha observado en la playa de Vistahermosa. La varilla c presentó una removilización media en los 6 perfiles monitorizados de 8.3 cm. La varilla d presentó un valor inferior, 6.08 cm, a pesar de ser un tramo con mayor pendiente y ser la zona donde se dieron las mayores variaciones morfológicas, con una pequeña erosión. En dicha zona el flujo de *swash* no depositó arena, y cuando empezó a ser alcanzada por la rompiente ya se producía erosión, en torno a 7 cm, debido a las fuertes corrientes de reflujó debidas

a lo escarpado de la pendiente. Las varillas situadas en la zona más baja del perfil presentaron las profundidades de removilización más bajas, siendo algo más elevada la de la varilla a, donde se registró un valor de pendiente algo mayor que en el tramo inmediatamente superior.

**Conclusiones**

Estos resultados ponen de manifiesto que, si bien la removilización es relativamente elevada, el transporte longitudinal del sedimento removilizado es más bien escaso, como se deduce del pequeño desplazamiento del centro de masas de los trazadores durante la experiencia realizada. Por otro lado, la mayoría de los modelos predicen un flujo mucho mayor que el obtenido experimentalmente.

Teniendo en cuenta que la energía incidente durante el experimento fue débil, como es típico en la zona, estos datos vienen a corroborar en cierto modo las deducciones hechas a partir de datos de oleaje direccional, indicando la escasa importancia del transporte longitudinal en la presente playa (Benavente, 2000).

**Agradecimientos**

Este trabajo es una aportación al proyecto D.G.E.S. PB98-0581 y al grupo de investigación de la Junta de Andalucía RNM 161.

Referencias

- Anfuso, G.; Andrés, J.; Gracia, F. J. y Lopez-Aguayo, F. (1999): En G. Randazzo (ed). *Coastal Environment Management*. En CD Room por EUCC-EUCC/Italy.
- Anfuso, G.; Gracia, F. J.; Andrés, J.; Sanchez, F.; Del Rio, L. and Lopez-Aguayo, F. (2000): *JCR*. 16 (2), 446-457.
- Benavente, J. (2000): Tesis Doctoral. 534 pp. Universidad de Cádiz.
- CERC. (1984): Coastal Engineering Research Center. Dept. of the Army. Mississippi. 1, 610 p.
- Ciavola, P., Taborda, R., Ferreira, O. and Dias, J.A. (1997): *Marine Geology*. 141, 147 - 156.
- Greenwood, B. and Hale, P.B. (1980): En S.B. McCann (ed): *The Coastline of Canada*. Geol. Surv. Can., 80 (10), 89 - 109.
- Inman, D. and Bagnold, R. (1963): En M.N. Hill (ed): *The Sea*, Interscience, New York, vol. 3, 529-553.
- Komar, P.D. (1998): Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Komar, P.D. and Inman, D.L. (1970): *Jour. Geophys. Res.*, 75, 5514 - 5527.
- Kraus, N.C., Isobe, I., Igarashi, H., Sasaki, T.O. and Horikawa, K. (1982): *Proc. 18th. Coastal Eng. Conf.*, ASCE, 969-988.
- Kraus, N. C. (1985): *Journal of Sedimentary Petrology*. 55, 3-14.
- Voulgaris, G. and Collins, M.B. (2000): *Marine Geology*. 167, 167-187.
- Williams, A.T. (1971): *Marine Geology*. 11, 145 - 158.