

## IMPORTANCIA DE LA ESCALA TEMPORAL EN ESTUDIOS DE DINÁMICA LITORAL

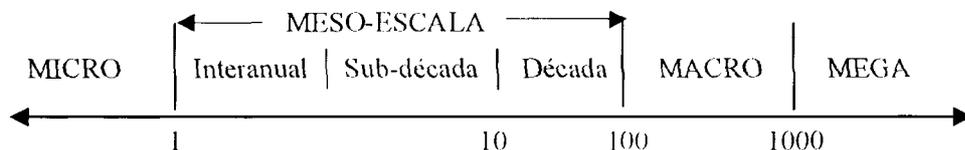
I. ALONSO, F. VILAS y J. ALCÁNTARA-CARRIÓ

a, 1 -

### 1. INTRODUCCIÓN

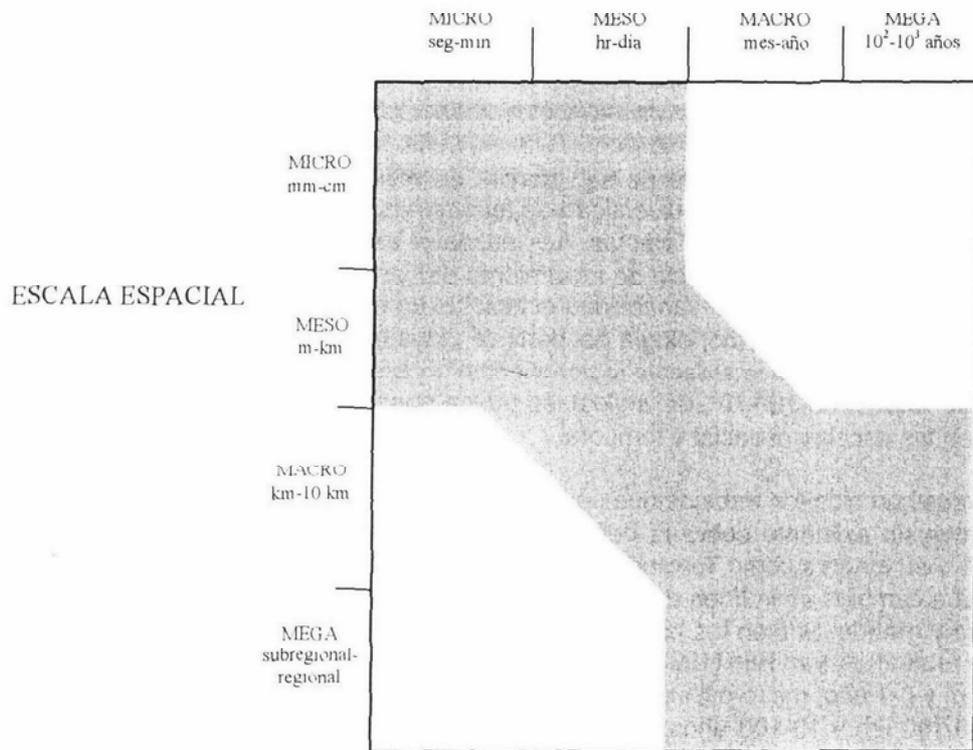
Todo trabajo sobre transporte de sedimentos en medios costeros puede abordarse como el estudio de una gran diversidad de fenómenos, cada uno de los cuales conllevará un determinado tipo de efectos. Así, desde el estudio de microturbulencias que pueden ser causantes del inicio de movimiento de partículas aisladas (escala de mm,  $10^{-2}$ - $10^0$  s), pasando por la variabilidad estacional en el clima marítimo, con los consiguientes cambios en la morfología del perfil de playa (escala de  $10^2$  m, meses), hasta los cambios provocados a escala regional como consecuencia de variaciones del nivel del mar (escala de  $10^2$ - $10^3$  km, siglos), se puede observar que hay una enorme variación en las escalas espacial y temporal.

Diversos han sido los trabajos que se han ocupado de estos aspectos, y grande es la controversia existente sobre la definición de las escalas de espacio y tiempo (List, 1993). Así, autores como Terwindt y Wijnberg (1991) y van Rijn (1998), haciendo referencia a cambios en la línea de costa coinciden en diferenciar entre escalas pequeña, media y grande. Si bien los primeros enfatizaron que los límites entre ellas eran bastante arbitrarios, van Rijn (1998) atribuye los cambios a pequeña escala cuando son de 0-1 km y 0-1 año; meso-escala entre 1-10 km y 1-10 años y gran escala para cambios de 10-100 km y 10-100 años. Orford y Carter (1995) presentan una escala temporal (basada en Terwindt y Kroon, 1993) diferente y que se representa en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Escala de tiempo en años para procesos costeros (modificado de Orford y Carter, 1995).

Larson y Kraus (1995) desarrollaron una clasificación entre micro, meso, macro y mega escalas, donde cada una de ellas hace referencia a una serie de fenómenos y de efectos que afecten al movimiento de las partículas. La **Figura 2** presenta esas escalas y las relaciones entre ellas, de modo que la zona sombreada denota lo que Larson y Kraus (1995) consideran escalas espacio-temporal compatibles, y en las cuales tienen lugar la mayoría de los procesos de dinámica costera. Por último, Ruessink (1998) presenta una clasificación similar a la anterior, pero donde incluye tanto los cambios morfológicos como los movimientos del fluido característicos de cada una de estas escalas espacio-temporales.



**Figura 2.** Compatibilidad de escalas espacial y temporal para transporte de sedimentos costeros (modificado de Larson y Kraus, 1995)

Si bien la compatibilidad de escalas espacio-temporales planteada por Larson y Kraus (1995) parece válida para la mayoría de los estudios sobre transporte de sedimentos en medios costeros, no deja de ser cierto que prácticamente cualquier ambiente costero es susceptible de que se realicen en él estudios que cubran gran diversidad de escalas temporales. Esta idea ha sido reiteradamente aplicada a los cambios experimentados en el perfil de playa, donde autores como Short (1979), Katoh y

Yanaguishima (1990, 1992), Kroon (1994), Wolf (1997) y Aagard *et al.* (1997) han descrito importantes cambios morfológicos en el perfil en relación con el oleaje incidente, lo que indica períodos de respuesta de pocos días, mientras que otros autores han estudiado la evolución de un determinado perfil durante décadas (Kops, 1993; Wijnberg y Terwindt, 1995).

En el estudio de los distintos procesos de transporte de sedimentos en medios litorales se utilizará una u otra metodología en función no sólo del tipo de escala espacio-temporal del fenómeno a considerar, sino también de las características específicas del tipo de estudio y de la zona en la que éste se realiza. Concretamente en estudios de dinámica de playas la escala espacial está normalmente condicionada por las dimensiones propias de la zona de estudio, si bien la escala temporal varía en función del tipo de agente a considerar. Así, en situaciones muy concretas como pueden ser las provocadas por determinados temporales, se pueden ocasionar en lapso de pocas horas-días trasvases de materiales mayores que los que tienen lugar a lo largo de varios meses de calma ininterrumpida.

En este trabajo se aborda el estudio de la dinámica sedimentaria en una playa a distintas escalas de tiempo, de modo que a partir de una serie de datos de perfiles de playa medidos durante cinco años, se considera el efecto que tuvo un determinado temporal (escala de días), las variaciones estacionales (escala de meses), las tendencias supraanuales registradas (escala de años), e incluso se complementa con otra serie de datos y observaciones que permiten poner de manifiesto otra serie de procesos a escala de décadas.

## 2. LA ZONA DE ESTUDIO

La playa de Las Canteras es una playa arenosa próxima a los tres kilómetros de longitud situada en la parte más interna de la Bahía del Confital, en la costa norte de Gran Canaria (**Figura 3**). No existe en el resto de la Bahía ninguna otra playa de arena, con la única excepción de la playa de El Confital, en el sector oriental de la bahía. No obstante, el transporte por deriva litoral entre ambas playas está imposibilitado por una sucesión de pequeños promontorios rocosos, entre los que destaca La Puntilla en el extremo septentrional de la playa de Las Canteras. Además la playa está delimitada al sur por un pequeño espigón que sirve de apoyo y que impide cualquier posible pérdida de sedimentos por este sector. Por otra parte, la playa se encuentra parcialmente protegida del oleaje por la propia configuración de la línea de costa, y en particular en el sector septentrional por la presencia de una barra calcarenítica parcialmente fragmentada que se extiende paralela a la línea de costa. Esta barra corona a una altura muy próxima al nivel medio del mar, lo cual determina que sólo emerja durante la bajamar. Todo ello determina la existencia de dos zonas en la playa de carácter energético sumamente diferenciado, pues mientras todo el sector septentrional se encuentra perfectamente resguardado de los oleajes dominantes, la zona meridional es mucho más

energética al carecer de la protección que brinda la barra y estar en consecuencia expuesta al oleaje.

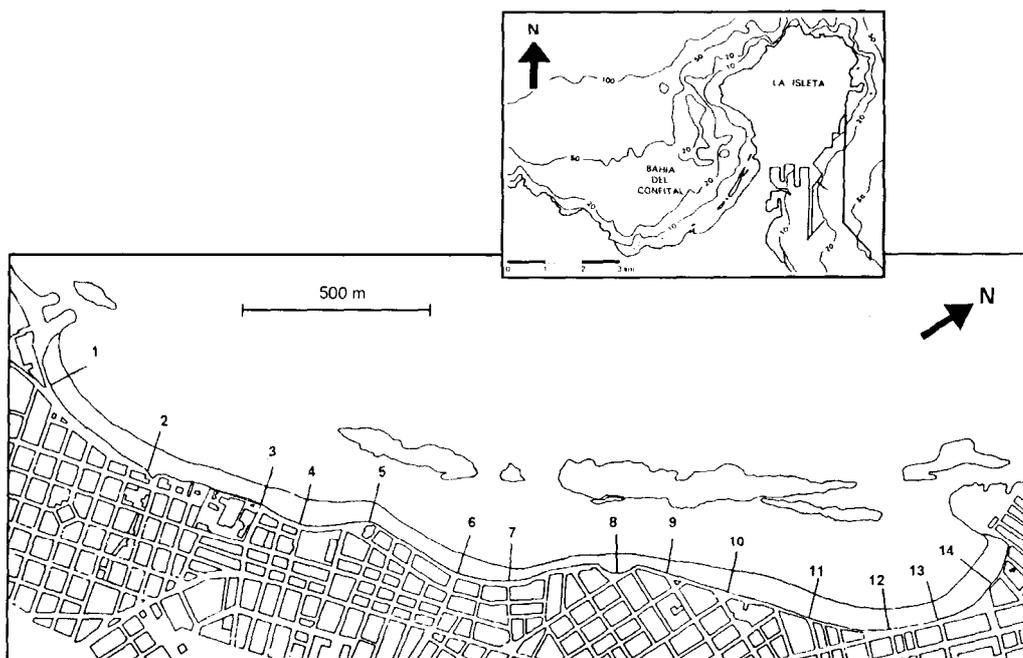


Figura 3. Plano de localización de los 14 perfiles medidos en la playa.

El clima marítimo de la zona está determinado por un oleaje dominante del N-NNE, como consecuencia de los vientos alisios característicos de estas latitudes. La altura significativa promedio es  $1.42 \pm 0.6$  m., y el periodo de pico espectral  $10.21 \pm 2.62$  s. (Alonso y Vilas, 1996). No obstante, presenta una marcada estacionalidad consistente en oleajes con alturas de ola grandes durante los periodos de octubre a marzo, en que se presentan normalmente los temporales más importantes de componentes N y W. Estos oleajes suelen presentar periodos superiores a 12 s. y corresponden a oleajes tipo *swell* generados a grandes distancias de Canarias. Por el contrario, durante la primavera y verano el oleaje medio es de tipo *sea*, con menores alturas de ola y periodos normalmente inferiores a 10 s. El régimen mareal es de mareas semidiurnas, con un rango de 2.6 m. en mareas vivas y aproximadamente 1 m. en mareas muertas.

El tamaño medio de grano en la franja intermareal varía zonalmente entre arenas finas y gruesas, si bien la mayoría de ellas corresponde a arenas finas y medias ( $1.6 - 2.3 \phi$ ). Respecto al grado de selección oscila entre muy bueno y pobre, si bien casi todas las muestras son moderadamente seleccionadas según la clasificación de Folk y Ward

(1957), siendo  $\sigma = 0.73$  el valor medio obtenido para las muestras de la franja intermareal y  $\sigma = 0.52$  para las muestras de la zona supramareal (Alonso, 1993).

La dinámica sedimentaria en las zonas intermareal y supramareal de la playa se caracterizó a partir de la realización de perfiles de playa transversales a la dirección de la costa en cada punto, por lo que no eran completamente paralelos entre sí. De este modo que se midieron mediante un método de nivelación estándar 14 perfiles repartidos a lo largo de toda la playa (**Figura 3**). Las mediciones se efectuaron desde junio de 1987 a junio de 1992 con una periodicidad mensual, si bien además de las anteriores, se realizaron ciertas mediciones adicionales en la época de mayores temporales.

### 3. CAMBIOS OBSERVADOS DURANTE DÉCADAS

Tal y como plantea Kana (1995), estudios cuantitativos ininterrumpidos sobre procesos costeros en la escala  $10^1 - 10^2$  años son extremadamente raros, y en esto la playa de Las Canteras no es una excepción. En estos casos el estudio de los cambios morfológicos y volumétricos acaecidos se efectúan a partir de datos indirectos, y como pueden ser fotografías y documentos antiguos.

Según este tipo de documentos consultados (crónicas de los s. XVII y XVIII, carta náutica levantada en 1879 por la Dirección de Hidrografía y fotografías de la época) hace poco más de 100 años la playa se prolongaba hacia el sur por un importante campo



**Figura 4.** Fotografía de 1890 tomada desde La Isleta, donde se aprecia el enorme campo dunar que era alimentado por la playa de Las Canteras, a la derecha de la imagen.

dunar que se extendía durante varios kilómetros. Ese campo dunar se nutría de los sedimentos que el mar aportaba a través de la playa de Las Canteras, de modo que la arena era arrastrada por el oleaje hasta la playa, donde se secaba por el sol para ser posteriormente removilizada por los vientos alisios hacia el sur. La construcción del paseo marítimo en la década de 1930 y la posterior urbanización de todo el frente de la playa llevó aparejada la rotura del sistema anteriormente descrito, de modo que desde entonces hasta la actualidad el mar ha seguido aportando sedimentos a la playa, pero como ya el viento no los puede removilizar por encima de la barrera de edificios es por lo que se acumulan en la playa.

#### 4. CAMBIOS DETECTADOS A ESCALA SUPRAANUAL

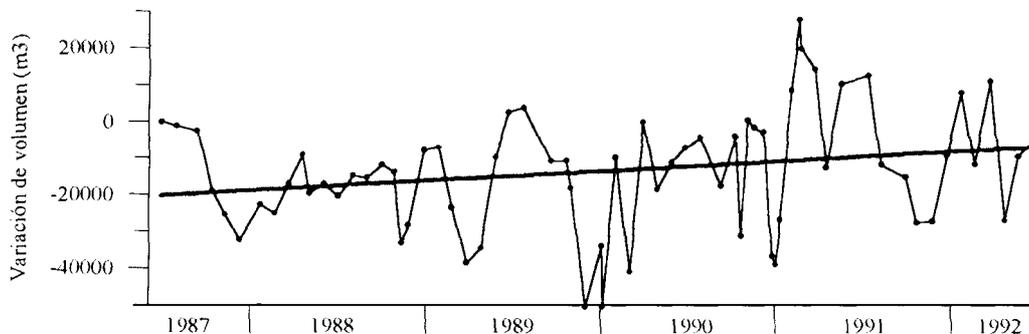
Durante los cinco años en los que la playa fue objeto de seguimiento topográfico se detectó una acumulación neta de varios miles de metros cúbicos de arena. Para ello se utilizaron las variaciones volumétricas registradas en cada uno de los 14 perfiles medidos en la playa (**Figura 3**) ponderada en cada caso según la distancia entre dos perfiles consecutivos. De este modo se tomó la situación en la primera de las campañas como el “estado 0”, de modo que valores positivos en las posteriores campañas serían indicativas de acumulación de sedimentos y valores negativos de erosión, siempre haciendo referencia a este “estado 0”. La **Figura 5** muestra la evolución observada, durante el período de estudio, donde se aprecia la enorme variabilidad existente. No obstante, la recta de ajuste indica con claridad una tendencia ascendente, de donde se deduce que el volumen de materiales en la playa tiende a aumentar paulatinamente.

La ecuación de la recta de ajuste en la **Figura 5** es

$$Y = -20558 + 223 X$$

donde el valor negativo en el punto de corte con el eje X se debe a que la primera de las mediciones se efectuó un mes de Junio, coincidiendo con una época de acumulación de sedimentos. De mayor relevancia es el dato de la pendiente de la recta, que indica la variabilidad en m<sup>3</sup> por mes que tiene lugar. De ahí se desprende que para la playa en su conjunto se obtiene un aumento de 223 m<sup>3</sup>/mes, o lo que es lo mismo 2700 m<sup>3</sup>/año.

Dado que la playa de Las Canteras es una playa con unas condiciones de contorno muy limitantes, que determinan la existencia de dos subambientes netamente diferenciados (expuesto y resguardado de la acción del oleaje al sur y norte respectivamente), este mismo análisis fue realizado zonalmente por Alonso (1993), donde obtuvo que esta acumulación no es homogénea a lo largo de toda la playa. Este autor determinó una enorme acumulación de material en el sector más resguardado (zona de los perfiles 11 a 14 en la **Figura 3**), siendo la tasa de acumulación de unos 5000 m<sup>3</sup>/año. Por



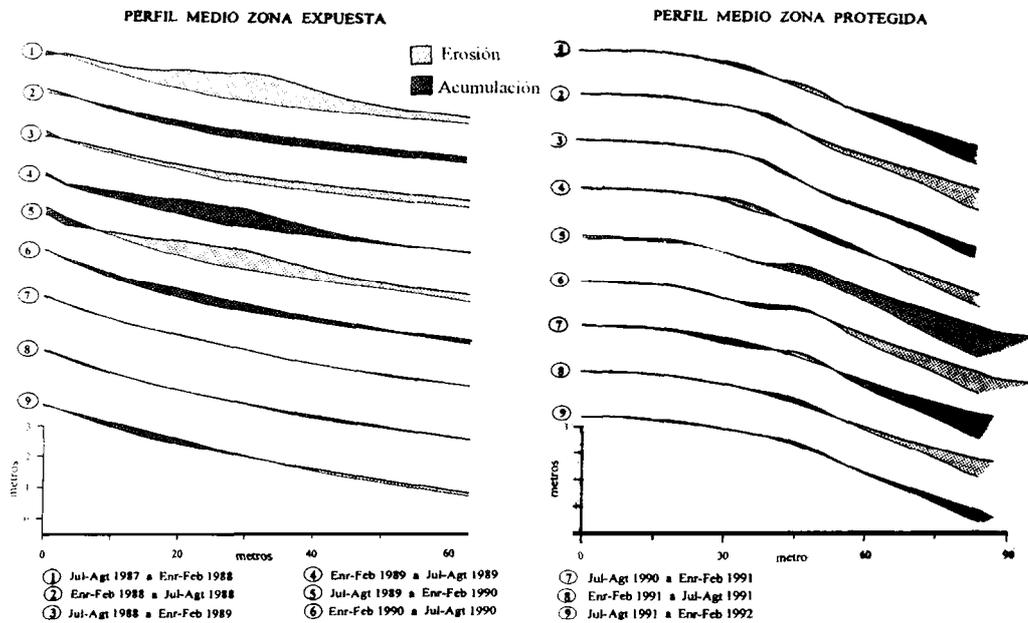
**Figura 5** Evolución del volumen de sedimentos para el conjunto de la playa durante el periodo de estudio.

el contrario en la zona meridional, y particularmente en los perfiles 3, 4 y 5 se registró una importante pérdida de material, que fue cuantificada en unos 2000 m<sup>3</sup>/año.

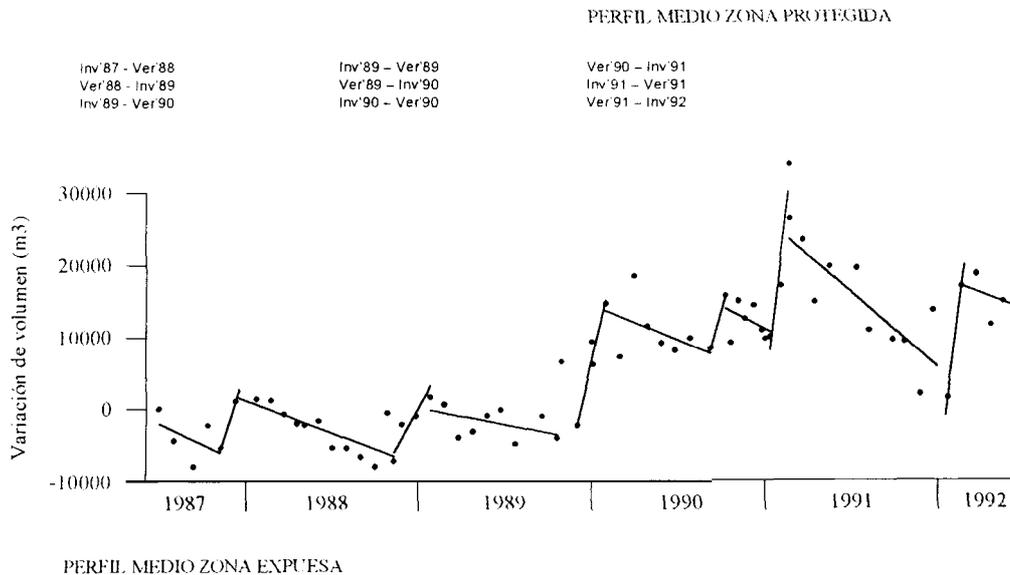
A pesar del considerable intervalo de tiempo empleado por Alonso (1993) en sus mediciones, cuando lo habitual en estudios de estas características es medir durante uno y como mucho dos años, las observaciones realizadas sobre el terreno a más largo plazo han permitido constatar que el dato de erosión en la zona sur no es válido. De ser cierta esa tasa de erosión de 2000 m<sup>3</sup>/año, obtendríamos que en la actualidad la playa habría desaparecido en ese sector, y esto no es lo que ha ocurrido. De hecho, cuando se analiza desde una perspectiva temporal más amplia (1-2 décadas), se deduce que esa zona se mantiene estable, pues a pesar de presentar importantes cambios en el volumen de materiales a escala temporal menor (meses e incluso días), no se aprecia que presente una pauta neta erosiva a largo plazo.

## 5. VARIABILIDAD ESTACIONAL

El sector expuesto al oleaje presenta una marcada variabilidad estacional, que está directamente relacionada con los cambios que experimenta el clima marítimo. Como consecuencia de esta estacionalidad, durante la época otoño-invierno esta zona de la playa se erosiona, ya que la alta energía del oleaje removiliza los sedimentos, transportándolos bien a zonas más profundas, bien a lo largo de la playa hacia zonas más resguardadas. Durante la primavera-verano el proceso es inverso, ya que los sedimentos son paulatinamente devueltos a la playa, produciéndose una deposición neta en la playa emergida. Esta alternancia coincide con los perfiles de playa característicos de épocas de tormenta y de calma, y que morfológicamente han venido a llamarse perfiles barra y berma respectivamente (Komar, 1976; van Rijn, 1998), si bien en el caso que nos ocupa la morfología de barra no pudo determinarse porque los perfiles sólo llegaban a la cota -1 m aproximadamente.



**Figura 6.** Variabilidad estacional para el perfil medio de las zonas expuesta y protegida, donde se evidencia un transporte longitudinal entre ambos sectores (modificado de Alonso y Vilas, 1996).



**Figura 7.** Variación de volumen de sedimentos en el sector más resguardado de la playa.

En la zona protegida el comportamiento es inverso: hay acumulación de sedimentos en otoño-invierno y erosión el resto del año. Esta pauta evidencia un fuerte transporte a lo largo de la playa, de modo que cuando la zona expuesta se erosiona por el oleaje incidente, una parte considerable de estos sedimentos son transportados al sector resguardado. El desarrollo de *beach cusps* en este sector durante la primavera-verano hace pensar en la existencia de ondas de borde (Komar, 1973; Alonso y Vilas, 1994), lo que favorece que parte de estos sedimentos vayan siendo removilizados hacia la zona expuesta, aprovechando que se trata de una época generalizada de calma.

La estacionalidad descrita se ilustra en la **Figura 6** para las dos zonas, donde el perfil de la zona expuesta es un promedio de los perfiles 1, 2 y 3 durante todas las campañas realizadas en situación de invierno (del 15 de enero al 15 de marzo) y en época de verano (del 15 de julio al 15 de septiembre) de cada año, mientras que en la zona protegida es un promedio de los perfiles 11, 12 y 13 en las mismas ocasiones.

Por lo que respecta al transporte longitudinal de sedimentos de una a otra zona de la playa, la **Figura 7** muestra las variaciones volumétricas registradas en el sector más resguardado de la playa, donde se observa que se producen fuertes y rápidas acumulaciones de material en los inviernos seguidas de prolongados periodos en los que tiene lugar una leve pero constante erosión.

El comportamiento descrito resulta ser opuesto al descrito en la bibliografía como la pauta habitual en ambientes costeros, consistente en rápidas erosiones seguidas de largos periodos acumulativos (Komar, 1976; Kriebel *et al.*, 1986; Katoh y Yanaguisima, 1988). La causa a esta aparente anomalía está en las particulares condiciones de contorno de la zona, pues al estar tan resguardada del oleaje incidente, en ella se depositan durante los temporales del invierno la arena erosionada de las zonas más expuestas.

## 6. EFECTOS DE UN TEMPORAL

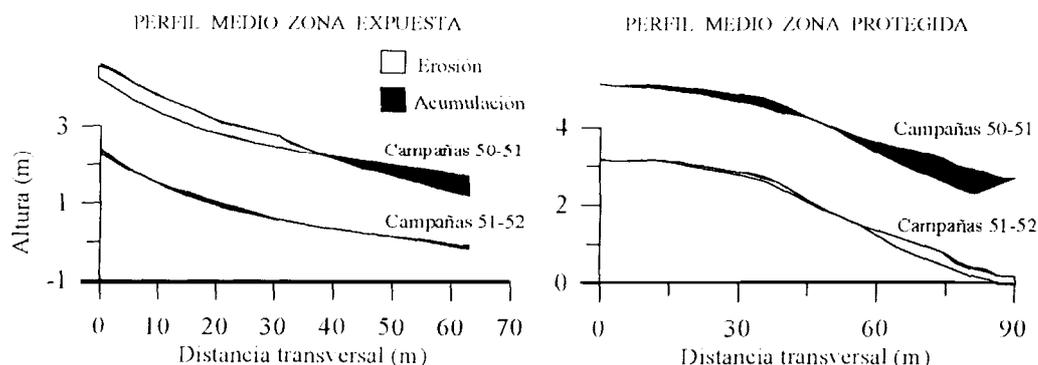
Si bien los cambios descritos a escala de meses anual y años marcan en gran medida la pauta general del transporte de sedimentos que tiene lugar en la playa, no es menos cierto que el efecto puntual de ciertos temporales puede alterar drásticamente la dinámica natural de una playa (Kriebel *et al.*, 1986; Martínez *et al.*, 1990; Wolf, 1994). En este sentido hay que destacar que cuando se considera el efecto de un determinado temporal es fundamental conocer las características del mismo, y particularmente la dirección de aproximación ( $\alpha$ ), altura (H) y período (T), pues de estos dos últimos puede obtenerse el parámetro H/L sabiendo que la longitud de onda es  $L = gT^2/2\pi$ . Buen número de investigadores coinciden en señalar que este parámetro H/L es determinante en definir la dirección del transporte transversal de sedimentos, pues si sobrepasa un determinado valor se favorece la formación de perfiles de tormenta. No obstante, hay en la comunidad científica una cierta discrepancia en la determinación de

otros parámetros empíricos que permitan ajustar el sentido del transporte (véase por ejemplo Larson, 1988).

En el caso de la playa de Las Canteras, se cuenta con la gran ventaja de tener un registrador escalar de oleaje en la misma bahía de El Confital. Durante los cinco años de estudio en la playa de Las Canteras se produjeron temporales realmente importantes, como los acaecidos en Noviembre de 1989, Enero de 1990 y Marzo de 1991, en los que se registraron alturas de ola máxima ( $H_{m\acute{a}x}$ ) en torno a los 10 m. No obstante, el temporal analizado a pesar de ser menos energético fue muy significativo por el transporte de sedimentos originado, pues no en vano registró valores de H/L inusualmente altos como consecuencia de los bajos valores de T. Dicho temporal acaeció en Febrero de 1991, y se caracterizó por dos picos en la altura de ola los días 14 y 18 con  $H_{m\acute{a}x} \approx 6$  m. y  $T \approx 11$  s., siendo la dirección de aproximación de componente N-NE según los mapas de estado de mar realizados por el Instituto Nacional de Meteorología. Desafortunadamente no se dispone de datos de oleaje para los días 18 y 19 por quedar inoperativo el registrador.

El cálculo de balances sedimentarios se realizó a partir de los datos de perfiles de playa medidos antes, durante y justo después del temporal, pues la campaña 50 había sido realizada el día 2 del mismo mes, y los días 19 y 22 se realizaron las campañas 51 y 52 respectivamente con la finalidad de determinar el efecto del temporal y la capacidad de recuperación de la playa en un periodo corto.

La **Figura 8** muestra los cambios volumétricos experimentados entre campañas consecutivas por los perfiles medios representativos de las dos zonas, mientras que la tabla 1 presenta el volumen de sedimentos movilizado ( $m^3$ ), calculado a partir de la amplitud de cada una de las zonas (800 m. sector expuesto y 550 m. el protegido).



**Figura 8.** Cambios experimentados en el perfil de playa consecuencia del temporal analizado

El temporal causó una importante erosión en la zona expuesta, pues se produjo un bajón de aproximadamente medio metro en toda la franja emergida del perfil, lo que representa unos 11.500 m<sup>3</sup> de sedimentos. Buena parte de estos materiales fueron a parar a la zona submareal (6.300 m<sup>3</sup>), y el resto fueron desplazados longitudinalmente para ser depositados en la zona resguardada de la playa, donde se produjo una acumulación considerable prácticamente a lo largo de todo el perfil.

ZONA	Efecto del temporal (Camp. 50-51)	Efecto post-temporal (Camp. 51-52)
Expuesta	-11.500	-200
	+6.300	+1.400
Protegida	+7.700	-4.200

**Tabla 1.** Cambios en el volumen de sedimentos (m<sup>3</sup>) tras el paso del temporal. Valores positivos indican deposición y negativos erosión.

En el periodo post-temporal hubo una cierta recuperación en ambos sectores de la playa. En la zona expuesta se registró una pequeña acumulación aunque de escasa importancia, mientras que en la zona protegida se produjo una importante pérdida de sedimentos (4.200 m<sup>3</sup>, el 55% de lo acumulado con el temporal) en solo tres días. Este dato pone de relieve la enorme capacidad de recuperación de la playa hacia el equilibrio perdido, eliminando en pocos días gran parte del exceso de material acumulado. No obstante, dado el carácter netamente urbano de esta playa, es muy probable que una parte considerable de esta recuperación sea debida a acciones humanas.

Por otra parte, gran parte del volumen de sedimentos acumulados en la parte alta del perfil en la zona resguardada queda fuera de la dinámica propia de la playa, al no poder ser removilizados por causas naturales. He aquí una causa adicional a la acumulación de sedimentos en este sector de la playa, pues como se veía en la **Figura 7**, tras los dos grandes temporales de Enero de 1990 y Febrero de 1991 la playa no ha sido capaz de volver a recuperar los volúmenes previos.

## 6. CONCLUSIONES

Este artículo pone de manifiesto la enorme relevancia que tiene la escala de tiempo en los estudios de dinámica costera, pues cada escala de tiempo va asociada al estudio de determinado tipo de proceso. También se evidencia la interrelación existente entre los efectos generados a cada una de estas escalas, pues determinados temporales pueden condicionar tanto la variabilidad estacional como las tendencias supraanuales existentes. Por último, se aborda el aspecto de la importancia relativa de cada uno de los procesos que intervienen desde el punto de vista de volumen de materiales remo-

vilizados. En este sentido, a pesar de que la playa considerada es anómala por cuanto presenta una tendencia natural a la ganancia de material sedimentario, cuando lo habitual es la tendencia opuesta, el efecto de un determinado temporal de pocos días de duración es la causa del trasvase de cantidades de arena mucho mayores que las que se acumulan en la playa en todo un año, e incluso que los que se mueven de un extremo a otro como consecuencia de los cambios estacionales en oleaje incidente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Programa de Clima Marítimo del Ministerio de Medio Ambiente por suministrar gratuitamente los datos de oleaje así como a todos aquellos compañeros y alumnos que colaboraron en la realización de las campañas de campo. Este trabajo ha sido parcialmente financiado mediante un proyecto concedido por la empresa UNELCO a través de la Fundación Universitaria de Las Palmas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aagard, T. *et al.*, (1997): Suspended sediment transport and morphological evolution on an intertidal beach. *Proc. Coastal Dynamics*, Plymouth.
- Alonso, I. (1993): *Procesos sedimentarios en la playa de Las Canteras (Gran Canaria)*. Tesis Doctoral, Dept. Física, Univ. Las Palmas de Gran Canaria, 333 pp.
- Alonso, I y Vilas, F. (1994): The influence of boundary conditions on beach zonation. *Proc. Coastal Dynamics*, Barcelona, 417-431.
- Alonso, I. y Vilas, F. (1996): Variabilidad sedimentaria en la playa de Las Canteras (Gran Canaria). *Geogaceta*, 20 (2): 428-430.
- Folk, R.L. y Ward, W.C. (1957): Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters, *J. Sed. Petrol.*, 27: 3-26.
- Kana, T.W. (1995): A mesoscale sediment budget for Long Island, New York. *Mar. Geol.*, 126: 87-110.
- Katoh, K. y Yanagishima, S. (1988): Predictive model for daily changes of shoreline. *Proc. 21st ICCE*, Málaga, Spain, 1253-1264.
- Katoh, K. y Yanagishima, S. (1990): Berm erosion due to long period waves. *Proc. 22nd ICCE*, Delft, The Netherlands, 2073-2086.
- Katoh, K. y Yanagishima, S. (1992): Berm formation and berm erosion. *Proc. 23rd ICCE*, Venice, Italy, 2136-2149.
- Komar, P.D. (1973): Observations of beach cusps at Mono Lake, California. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84, 3593-3600.
- Komar, P.D. (1976): *Beach processes and sedimentation*, Prentice Hall, New Jersey.
- Kops, A.J.G. (1993): Analysis of JARKUS-data near Egmond (in Dutch). Dept. of Coastal Eng., Delft Univ. of Technology, Delft, The Netherlands.
- Kriebel, D.L.; Dally, W.R. y Dean, R.G. (1986). Beach profile response following severe erosion events. *Rep. UFL/COEL- 86/016*, Coastal & Oceanographic Eng. Dept., University of Florida.
- Kroon, A. (1994): *Sediment transport and morphodynamics of the beach and nearshore zone near Egmond, The Netherlands*. Tesis Doctoral, Dept. Physical Geography. Univ. Utrecht, The Netherlands.
- Larson, M. (1988): Quantification of beach profile change. *Rep. N° 1008*, Dept. of Water Resources Engineering, Lund University, Lund. 293 pp.
- Larson, M. Y Kraus, N.C. (1995): Prediction of cross-shore sediment transport at different spatial and temporal scales. *Mar. Geol.*, 126: 111-127.

- List, J.H. (1993): *Large Scale coastal Behaviour '93* (Editor). U.S. Geol. Surv., Open File Rep., 93-381, 238 pp.
- Martínez, J.; Álvarez, R. y Alonso, I. (1990): Storm erosion on a sandy beach. *Proc. 22nd ICCE.*, Málaga, Spain, 2580-2588.
- Orford, J.D. y Carter, R.W.G. (1995): Examination of mesoscale forcing of a swash-aligned, gravel barrier from Nova Scotia. *Mar. Geol.* 126: 201-211.
- Ruessink, B.G. (1998): *Infragravity waves in a dissipative multiple bar system*. Tesis Doctoral, Dept. Physical Geography, Univ. Utrecht, The Netherlands.
- Short, A.D. (1979): Three dimensional beach-stage model. *J. Geology*, 87: 553-571.
- Terwindt, J.H.J. y Kroon, A. (1993): Theoretical concepts of parametrization of coastal behaviour. In: J.H. List (Ed.): *Large Scale coastal Behaviour '93*. U.S. Geol. Surv., Open File Rep., 93-381: 193-196.
- Terwindt, J.H.J. y Wijnberg, K.M. (1991): Thoughts on large scale coastal behaviour. In: N.C. Kraus, K.J. Gingerich and D.L. Kriebel (Eds.): *Proc. Coastal sediments '91* (Seattle) ASCE, pp. 1476-1487.
- Van Rijn, L.C. (1998): *Principles of coastal morphology*. Aqua Publications, The Netherlands.
- Wijnberg, K.M. y Terwindt, J.H.J. (1995): Extracting decadal morphological behaviour from high-resolution, long-term bathymetric surveys along Holland coast using eigenfunction analysis. *Mar. Geol.*, 126: 301-330.
- Wolf, F.C.J. (1994): The response of a barred coast to a sequence of storms. *Proc. Coastal Dynamics*, Barcelona, 44-58.
- Wolf, F.C.J. (1997): *Hydrodynamics, sediment transport and daily morphological development of a bar-beach system*. Tesis Doctoral, Dept. Physical Geography, Univ. Utrecht, The Netherlands.