

IV Reunión de Geomorfología
Grandal d' Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.
1996, Sociedad Española de Geomorfología
O Castro (A Coruña)

EFFECTOS DE LOS TEMPORALES SOBRE LAS PLAYAS DE LA BAHÍA DE CÁDIZ

Reyes, J.L., Benavente, J., Gracia, F.J. y López-Aguayo, F.

Grupo de Geología Marina y Litoral. Facultad de Ciencias del Mar.
Universidad de Cádiz. 11510 - Puerto Real (Cádiz).

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los efectos que los temporales de Diciembre de 1995 y Enero de 1996 tuvieron sobre las playas de la Bahía de Cádiz. Del análisis del oleaje incidente se observa cómo sus efectos se multiplican cuando los picos de temporal coinciden con el máximo rango de mareas. Los cambios morfológicos registrados en las playas se estudian mediante el perfilamiento pre y post-temporal de playas tanto naturales como regeneradas artificialmente. La cuantificación de dichos cambios muestra cómo la forma inicial de los perfiles es determinante en el tipo de respuesta de las playas frente a oleajes de gran energía. También se manifiestan procesos de erosión en cordones dunares, mediante incisiones, desbordamientos, etc. La estimación final de los daños sufridos por las playas revela mayores pérdidas en aquellas zonas donde la presión antrópica es mayor.

Palabras clave: temporales, erosión costera, dinámica de playas, cuantificación, Bahía de Cádiz

ABSTRACT

The work deals with the effects that the storm surges of December-1995 and January-1996 made upon the beaches of Cádiz Bay (SW Spain). From the incident-wave analysis it can be deduced that the effects are much stronger when the surge peak coincides with maximum tidal ranges. The morphological changes recorded in the beaches are studied through pre- and post-surge profiling of both natural and artificially nourished beaches. The quantification of such morphological transformations shows that the initial beach profile is determinant in the kind of response of the beach to high wave-energy conditions. The erosive processes upon dune ridges are represented by gullying, overwashing, etc. The final estimation of losses in the beaches reveals higher damages in zones where anthropic pressure is higher.

Key words: storm surges, coastal erosion, beach processes, quantification, Bay of Cádiz.

INTRODUCCIÓN

El gran interés socioeconómico de las playas hace de su preservación un objetivo primordial en el mantenimiento de la riqueza de muchos municipios costeros, especialmente los dependientes de los ingresos derivados del uso turístico de las mismas. De ahí que el estudio de la respuesta de las playas durante la actuación de temporales constituya una base fundamental para la correcta planificación y gestión de su uso. A lo largo de los más de 25 km de playas existentes en la Bahía de Cádiz aparecen numerosos asentamientos urbanos directamente vinculados al uso de dichos ambientes y, por tanto, susceptibles de sufrir daños o pérdidas económicas sustanciales por la actuación de temporales.

Las playas de la Bahía presentan una orientación dominante NNW-SSE, expuestas a los frentes meteorológicos atlánticos, que periódicamente azotan el Golfo de Cádiz (figura 1). El espectro de oleaje consiste en un predominio de "swell" o mar de fondo frente al "sea" o mar de viento, y las direcciones de aproximación oscilan entre Oeste (poniente) y Este (levante), aunque lógicamente cobran mayor importancia las primeras, ligadas a un mayor fetch. Estadísticamente los picos de temporal en la Bahía muestran alturas significantes medias de 4,3 metros, con un periodo de retorno de al menos 2 años (CEDEX, 1995-96).

Morfológicamente la Bahía está formada por amplias extensiones de marismas, de carácter estuarino en algunos casos, desarrolladas al abrigo de extensas flechas-barrera arenosas, lo que da lugar a una gran variedad de ambientes y morfologías costeras (GUILLEMOT y ARRIBA, 1987; MENANTEAU *et al.*, 1989; GRACIA y LOPEZ-AGUAYO, 1996). Las zonas directamente sometidas al embate del oleaje están constituidas fundamentalmente por extensas playas de comportamiento estacional, con la presencia generalizada de cordones dunares más o menos desarrollados; no obstante, existen algunos sectores formados por acantilados vivos verticales de 10 - 20 m de altura, excavados sobre materiales detríticos neógenos (figura 1).

El estudio de los efectos de los temporales sobre playas a menudo se realiza observando los cambios de forma experimentados por las mismas tras su paso, de cara a establecer patrones de respuesta morfológica ante situaciones energéticas variables (BALSILLIE, 1986; MARTINEZ *et al.*, 1990; FERREIRA, 1994). En el presente trabajo se muestra la caracterización cuantitativa de los cambios costeros asociados al paso de un conjunto de temporales de considerable magnitud que afectaron a la Bahía de Cádiz en el invierno de 1995/96.

CARACTERIZACIÓN DE LOS TEMPORALES

Se ha centrado el estudio en la serie de temporales que afectaron a la Bahía entre la segunda quincena de Diciembre de 1995 y finales de Enero de 1996. Durante este periodo se registró un oleaje predominante procedente del Oeste. En el mes de Diciembre la costa sufrió oleajes de moderados a altos, con alturas significantes diarias de en torno a 1,5 - 2 metros (figura 2), experimentando una tendencia claramente ascendente (datos de la boya "CADIZ", de la REMRO; CEDEX, 1995-96). A lo largo del mes de Enero se mantuvo una situación continua de temporal, aunque se reconocen cuatro

episodios álgidos, con alturas significantes diarias de más de 3 metros (superiores a 4 m. en los días 22 y 23).

De cara a comprobar el posible efecto sinérgico de las mareas, se ha estudiado la evolución temporal del rango mareal durante el mismo periodo, a partir de los datos del INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA MARINA (1995 y 96). En análisis conjunto del oleaje y del rango mareal muestra el efecto condicionante que éste ejerce sobre aquél. Así, se aprecian situaciones de conjunción de máximo rango mareal con pico de oleaje, en las que los efectos sobre las costas son máximos. Estos efectos se ven claramente disminuídos cuando el pico de oleaje coincide con situaciones de rango mareal mínimo. En el presente trabajo se han cuantificado los efectos costeros correspondientes a situaciones de oleaje coincidentes con máximo rango de mareas (figura 2).

EFFECTOS SOBRE LAS PLAYAS

Los efectos que sobre las playas de la Bahía de Cádiz han tenido la citada serie de temporales han sido analizados desde tres perspectivas: por una parte, se cuantifican los cambios sufridos en el perfil de las playas; por otro lado, se describen los daños sobre los edificios dunares; por último, se estudian las variaciones laterales de dichos efectos.

CAMBIOS EN EL PERFIL

La llegada de temporales supone un aumento de la energía del oleaje, lo cual provoca un déficit de arena en el perfil sumergido, que ha de ser compensado con una erosión en la zona emergida de la playa (MEDINA *et al.*, 1995). En general, cuando se habla de erosión asociada a temporales se está incluyendo bajo este término tanto los retrocesos horizontales como los rebajamientos verticales que sufren las playas (BALSILLIE, 1986). La componente horizontal del retroceso se manifiesta en la aparición de escarpes a lo largo del frente de playa, por encima del nivel medio de pleamar, afectando a morfologías pertenecientes a la zona alta de la playa (playa seca o "*backshore*"). La componente vertical del retroceso se manifiesta en un arrasamiento generalizado de la playa, con descenso del perfil y posible afloramiento del sustrato, y afecta a la zona intermareal fundamentalmente (playa húmeda o "*foreshore*"). La comparación de los perfiles topográficos antes y después del temporal ilustra estos cambios; para la realización de dichos perfiles se ha utilizado un teodolito electrónico marca Zeiss, ETH 4.

Se han analizado las variaciones acusadas por dos playas de la Bahía, a través de la evolución de tres perfiles (figuras 1 y 3). El perfil C corresponde a la playa de Vistahermosa, en El Puerto de Santa María, al norte de la Bahía. Los perfiles A y B se localizan en la playa de La Barrosa, en Chiclana de la Frontera, al sur de la Bahía, y corresponden a los sectores del paseo marítimo y del cordón dunar, respectivamente; el interés de escoger estas dos zonas de una misma playa radica en que el primero (paseo marítimo) corresponde a un sector de playa regenerado artificialmente en verano de 1995, mientras que el segundo (cordón dunar) representa un tramo escasamente transformado antrópicamente.

En todos los casos se han comparado los perfiles de máxima acreción, correspondientes normalmente a verano (entre Mayo y Octubre) de 1995, con los

obtenidos en Noviembre y Diciembre de 1995 y Enero de 1996. Para ello se midieron las variaciones volumétricas y los retrocesos lineales experimentados por los perfiles de playa mencionados. Para las primeras se empleó el cambio volumétrico total (Δ_{vt}) y unitario (Δ_{vu}). Este último se obtiene dividiendo aquél entre la longitud total del perfil, tal y como proponen LARSON y KRANS (1994); esto permite la comparación entre distintas campañas de perfiles. Para los retrocesos lineales se toman como referencia los niveles medio (R_{NM}), de pleamar (R_{PM}) y de bajamar (R_{BM}). El rango de marea considerado es el teórico equivalente a los niveles de pleamar y bajamar viva equinoccial, obtenidos sumando y restando del nivel medio las amplitudes de las componentes principales de la marea (M_2 y S_2 , semidiurnas lunar y solar), tal y como propone HARDISTY (1990). El rango mareal así obtenido es de 2,8 m y los resultados aparecen en la tabla I.

En lo referente a la **playa de Vistahermosa**, consideramos el perfil de verano como perfil de partida, en el cual se produce la máxima acreción, apareciendo la berma bien desarrollada y adquiriendo un perfil típicamente reflectivo (siguiendo la terminología de WRIGHT y SHORT, 1984). A lo largo de los meses de Noviembre y Diciembre la playa va acomodándose a las condiciones energéticas de invierno, perdiendo poco a poco su perfil reflectivo inicial. Podemos observar (figura 3-C) cómo hay un cierto transporte de arena desde la zona supralitoral hacia las zonas más bajas del perfil (parte baja de la zona intermareal y zona infralitoral). Así, observamos un retroceso lineal durante estos meses de alrededor de 14 m medidos sobre el Nivel Medio, mientras que si lo medimos sobre el Nivel de Bajamar tenemos un crecimiento lineal de alrededor de 17 metros, apreciándose un aumento volumétrico de arena en la parte baja de la zona intermareal. De este modo, la playa va adquiriendo su perfil disipativo o de invierno de una forma progresiva, consecuentemente con el progresivo aumento de la energía del oleaje que se produce durante esta época (figura 2).

En cuanto al mes de Enero, las condiciones energéticas fueron mayores, coincidiendo además con unas mareas extremadamente grandes. De esta forma, se puso a disposición del oleaje partes de la playa que en los meses anteriores no habían sido atacadas. El retroceso lineal medido sobre el NM fue de 18 metros; sin embargo, ese mismo retroceso, medido sobre el Nivel de Pleamar fue algo mayor (tabla I), lo que nos indica una mayor erosión en el tramo superior de la zona intermareal y en la zona supralitoral, incluida la duna. Siguiendo un comportamiento análogo al de los meses anteriores, la parte media-baja de la playa sufre menos la acción de los temporales.

Para el caso de la **playa de La Barrosa**, los cambios temporales pueden apreciarse en las figuras 3A y 3B. Por una parte, entre la situación de máxima acreción y el perfil de Noviembre existe un acondicionamiento del perfil a un oleaje algo más energético, que podemos considerar medio o normal para situaciones de invierno. El sistema de cresta y surco progresa en ambos perfiles hacia tierra. Los retrocesos lineales apenas presentan diferencias, ya sean medidos sobre Pleamar, Nivel Medio o Bajamar. Se trata de perfiles catalogables como reflectivos a intermedios, es decir, presentan berma (bien desarrollada en el perfil 3B), pero las pendientes de la zona intermareal presentan valores de medios a bajos. Según LOSADA (1988), estos estados presentan un riesgo o probabilidad de erosión medio a alto; esto significa que un

incremento en la capacidad energética del oleaje implica un desmantelamiento de la berma, con la formación de escarpes.

A lo largo del mes de Diciembre el oleaje sufre un progresivo aumento en su altura (figura 2). Los perfiles correspondientes a este mes acusan un arrasamiento en su forma con una desaparición del sistema de cresta y surco. Los retrocesos lineales medidos en Pleamar se sitúan en los 15 m.; sin embargo, medidos sobre el Nivel Medio son inferiores, incluso nulos, y medidos sobre la Bajamar se registra un avance del perfil hacia el mar. Esto significa que el material es removilizado de la zona media-alta de la playa para trasladarse hacia cotas negativas. En ambos casos el perfil resultante de Diciembre puede ser presentado como claramente disipativo. Según LOSADA (1988) la probabilidad de erosión de estos estados es baja, precisándose para ello de oleaje altamente energético; esta erosión se muestra en forma de rebasamiento dunar y arrasamiento de los niveles altos de la playa.

Este nivel energético se alcanza, como se deduce de la figura 2, no únicamente gracias al oleaje, sino a la acción conjunta de oleaje de gran altura y rango mareal elevado. En el pico de temporal del día 23 de Enero se dan alturas de más de 4 metros y un rango cercano a los 3,5 metros. Los efectos son notoriamente más devastadores que los acusados durante el mes anterior. En el caso del perfil 3B se produce un escarpe de 1 metro de altura en cotas que rebasan los + 2 m. sobre la pleamar viva equinoccial, afectando a un volumen de arena procedente de la regeneración artificial previa. En el perfil 3A se produce un escarpe en el frente dunar, superior a 1 metro.

Espacialmente, aunque el comportamiento es bastante coherente, aparecen algunas diferencias. Las pérdidas entre máxima acreción y Noviembre, tanto totales como unitarias, son nítidamente superiores en el perfil del paseo, así como los retrocesos lineales. Los cambios entre Noviembre y Diciembre son superiores en el perfil con "*foredune*" trasero, donde el cambio de volumen unitario duplica al registrado en el perfil del paseo. Entre Diciembre y Enero el cambio volumétrico es similar, aunque los retrocesos son superiores en el caso del perfil 3A, especialmente los medidos sobre Bajamar (tabla I); el material removilizado ha sido presumiblemente depositado en cotas mucho más bajas. La probabilidad de recuperación natural de estos perfiles se ve, por tanto, dificultada.

El comportamiento de los perfiles correspondientes a La Barrosa y Vistahermosa es, en general, coherente. El distinto grado de reflectividad de los perfiles iniciales condiciona su evolución posterior: la playa de Vistahermosa, por ejemplo, carece de una berma tan desarrollada como la de La Barrosa (figura 3). Por otro lado, los perfiles de Vistahermosa y Barrosa B se apoyan en una formación dunar trasera, mientras que Barrosa A lo hace sobre un volumen de arena de regeneración artificial, cuyo objetivo era aumentar sensiblemente la longitud de playa seca.

En ambos casos, son los temporales del mes de Enero, especialmente el temporal máximo del día 23 de Enero (día número 54 de la figura 2), que se asocia a la situación de máximo rango mareal, los que comportan una mayor transformación del perfil. Los cambios observados resultan ser más graduales en La Barrosa que en Vistahermosa; en esta última, las pérdidas volumétricas unitarias totales son netamente superiores (Tabla I). En esta playa los retrocesos lineales totales son especialmente importantes en la zona

supralitoral, frente a La Barrosa, donde son homogéneos a lo largo de todo el perfil.

EFFECTOS SOBRE EDIFICIOS DUNARES

La mayoría de las veces no es únicamente la playa la afectada por los temporales, sino que los daños se extienden al frente dunar adosado (U.S. ARMY, 1984). De ahí la conveniencia de la presencia de un cordón dunar como sistema de amortiguación ante eventos extremos (VELLINGA, 1982). El efecto de los temporales estudiados sobre las formaciones dunares del área considerada ha sido diverso. En la playa del Castillo, donde el edificio dunar apenas si superaba los 1,5 metros de altura, se ha verificado un rebasamiento total del mismo. El material removido ha sido depositado en la parte trasera del "*foredune*" en forma de abanicos de desbordamiento ("*washover fan*"), disminuyendo así su potencial capacidad de atenuación en temporales posteriores.

En la playa de La Barrosa, donde el edificio dunar alcanza más de 3 m. de altura, los daños se han restringido a escarpes en su zona frontal, siendo éstos mucho menos generalizados. A la agresión directa por parte del oleaje hay que añadir el efecto de las fuertes escorrentías asociadas a la canalización superficial del agua de lluvia. Estas han causado daños lateralmente en los puntos por donde se concentra, disminuyendo la continuidad del frente dunar y facilitando la posterior entrada puntual del mar.

En ambos casos existe como precedente directamente relacionado con lo expuesto un aumento de la presión antrópica sobre tales edificios dunares. En la playa de La Barrosa el incremento en el desarrollo urbanístico adosado al "*foredune*" ha tenido un efecto doble: por una parte, el asfaltado de los accesos directos a la playa ha incrementado el volumen de agua de escorrentía que accede superficialmente a la misma, aumentando su capacidad erosiva; por otro lado, el aumento de los puntos de paso de personas a la playa a través del cordón dunar ha aumentado el número de cortes transversales en el mismo, por donde se canaliza el agua de lluvia y se facilita el acceso del mar. En la playa del Castillo no existe desarrollo urbanístico, pero el fuerte incremento en el número de visitantes en las últimas temporadas, ha ocasionado una degradación de la vegetación psammófila que soporta la duna y por tanto de la duna misma, debilitándola.

VARIACIONES LATERALES DE LOS EFECTOS

Como hemos visto, el grado de arrasamiento varía de unas playas a otras en función del tipo de perfil inicial y, por tanto, del volumen inicial de arena disponible. Las playas con perfil de partida disipativo, de mayor extensión y con mayor cantidad de arena, presentan una evolución más progresiva y un menor encajamiento del nuevo perfil disipativo. Sin embargo, las playas con perfil inicial reflectivo, más estrechas y con menor disponibilidad de arena, muestran un desmantelamiento muy rápido e intenso del perfil. Estas playas adquieren muy pronto un carácter disipativo, haciendo aflorar a menudo el sustrato sobre el que se apoyan. Este sustrato es de naturaleza variable: arcillas neógenas y albarizas, conglomerados plio-pleistocenos, depósitos arcillosos de marisma, etc.

En el caso concreto de las playas de Valdelagrana y del Castillo (figura 1) nos encontramos ante ejemplos de flechas-barrera que fosilizan a antiguos depósitos arcillosos de marisma. Aquí el retroceso erosivo de las playas ha hecho aflorar amplias extensiones de las arcillas negras infrayacentes, cuyo comportamiento frente al ataque del oleaje ha dado lugar a una amplia variedad de meso y microformas: nichos de erosión, superficies pulimentadas (de abrasión por el oleaje), incisiones lineales ("gullies", por escorrentía durante la resaca sobre una superficie impermeable), marmitas, etc. Como consecuencia de este ataque el sustrato arcilloso es fragmentado en bloques de hasta más de 1 metro de lado, los cuales, por retrabajamiento del oleaje, pasan a formar bolos de 30 - 40 cm de diámetro, muchas veces recubiertos por una película de arenas y gravas.

Dentro de las variaciones laterales también hay que citar los **abanicos de desbordamiento** ("*washove fan*"), los cuales sobrepasan los cordones dunares en aquellos puntos donde la altura inicial de las dunas era menor (por causas naturales o antrópicas). Este proceso es habitual en playas afectadas periódicamente por temporales (CARTER y ORFORD, 1981; GUILLEN *et al.*, 1994). En la playa del Castillo estos abanicos llegan a ocluir caños mareales de las marismas desarrolladas al abrigo de la flecha-barrera.

En cualquier caso, la distinta naturaleza de la cabecera de las playas ("*backshore*") ha dado lugar a diferentes morfologías erosivas, dependiendo de la altura variable de las dunas, de la existencia o no de vertidos artificiales de arenas, o bien del tipo de uso antrópico de estas porciones de playa (paseos marítimos, muros, aparcamientos, etc.).

ESTIMACIÓN DE DAÑOS

La estimación de los daños ocasionados sobre diques/espigones, paseos marítimos, muros, accesos, emisarios y otras estructuras es difícil de determinar. No obstante, una evaluación general en los diferentes municipios que conforman la Bahía de Cádiz, realizada por la Demarcación de Costas Andalucía-Atlántico (HIDALGO, 1996) ha puesto de manifiesto daños que, unidos a observaciones personales, se pueden resumir de la siguiente manera: en el municipio de Rota se aprecian daños parciales relativos al paseo marítimo, su escollera de protección y el espigón de contención de arena de la playa de "La Costilla". En el municipio de El Puerto de Santa María se contabilizan roturas de conducciones de saneamiento en diferentes playas y daños en el paseo

de El Aculadero y su escollera de protección. De menor entidad son los daños en Puerto Real, donde ha quedado afectado el paseo marítimo. En San Fernando los abanicos de desbordamiento citados anteriormente han dado lugar a problemas de aterramiento de compuertas en piscifactorías, cambios en el drenaje mareal de las mismas, inundaciones no deseadas, etc. Finalmente, en el municipio de Chiclana de la Frontera se deben contabilizar daños de cierta consideración en el puerto deportivo de Sancti Petri y en algunas conducciones de la playa de La Barrosa.

Aunque no son abundantes, los acantilados presentes en la Bahía de Cádiz muestran de forma general una cierta ocupación antrópica de sus coronaciones, lo que da lugar a situaciones de riesgo por procesos de socavamiento, descalce y desplome. En este sentido, y aunque las observaciones son aisladas, están comprobados desplomes en los acantilados de Vistahermosa, La Barrosa, Cabo Roche y Fuente del Gallo (estos dos últimos al Sur de la Bahía, en Conil), así como modificaciones de cierta consideración en el área del Fuerte de Santa Catalina, entre Vistahermosa y Puerto Sherry (El Puerto de Santa María).

Los datos de pérdida de arena de las diferentes playas de la Bahía, más de 800 millones de pesetas según evaluación de la Demarcación de Costas Andalucía-Atlántico, ponen de manifiesto que aquellas con mayor grado de antropización o en las que las intervenciones han sido más importantes son las que han sufrido una pérdida más significativa y en las que la recuperación parece requerir nuevas intervenciones. Este hecho sugiere que la actividad antrópica afecta a las condiciones de equilibrio de estos sistemas litorales, provocando cambios en las relaciones entre diferentes partes de la playa. Un dato significativo a este respecto es la destrucción o modificación sistemática de los cordones dunares traseros; como ya se ha comentado anteriormente, la importancia de estas acumulaciones en la preservación de las playas durante la actuación de temporales es fundamental. Por otra parte, la influencia de las obras de fábrica en los procesos erosivos incide también de forma negativa en la recuperación natural de estos sistemas, al impedir en muchos casos el movimiento natural de arena y su correspondiente depósito.

AGRADECIMIENTOS

A Noelia Villar y Juan Antonio Vicente, por la cesión de datos sobre pérdidas económicas en las playas de la Bahía. Este trabajo es una contribución al proyecto AMB94-0501 de la CICYT.

BIBLIOGRAFÍA

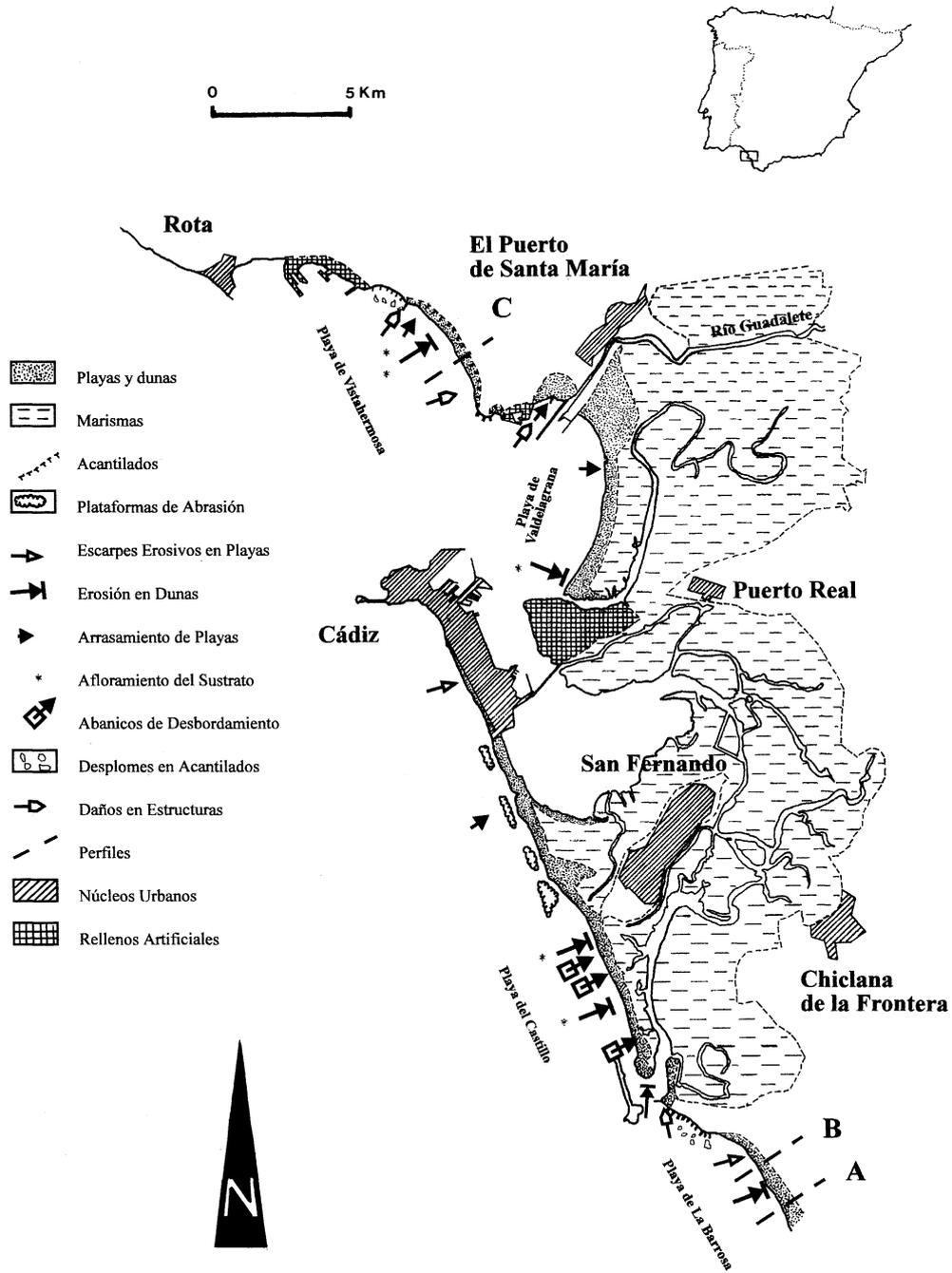
- BALSILLIE, J.H. (1986).- Beach and coast erosion due to extreme event impact. *Shore and Beach*, 54, p. 22 - 37.
- CARTER, R.W.G. and ORFORD, J.D. (1981).- Overwash processes along a gravel beach in South-East Ireland. *Earth Surf. Proc. and Land.*, 6, p. 413 - 426.
- CEDEX (Centro de Estudios y de Experimentación de Obras Públicas)(1995-96).- *REMRO, Datos de Oleaje*. Informe Específico, Estación de Cádiz.
- FERREIRA, O. (1994).- Beach erosion induced by storms: a tentative prevision for the northwest portuguese coast. *Gaia*, 8, p. 157 - 159.
- GRACIA, F.J. y LOPEZ-AGUAYO, F. (1996).- Estudio geomorfológico. En J.M. Barragán

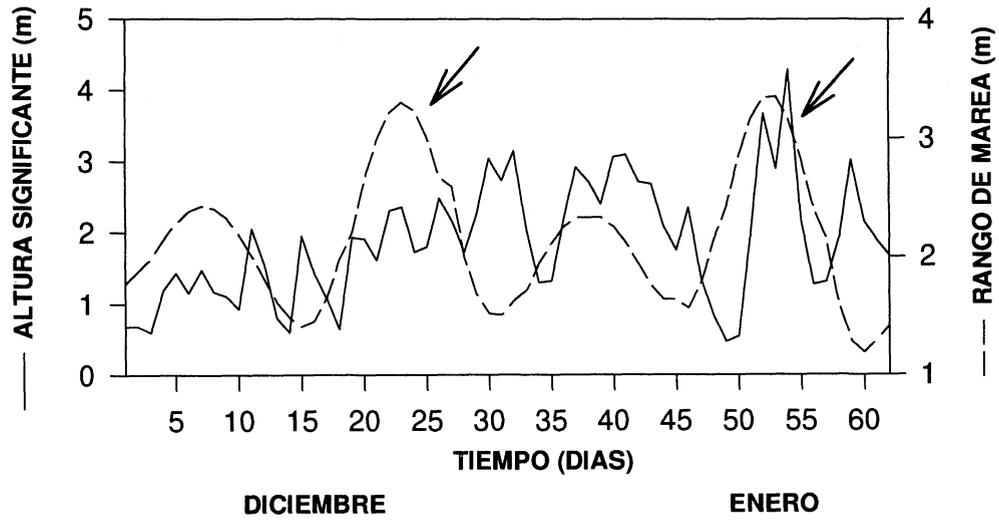
- (Coord.): *Estudios para la ordenación, planificación y gestión integradas de las zonas húmedas de la Bahía de Cádiz*. Oikos-Tau y Univ. de Cádiz, p. 215 - 231.
- GUILLEMOT, E. y ARRIBA, J.A. (1987).- El medio físico litoral y los impactos medio-ambientales. En F. Fourneau y J. Garrido (dirs.): *Bahía de Cádiz*. Diputación de Cádiz y Casa de Velázquez, p. 51 - 86.
- GUILLEN, J.; CAMP, J. and PALANQUES, A. (1994).- Short-time evolution of a microtidal barrier-lagoon system affected by storm and overwashing: the Trabucador Bar (Ebro Delta, NW Mediterranean). *Zeit. F. Geomorph. N.F.*, 38, p. 267 - 281.
- HARDISTY, J. (1990).- *Beaches. Form and process*. Unwin Hyman, 324 pp.
- HIDALGO, J.A. (1996).- *Diario de Cádiz*, 10 de Marzo, p. 16 - 17.
- INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA MARINA (1995-1996).- *Anuario de Mareas, 1995 y 1996*. Publicaciones del Ministerio de Defensa, Madrid.
- LARSON, M. and KRANS, N.C. (1994).- Temporal and spatial scales of beach profile change, Duck, North Carolina. *Marine Geology*, 117, p. 75 - 94.
- LOSADA, M.A. (1988).- *Estabilidad de playas: morfodinámica de los procesos litorales*. Universidad de Cantabria, 230 pp.
- MARTINEZ, J.; MELIAN, M.E.; REYES, F.; RUA-FIGUEROA, R.; SILVELA, M.P. y TORO, C. (1990).- La predicción de la erosión intermareal por temporales en playas arenosas del entorno canario. *I Congr. Métodos Numéricos en Ingeniería*, p. 82 - 89.
- MEDINA, R.; LOSADA, I.; LOSADA, M.A. y VIDAL, C. (1995).- Variabilidad de los perfiles de playa: forma y distribución granulométrica. *Ingeniería del Agua*, 2, p. 133 - 142.
- MENANTEAU, L.; VANNEY, J.R. y GUILLEMOT, E. (1989).- *Mapa Fisiográfico del litoral atlántico de Andalucía. Hojas M.F. 04, Rota - La Barrosa (Bahía de Cádiz) y M.F. 05, Cabo Roche - Ensenada de Bolonia*. Junta de Andalucía y Casa de Velázquez, 53 pp. + 2 mapas E. 1:50.000.
- US ARMY CORPS OF ENGINEERS(1984).- *Shore Protection Manual*. Coastal Engineering Research Center.
- VELLINGA, P. (1982).- Beach and dune erosion during storm surges. *Coastal Structures*, 83, A.S.C.E.
- WRIGHT, L.D. y SHORT, A.D. (1984).- Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56, p. 93 - 118.

TABLA I. RETROCESOS DE LOS PERFILES Y VARIACIONES VOLUMETRICAS

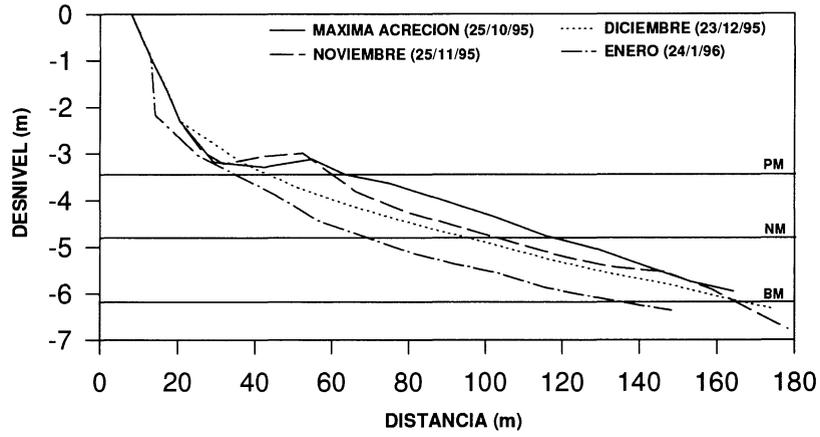
		Δ_v (m ³ /m)		Δ_{vu} (m ³ /m ²)	R_{PM} (m)	R_{NM} (m)	R_{BM} (m)
		PERFIL COMPLETO	EMERGIDO SUMERGIDO				
MAXIMA .ACREC/NOV	A	-20.56	+10.26	-0.12	-19.69	-15.04	-12.23
			-30.82				
	B	-80.51	-13.80	-0.42	-25.74	-24.75	-20.79
			-66.71				
	C	-23.96	-10.77	-0.24	-7.35	-12.02	+9.36
			-13.19				
NOV/DIC	A	-38.56	-7.69	-0.23	-16.87	-8.47	+2.83
			-13.12				
	B	-20.81	-11.49	-0.12	-14.85	0	+7.92
			-9.32				
	C	-10.05	-3.51	-0.09	-2.68	-1.34	+7.35
			-6.54				
DIC/ENE	A	-81.51	-12.08	-0.48	-9.47	-24.46	-35.75
			-69.43				
	B	-83.01	-28.61	-0.46	-16.83	-15.84	-29.71
			-54.4				
	C	-86.06	-30.43	-0.75	-22.72	-16.71	-21.38
			-55.63				
TOTAL	A	-140.63	-10.23	-0.79	-29.16	-47.97	-45.15
			-130.49				
	B	-184.33	-54.44	-0.96	-57.42	-40.59	-42.58
			-129.89				
	C	-120.07	-44.71	-1.23	-32.75	-30.07	-4.67
			-75.36				

Δ_v (m³/m) : variaciones volumétricas del perfil completo. Δ_{vu} (m³/m²) : variaciones volumétricas unitarias. R_{PM} (m) : retroceso lineal medido sobre el nivel de pleamar. R_{NM} (m) : retroceso lineal medido sobre el nivel medio. R_{BM} (m) : retroceso lineal medido sobre el nivel de bajamar.

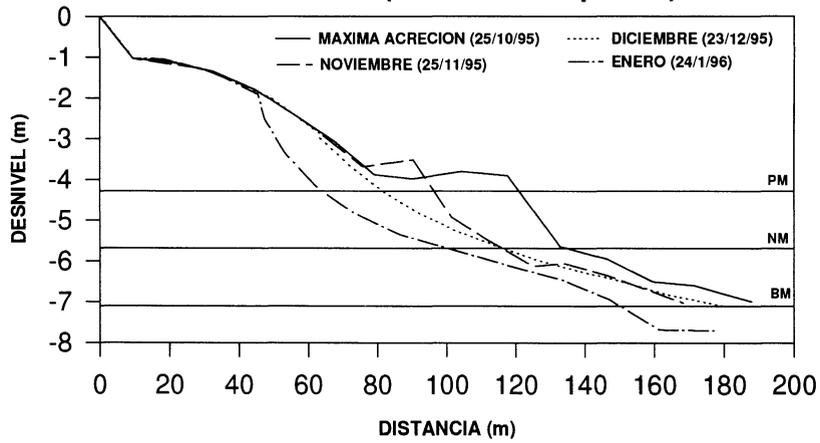




PERFIL A (La Barrosa - dunas)



PERFIL B (La Barrosa - paseo)



PERFIL C (Vistahermosa)

