

Estudio del movimiento de sedimentos en la playa de "Regla" (Chipiona-Cádiz), mediante el uso de trazadores fluorescentes.

Por J. J. MUÑOZ PEREZ (*); J. M. GUTIERREZ MAS (**)
y J. M. PARRADO ROMAN (**)

RESUMEN

El conocimiento de la dinámica litoral es un importante objetivo de la ingeniería de costas, al ser causa de las variaciones rápidas que afectan a las playas. Durante los estudios de seguimiento de la playa de "Regla" (Chipiona-Cádiz), tras su regeneración, se realizó una siembra de trazadores fluorescentes para comprobar si el espigón construido era rebasable por el sedimento. Los resultados han mostrado la utilidad de los trazadores en el estudio cualitativo de la dinámica litoral, comprobándose la tendencia de algunos tamaños de grano a permanecer en ciertos sectores de la playa, mientras que otros son transportados rápidamente como carga de fondo o en suspensión. Las fracciones arena gruesa y muy fina se eliminaron rápidamente mar adentro y hacia el Norte, mientras que la arena media y fina permanecieron más tiempo. También se ha comprobado su utilidad en la determinación de corrientes residuales y en la determinación del tiempo de inversión del flujo de sedimentos al cambiar las condiciones hidrodinámicas. Los principales inconvenientes, derivaron de la preparación, detección y contaje de los trazadores.

Palabras clave: Trazadores fluorescentes, dinámica litoral, playas.

ABSTRACT

The littoral dynamic knowledge is a main topic in coastal ingeniery, due their influence in the fast beach variations. During the regeneration study of "Regla" beach in Chipiona (Cádiz, Spain), an injecting and pursuit of fluorescent tracers was made for testing if the sting constructed was rebasable by the sediments. The results shown the utility of the "tracers" in cualitativ study about littoral dynamic. Same grain size fracctions remained ir. the beach, while others fractions were quickly transported as bed or suspension load. The coarse and very fine sand fractions were transported seaward and northward from the inject points in subtidal and intertidal zones. The medium an fine sand fractions remained more time in intertidal and subtidal zones before to be transported. The utility of tracers in determination of residual currents and flow inversion time by the sediment transported with changes of the surficial hydrodynamic conditions has been also verified. The main problems were derivated from detection, pursuit and counting of grains.

Key words: Fluorescent tracers, littoral dynamic, beaches.

INTRODUCCION

El estudio del movimiento de sedimentos en las zonas litorales es complejo debido a las interacciones entre sedimento y agua, pudiendo ser medido de forma cuantitativa, como una tasa o

concentración, o cualitativamente, determinando las direcciones de transporte y dispersión del sedimento, para lo cual puede resultar útil el empleo de trazadores (SASAKI y SAKURAMOTO, 1984). Un "trazador fluorescente" o "luminóforo", se puede definir como el resultado de marcar un determinado sedimento, natural o artificial, con un recubrimiento superficial formado por una solución de pintura fluorescente, una resina base y un endurecedor (FERNANDEZ-RAÑADA, 1982).

(*) Dpto. de Física Aplicada.

(**) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía, Estratigrafía, Geodinámica, Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias del Mar. Univ. de Cádiz. Pol. Río San Pedro, s/n.11540 Puerto Real, Cádiz, Spain.

Debido a las dificultades de las técnicas requeridas, la aplicación de "trazadores fluorescentes" al estudio de la dinámica litoral se practica relativamente poco. Su utilización en el estudio del transporte longitudinal en playas se introdujo en base a la metodología desarrollada para el estudio del transporte fluvial (LEAN y CRICKMORE, 1963, CRICKMORE, 1967) y han sido utilizados por diferentes autores (INMAN y CHAMBER-LAIN, 1959; INGLE, 1965; ZENKOVICH, 1967; KOMAR e INMAN, 1970; KNOTH y NÚMMEDAL, 1977; INMAN et al., 1980; KRAUS et al., 1982 y HORIKAWA, 1988, entre otros).

La ventaja del uso de trazadores radica en que en la naturaleza existen sedimentos (gravas y arenas) que pueden marcarse fácilmente y que su preparación, manejo y almacenaje son sencillos. Además, las pinturas fluorescentes utilizadas no presentan problemas sanitarios ni medio-ambientales y existe una amplia gama de colores en el mercado. La durabilidad del recubrimiento fluorescente puede ajustarse en función de la solubilidad media del ligante utilizado teniendo algunos una vida útil de varios meses.

El objetivo básico de un ensayo con "trazadores fluorescentes" es el seguimiento del sedimento marcado durante un período de tiempo, en un espacio determinado y, mediante el estudio de su comportamiento, conocer el movimiento del sedimento natural, lo que sólo es posible si el comportamiento hidrodinámico del trazador es similar al del sedimento que se pretende estudiar (FERNANDEZ-RAÑADA, 1982).

En el año 1992, la Demarcación de Costas de Andalucía-Atlántico procedió a la regeneración de la playa de "Regla" en Chipiona (Cádiz) (Fig. 1), consistente en la construcción frente al faro de la "Punta del Perro" de un espigón de escollera hasta una profundidad de -2 m, para proteger la playa de las corrientes que tienen lugar cerca de la desembocadura del río Guadalquivir, y de un vertido de 500.000 m³ de arena, sobre una extensión de 1.500 m lineales de costa. Como complemento a los trabajos de ingeniería, se diseñó una campaña de control de la dinámica sedimentaria, mediante la siembra de "trazadores fluorescentes", con objeto de comprobar si el espigón era rebasable por el sedi-

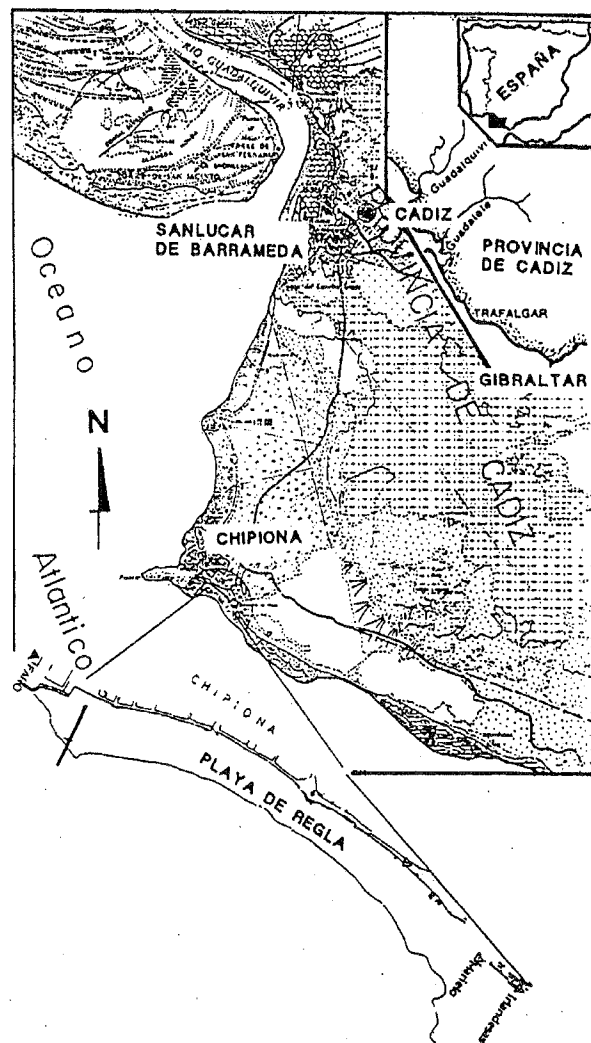


Figura 1. Situación geográfica de la zona de estudio

mento utilizado en la regeneración y establecer las direcciones de transporte y distribución de sedimentos en determinadas condiciones hidrodinámicas.

Características hidrodinámicas generales

Aunque el movimiento y transporte de sedimentos en las zonas litorales está controlado fundamentalmente por el oleaje y las corrientes derivadas de éste (Al-MANSI, 1990), en el mismo, convergen diversos factores como,

velocidad y dirección del viento, dirección y altura de las olas, amplitud de las mareas y características del fondo, que actúan en las zonas costeras.

La playa de "Regla" se encuentra en el extremo noroccidental de la provincia de Cádiz, junto a la desembocadura del río Guadalquivir, con una orientación general de NO a SE y presenta un carácter disipativo de la energía del oleaje, debido a su amplitud y a su pendiente relativamente suave. La existencia de una amplia plataforma rocosa a lo largo de la misma, y que emerge en los extremos norte y sur de la playa, facilitan el asentamiento de la arena y controla en buena parte el oleaje, colaborando a la estabilidad del sedimento y a su permanencia.

En este sector del Golfo de Cádiz, los vientos del NO, debido a la orientación de la costa de cara a los temporales de esta dirección, generan una corriente hacia el SE, mientras que los vientos del SO, S y SE, dan lugar a corrientes litorales hacia el N y NO. La frecuencia de olas de altura superior a 0,25 m, tomada del Atlas de Clima Marítimo del Litoral Español (R.O.M. 0.3-91, Area IV) para el período 1982-1990, indica para el oleaje tipo "sea" (mar de viento) un enfrentamiento Levante-Poniente, con predominio de la componente E, mientras que para el oleaje tipo "swell" (mar de fondo), predomina la componente O. En cuanto al rango de mareas, la zona tiene un claro carácter mesomareal, con una amplitud máxima de 3,7 m.

METODOLOGIA

El empleo de "trazadores fluorescentes" requiere técnicas de preparación especializadas: en primer lugar se selecciona arena de características granulométricas similares a la de la zona activa de la playa que se pretende estudiar. Los trazadores seleccionados deben tener buena luminosidad, para facilitar su detección con luz ultravioleta, el recubrimiento fluorescente debe ser completo y resistente a la fricción, y estar perfectamente disgregado, para que no aparezcan aglomeraciones de granos que modifiquen el tamaño y la distribución de tamaños del sedimento natural.

Tras el lavado de la arena natural con agua dulce y su secado, se recubre ésta con resina sintética y pintura fluorescente. Posteriormente se tamiza para calibrar la granulometría comprobándose si se ha alterado significativamente la distribución de tamaños.

Se emplearon tres coloraciones: rodamina (rojo), 225 kg; auramina (amarillo), 225 kg y uvitex (blanco), 50 kg, que se sembraron en diversos sectores de la playa: la rodamina se vertió desde una embarcación en la zona submareal, a -3 m de profundidad respecto del cero hidrográfico, en el sector central de la playa; la auramina se vertió en la zona intermareal central, en la cota +2 m, y el uvitex en la zona intermareal al norte del espigón de escollera, en la cota +2 m.

La siembra se realizó el 21 de Mayo de 1993, y el seguimiento consistió en el rastreo diario con luz ultravioleta, durante las bajamares nocturnas, hasta el día 24 de Junio del mismo año. El estudio se ha completado con dos campañas de muestreo, a los 12 y 32 días de la siembra, con objeto de determinar la proporción de trazadores en las diferentes fracciones de tamaño de grano y conocer la evolución de los diversos sectores de la playa durante este período. Las campañas incluyeron 65 desmuestres en 13 perfiles de playa perpendiculares a la orilla, desde la cota +3 m a la de -2 m. Posteriormente, las muestras fueron tamizadas para conocer su distribución granulométrica, realizándose también el contaje de partículas trazadas presentes en cada fracción de tamaño.

RESULTADOS Y DISCUSION

Seguimiento de los trazadores

Los dos primeros días la situación fue de viento del NO, con una altura de olas entre 0,3 y 0,4 m, que dió lugar a un transporte de sedimentos hacia el SE (Fig. 2A). El tercer día la situación cambió a viento del SO, con olas de 0,2 a 1 m de altura, iniciándose un flujo de granos hacia el N (Fig. 2B), registrándose no obstante un flujo residual hacia el SE, que se sostiene hasta el quinto día de rastreo (Fig. 2B) y que pone de

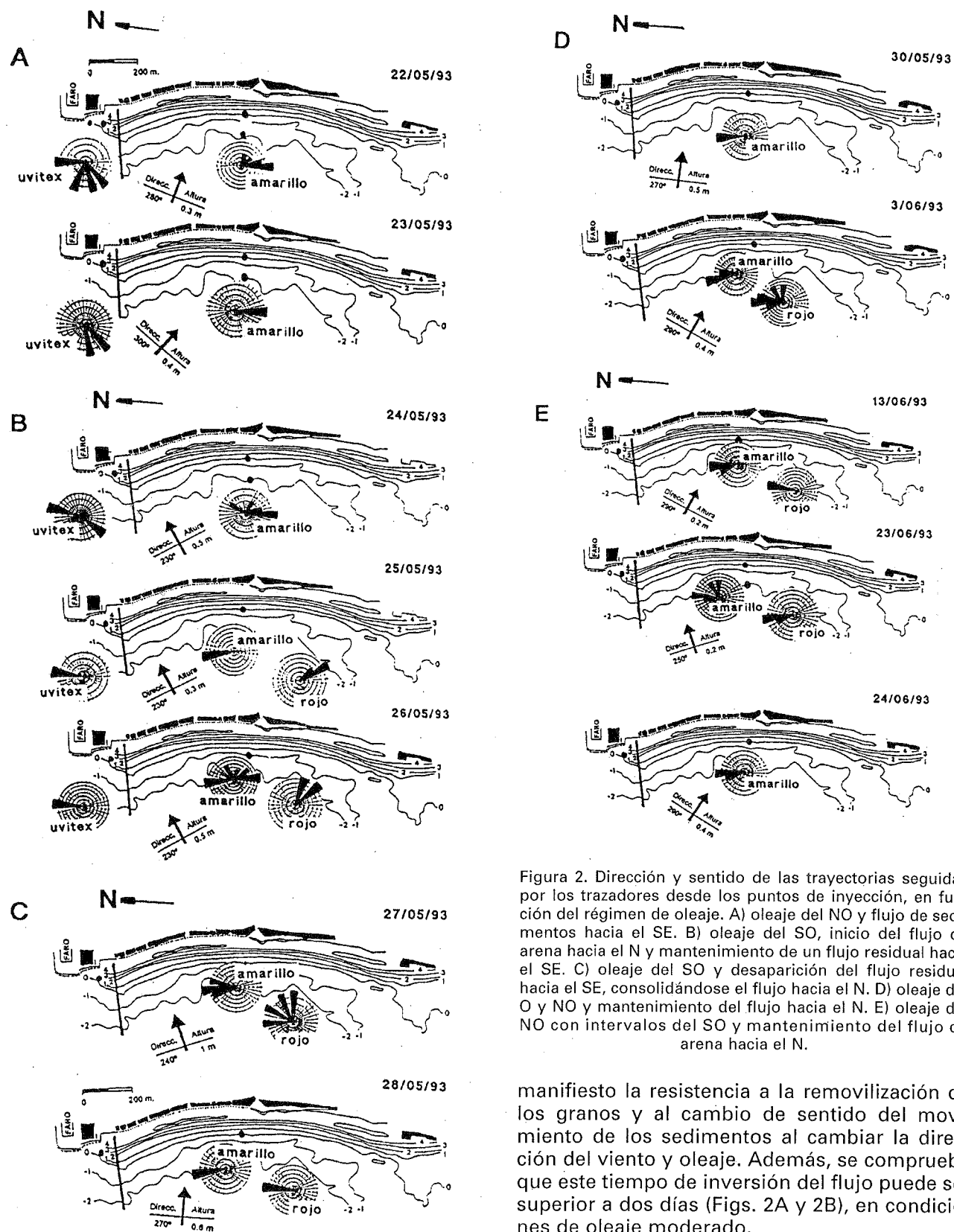


Figura 2. Dirección y sentido de las trayectorias seguidas por los trazadores desde los puntos de inyección, en función del régimen de oleaje. A) oleaje del NO y flujo de sedimentos hacia el SE. B) oleaje del SO, inicio del flujo de arena hacia el N y mantenimiento de un flujo residual hacia el SE. C) oleaje del SO y desaparición del flujo residual hacia el SE, consolidándose el flujo hacia el N. D) oleaje del O y NO y mantenimiento del flujo hacia el N. E) oleaje del NO con intervalos del SO y mantenimiento del flujo de arena hacia el N.

manifiesto la resistencia a la removilización de los granos y al cambio de sentido del movimiento de los sedimentos al cambiar la dirección del viento y oleaje. Además, se comprueba que este tiempo de inversión del flujo puede ser superior a dos días (Figs. 2A y 2B), en condiciones de oleaje moderado.

Durante días sucesivos, persistió la situación de oleaje del SO, con ligeros intervalos del O y NO, sosteniéndose el flujo de arena hacia el N, que se mantuvo estable prácticamente hasta el final del seguimiento, cuando la situación vuelve a ser del NO (Figs. 2C, 2D y 2E). Los cortos intervalos de oleaje del NO que tuvieron lugar durante este período, no alteraron el flujo hacia el N, mostrando que la tendencia general de las corrientes litorales y del movimiento de sedimentos en este sector del litoral, es desde el S hacia el N.

Comportamiento hidrodinámico del sedimento y de las partículas trazadas

Los resultados de la primera campaña de muestreo, realizada a los 12 días de la siembra, indican que la playa se encuentra diferenciada en sectores o tramos de granulometría diferente (Fig. 3A), apareciendo los límites entre materiales de diferente granulometría perpendicularmente a la orilla. La arena muy fina (0,18-0,063) aparece al N de la playa, junto al espigón, incrementándose progresivamente el tamaño de grano hacia el S. Tras la segunda campaña de

muestreo, realizada a los 32 días de la siembra, los resultados muestran la pérdida de la fracción arena muy fina y casi toda la gruesa (>1 mm), estabilizándose los tamaños medios (Fig. 3B).

El análisis de la distribución espacial de los trazadores en relación con los diferentes tamaños de grano, ha permitido establecer las trayectorias seguidas por cada fracción de tamaño presente en el sedimento y determinar las interacciones entre la zona intermareal y submareal, a través del intercambio de sedimentos de diferente granulometría.

1ª Campaña de muestreo.

a) El comportamiento del **trazador rojo** (rodamina), indica también el de la masa de los sedimentos que se encuentran inicialmente en la zona submareal, donde se vertió. La **arena gruesa** fue transportada hacia el O, mar adentro y hacia el N, paralelamente a la orilla (Fig. 4A), apareciendo la mayor concentración de trazador al O del punto de vertido, entre 0 y -2 m, sin ascender a la zona intermareal; la **arena media**, se desplazó hacia el N, paralelamente a la orilla, por la zona intermareal y submareal, alcanzándose la máxima concentración de partículas a -2 m; la **arena fina**, se desplaza hacia el N a lo largo de la playa y mar adentro, encontrándose trazas en la zona intermareal y acumulaciones cerca del espigón hasta +4 m; la **arena muy fina** sufrió transporte hacia el N y mar adentro y no se incorporó a la zona intermareal, excepto en un sector junto al espigón, entre 0 y +3 m.

b) El comportamiento del **trazador amarillo** (auramina), indica el de la masa de sedimentos que se encuentran inicialmente en la zona intermareal, donde se vertió. La **arena gruesa**, no aparece en la zona intermareal, a pesar de estar inicialmente en algunos sectores (Fig. 4B), lo que indica un transporte rápido hacia mar adentro o bien, por acción eólica hacia tierra o lateralmente; la **arena media**, fue transportada hacia el N, paralelamente a la orilla por la zona intermareal y también mar adentro, hacia la zona submareal, entre 0 y -1 m; la **arena fina**, tiene un comportamiento similar a la arena media, mientras que la **arena muy fina**, desaparece en buena parte, observándose parches de alta concentración de trazador, que indican un tipo de transporte intermitente hacia mar adentro.

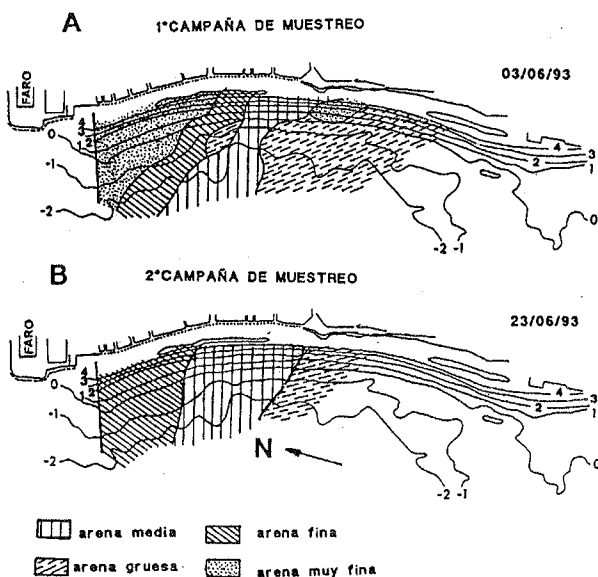


Figura 3. Distribución de facies granulométricas en la playa de "Regla" a partir de los resultados obtenidos de la primera y segunda campaña de muestreo. A) a los 12 días de la siembra; B) a los 32 días de la siembra.

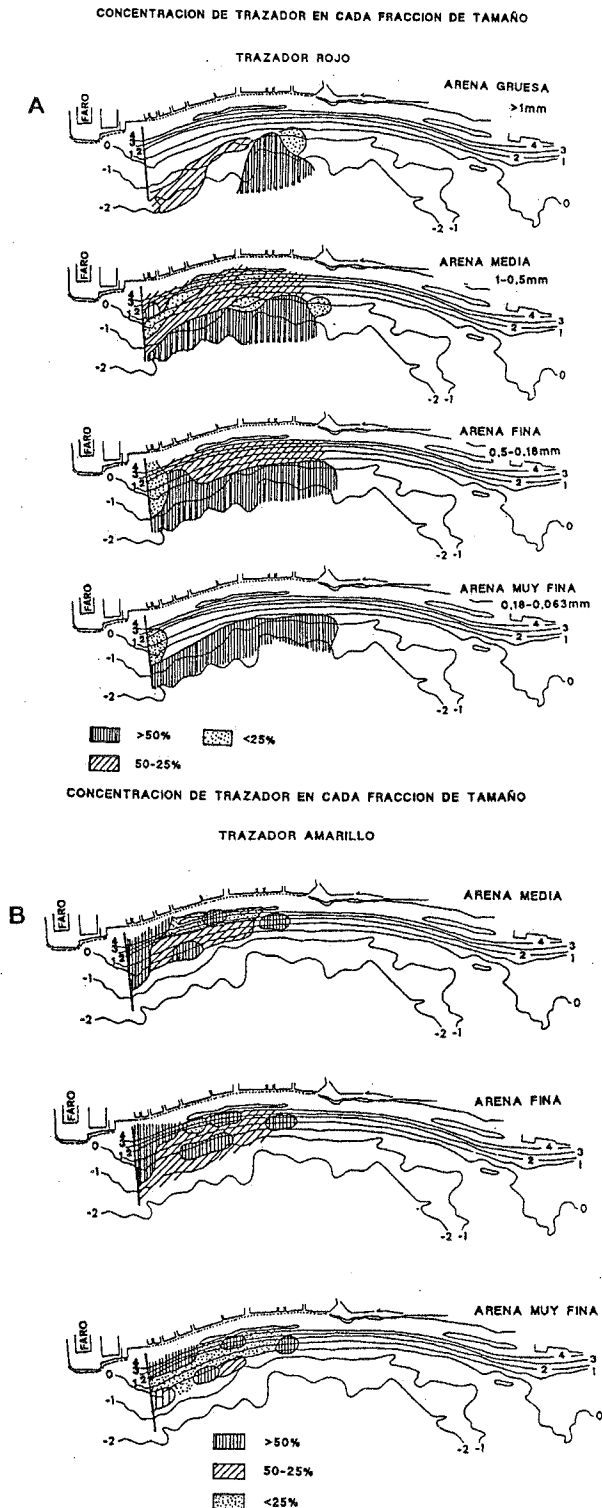


Figura 4. Comportamiento hidrodinámico y trayectorias de los granos de arena, a partir de los datos de concentración de trazador en las diferentes fracciones de tamaño, obtenidos en la primera campaña de muestreo. A) trazador rojo. B) trazador amarillo.

c) El seguimiento del **trazador blanco** (uvitex), aparte de su difícil localización, mostró su rápida dispersión por acción de las corrientes de retorno y las mareas y prácticamente desaparece de la zona de estudio.

2ª Campaña de muestreo.

En esta segunda fase, se observa una gran disminución de la proporción de partículas trazadas en el sedimento, debido al efecto del transporte, la dispersión y al enterramiento.

El comportamiento del **trazador rojo** permite deducir que la arena gruesa desaparece (Fig. 5A), mientras que la arena media y fina aparece sólo en la zona submareal, desapareciendo casi totalmente de la intermareal, excepto en un sector junto al espigón, al N de la playa. Las partículas de arena muy fina desaparecen tanto de la zona intermareal como de la submareal.

En cuanto al **trazador amarillo**, se observa la desaparición de la arena gruesa y muy fina (Fig. 5B), mientras que las fracciones de arena media y parte de la fina descienden de la zona intermareal a la submareal.

Este transporte selectivo de los granos trazadores, se debe fundamentalmente al diferente comportamiento hidrodinámico de las distintas fracciones de tamaño presentes en el sedimento durante su desplazamiento a lo largo de la playa. EVANS (1939) y KOMAR (1977), mediante estudios experimentales, llegaron a la conclusión de que, el transporte por acción de la deriva litoral, de los granos de arena mayores, se realiza como carga de fondo y que, cuanto mayor es el tamaño de grano, mayor es la velocidad de transporte. Para el caso de la carga en suspensión, la tendencia es inversa, de forma que las partículas tienden a tener velocidades mayores cuanto menor es su tamaño (KOMAR, 1977).

BITTENCOURT et al. (1991), en la bahía de "Todos os Santos" (Brasil), demuestran que, en la zona del "shoreface", la arena gruesa y media se mueven continuamente como carga de fondo, mientras que la arena muy fina lo hace en suspensión y la arena fina sufre un retraso respecto a las otras fracciones probablemente porque es transportada en saltación.

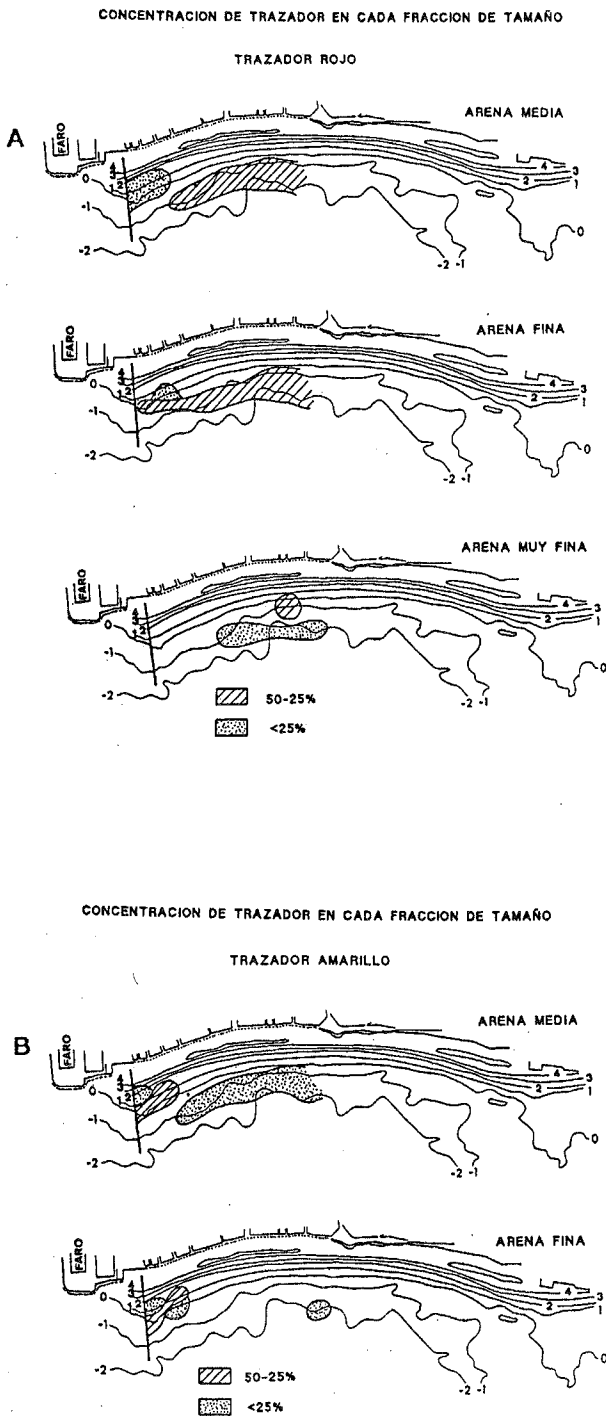


Figura 5. Comportamiento hidrodinámico y trayectorias de los granos de arena, a partir de los datos de concentración del trazador en las diferentes fracciones de tamaño, obtenidos en la segunda campaña de muestreo. A) trazador rojo. B) trazador amarillo

Estos datos justifican la rápida eliminación de la arena gruesa en la playa de "Regla", tanto en la zona intermareal como en la submareal, al ser transportada en su mayor parte como carga de fondo rápidamente hacia mar adentro, por acción de las corrientes de resaca, y lateralmente, por las corrientes de deriva litoral, sin llegar a ascender a la zona intermareal, al menos en las condiciones de oleaje descritas (Fig. 6).

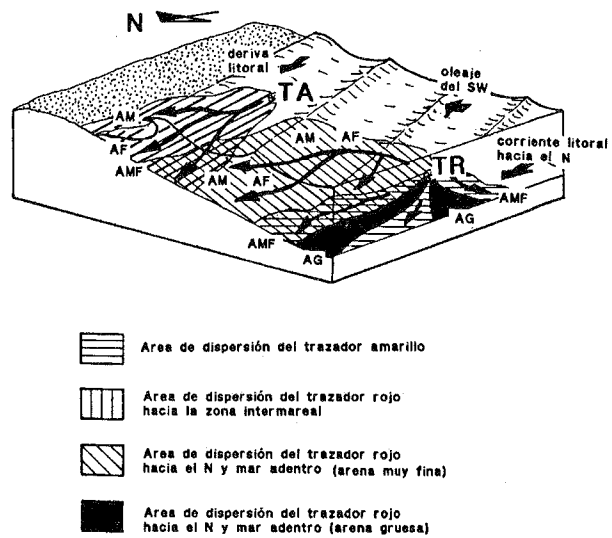


Figura 6. Dispersión de las distintas fracciones de tamaño de las partículas trazadas desde los puntos de inyección. TA: punto de inyección del trazador amarillo (zona intermareal); TR: punto de inyección del trazador rojo (zona submareal); AG: arena gruesa; AM: arena media; AF: arena fina; AMF: arena muy fina.

La arena media es transportada también como carga de fondo, aunque más lentamente que la gruesa, como muestra su mayor tiempo de permanencia, desplazándose hacia el N paralelamente a la orilla y también perpendicularmente a ésta, intercambiándose entre las zonas intermareal y submareal.

La arena fina, presenta una velocidad de transporte menor que la arena gruesa y media, debido a que sufre un retardo al ser transportada en saltación, y por tanto, presenta un mayor tiempo de permanencia en todos los sectores de la playa, especialmente en la zona submareal.

En el caso de la arena muy fina, transportada como carga en suspensión, no llega a ascender a la zona intermareal y es eliminada finalmente de la zona submareal, aunque a menor velocidad que la arena gruesa.

Acción de las corrientes

A partir de los datos proporcionados por las direcciones de dispersión de los trazadores y del comportamiento hidrodinámico de éstos, se ha deducido el sistema de corrientes residuales que afectan al transporte de sedimentos en la playa de "Regla", en una situación hidrodinámica similar a la encontrada durante el período de estudio (Fig. 7), entendiéndose como tal aquella cuya duración es superior a un ciclo de mareas (HORIKAWA, 1988):

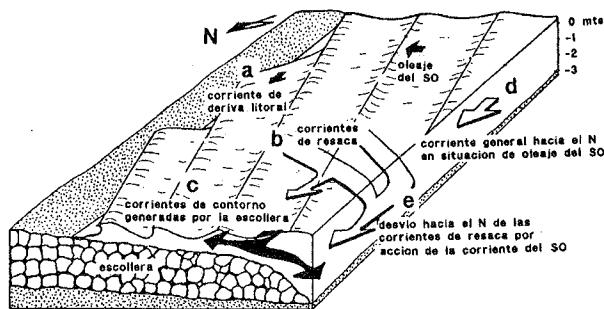


Figura 7. Sistema de corrientes responsables del transporte de sedimentos en la playa de Regla. a) corriente de deriva litoral; b) corrientes de resaca; c) corriente de contorno generada por el choque con la escollera; d) corriente litoral hacia el N en situación de oleaje del SO; e) desvío hacia el N de las corrientes de resaca.

a) Una corriente de deriva litoral generada por la incisión de los frentes de olas sobre la orilla, responsable del transporte hacia el N de los sedimentos, efectuado paralelamente a la orilla, por la zona intermareal.

b) Una corriente de retorno (rip current) producida por el incremento del gradiente de altura del agua en la orilla por acumulación de olas, responsable del transporte mar adentro de las fracciones más gruesas y más finas, junto con el reflujo mareal.

c) Corrientes de contorno de diversa dirección, generadas por el choque de las corrientes de deriva litoral y de retorno contra el espigón de escollera ubicado al norte de la playa, responsable de la acumulación de sedimento en el sector N de la playa, especialmente en la zona intermareal y en la playa seca, y del transporte mar adentro en la zona submareal.

d) Una corriente litoral hacia el NO generada en este sector del Golfo de Cádiz en condiciones de viento y oleaje del S y SO.

e) Desvío de las corrientes de retorno (rip current) hacia el NO, por acción de la corriente litoral al NO generada en situación de oleaje del SO, responsables del transporte de la masa de sedimentos lateralmente, hacia el N, paralelamente a la orilla, por la zona submareal (shoreface).

CONCLUSIONES

Los resultados muestran la utilidad de los "trazadores fluorescentes" en la estimación cualitativa de la dinámica litoral, especialmente en el control del movimiento de la arena en relación con las condiciones hidrodinámicas, habiéndose podido establecer el flujo de sedimentos en las zonas intermareal y submareal en relación con los cambios de dirección de viento y oleaje.

Se verifica que el transporte de sedimentos está controlado fundamentalmente por el oleaje y las corrientes derivadas, habiéndose establecido que el tiempo de removilización del sedimento, al cambiar las condiciones hidrodinámicas en superficie, en condiciones de altura media de olas, es de 1 a 2 días, tras el cambio, debido a la permanencia durante cierto tiempo de un flujo residual.

El comportamiento hidrodinámico de los granos muestra que, la arena gruesa es transportada rápidamente como carga de fondo mar adentro y hacia el N paralelamente a la orilla, mientras que la arena media y fina son más estables y permanecen más tiempo en la zona intermareal y submareal antes de sufrir transporte como

carga de fondo y en saltación respectivamente. A su vez, la arena muy fina es retirada relativamente rápida como carga en suspensión.

Asimismo, se ha establecido el sistema de corrientes que afectan al movimiento de sedimentos en el litoral: una corriente de deriva litoral por choque de los frentes de olas con la orilla; una corriente de retorno (rip current), por aumento del gradiente de altura del agua en la orilla; una corriente de contorno por choque de las corrientes de retorno y deriva con la escollera, una corriente litoral hacia el NO en situación de oleaje del SO y el desvío hacia el NO de las corrientes de retorno, por acción de la corriente litoral hacia el NO.

Los inconvenientes del uso de "trazadores fluorescentes", derivaron de la dificultad de su preparación, calibrado de la distribución de tamaños y problemas de detección, recogida y conteo de partículas, por lo que los pigmentos utilizados deben poseer buena luminosidad para facilitar su detección con luz ultravioleta, debiendo comprobarse que el comportamiento hidrodinámico sea lo más parecido posible al del sedimento natural de la zona a estudiar.

REFERENCIAS

- AL-MANSI, A. (1990): *Wave refraction patterns and sediments transport in Monifieth Bay, Tay Estuary, Scotland*. *Marine Geology*, Vol. 91, pp: 299-312.
- BITTENCOURT, A.; BOAS, G.; AZEVEDO, A. y FARIAS, F. (1991): *Taxas de transporte seletivo para diferentes tamanhos de partículas ao longo de uma praia: repercussao no registro sedimentar*. *Rev. Brasileira de Geociencias*, 21 (2), pp: 121-126.
- CRICKMORE, M. J. (1967): *Measurement of sand transport in rivers with special reference to tracer methods*. *Sedimentology*, Vol. 8, pp: 175-228.
- EVANS, O. F. (1939): *Sorting and transportation of material in the swash and backwash*. *Journ. Sed. Pet.* 9. 28-31.
- FERNANDEZ-RAÑADA DE LA GANDARA, J. C. (1982), *Trazadores fluorescentes: utilización en el estudio del movimiento de sedimentos en las proximidades del litoral*. MOPU. CEDEX. Cuadernos de Investigación (C4), 35 pp
- HORIKAWA, K. (1988): *Nearshore dynamics and coastal processes. Theory, Measurement, and Predictive Models*. Univ. Of Tokyo. Press. 522 pp.
- INGLE, J. C. (1965): *The movement of beach sand*. Elsevier, 221 pp.
- INMAN, D. L. y CHAMBERLAIN, T. K. (1959): *Tracing sand movement with irradiated quartz*. *J. Geophys Res.*, Vol. 64, pp: 41-47.
- INMAN, D. L.; ZAMPOL, J. A.; WHITE, T. E.; HAVES, D. M.; WALDORF, B. W. y KASTENS, K. A. (1980): *Field measurements of sand motions in the surf zone*. Proc. 17th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp: 1215-1234.
- KNOTH, J. S. y NUMMEDAL, D. (1977): *Longshore sediment transport using fluorescent tracers*. Proc. Coastal Sediment, 77, ASCE, pp: 382-398.
- KOMAR, P. D. e INMAN, D. L. (1970): *Longshore sand transport on beaches*. *J. Geophys. Res.*, Vol. 75, pp: 5914-5927.
- KOMAR, P. D. (1977): *Selective longshore transport rates of different grain-size fractions within a beach*. *Journ. Sed. Pet.* 47, pp: 1444-1453.
- KRAUS, N. C.; ISOBE, M.; IGARASHI, H.; SASAKI, T. y HORIKAWA, K. (1982): *Field experiments on longshore sand transport in the surf zone*. Proc. 18th Coastal Eng. Cong., ASCE, pp: 969-988.
- LEAN, G. H. y CRICKMORE, M. J. (1963): *Method for measuring sand transport using radioactive tracers*. In: *Longuet-Higgings, M.S.; D.E. Cartwright and N.D. Smith, 1963: Observations of the directional spectrum of sea waves using the motions of a floating buoy*. *Ocean Wave Spectra*, Prentice-Hall, Englewood Cliff, New Jersey, pp: 111-136.
- SASAKI, T. y SAKURAMOTO, H. (1984): *Effect of rip current barrier on harbor shoaling*. Proc. 15th Coastal Eng. Conf., ASCE, pp: 626-644.
- ZENKOVICH, V. P. (1967): *Processes of Coastal Development*. Oliver and Boyd. Edimburg, 738 pp.

Original recibido: Noviembre 1995.

Original aceptado: Enero 1996.

