

## GEOMORFOLOGIA COSTERA URBANA

*Vicente Gracia, Herminia Valdemoro, José A. Jiménez y Agustín Sánchez-Arcilla*

*Centro Internacional de Investigación de los Recursos Costeros (CIIRC). C/ Jordi Girona, 1-3, Campus Nord-UPC, Edif. D-1 08034 Barcelona*

---

### 1. Introducción

Hablar de geomorfología urbana es hablar de la interacción hombre-costa, o lo que es lo mismo, de los cambios inducidos por el hombre sobre un sistema, la franja litoral, geomorfológicamente diverso (costas rocosas, playas de arena, dunas, etc.) y altamente dinámico. La importancia de tales cambios ha hecho que algunos autores (Owens, 1994; Finkl, 2004) incorporen la acción del hombre como elemento adicional en la clasificación de ambientes costeros.

El paisaje urbano de la costa de Tarragona está representado en su mayor parte por playas de arena (Segur de Calafell, Cambrils, Tarragona, etc.) y en menor medida por gravas (Les Cases d'Alcanar) o afloramientos rocosos (tramos de la ciudad de Tarragona). En este tipo de ambientes se desarrollan formas de fondo con dimensiones que van desde unos pocos centímetros (ripples) hasta las decenas de kilómetros (formas en planta de la línea de orilla) como resultado de los procesos costeros inducidos por el oleaje (por acción directa o de las corrientes generadas de su rotura al aproximarse a la costa), las oscilaciones del nivel medio del mar (marea astronómica, meteorológica o aumento del nivel medio del mar) o el viento, cubriendo a su vez escalas de tiempo de segundos (oleaje) hasta los cientos de años

(cambios integrados del transporte transversal de sedimento y variaciones del nivel medio del mar) (Larson y Kraus, 1995).

En este capítulo se realiza una revisión de las formas más comunes que pueden identificarse en una playa urbana de arena o grava y que son de interés para la gestión de esta franja estrecha de no más de 150 m de ancho así como de los parámetros que determinan su tipología y de la influencia que ejerce el hombre sobre ellos. Estos aspectos se ilustran con ejemplos de la costa Tarraconense.

## 2. Morfología de la zona costera

De acuerdo con Komar (1998) un perfil de playa puede dividirse en 3 grandes regiones (figura 1): la playa; la anteplaya y la plataforma continental, cuyos límites no siempre están bien definidos y son función de la naturaleza de los materiales que lo conforman y de las fuerzas que en él se desarrollan.

La playa representa el tramo fundamentalmente emergido del perfil, entre la línea de bajamar y la cota máxima alcanzada por el mar durante temporales o bien por la presencia de un paseo marítimo, una carretera o vía de tren. La anteplaya es la parte sumergida que se extiende más allá de la zona de rotura del oleaje.

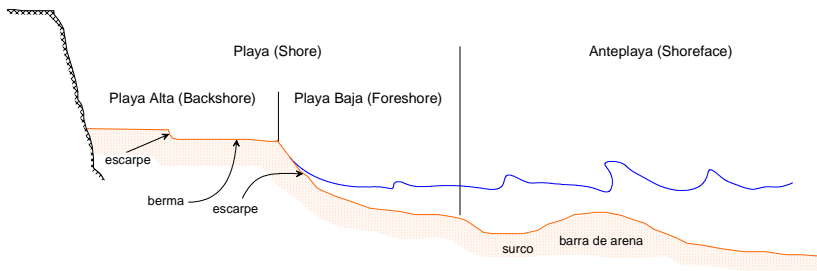


Figura 1. Zonificación de un perfil de playa (Komar, 1988).

Las morfologías dominantes en la parte superior de la playa (“backshore”) son las formadas por cordones dunares, bermas o simplemente la de un talud de pendiente uniforme. La gran movilidad y magnitud de los cambios asociados de los campos de dunas ha hecho que históricamente fueran

eliminados del paisaje urbano. Desde hace unos años el Ministerio de Medio Ambiente (MMARM), así como demás niveles de la administración, han considerado prioritaria su recuperación, conservación y mantenimiento si bien en los enclaves urbanos los sistemas han sido fijados artificialmente total o parcialmente, como el sistema de dunas de la urbanización de Riumar (figura 2).



Figura 2. Campo de dunas en la playa de Riumar (Deltebre) (fuente: Google Earth).

Las bermas de la playa alta son superficies horizontales de la playa resultado de la acción de un viento intenso predominante o la acción del nivel medio del mar y los temporales de oleaje. Sus dimensiones y proximidad al mar condicionan fuertemente el uso turístico de la playa (figura 3) puesto que en muchos casos su existencia representa la orografía de la playa emergida que va a ser ocupada por los bañistas. La limpieza diaria de la arena llevada a cabo por los ayuntamientos durante la época de verano provoca un suavizado artificial de estas formas o incluso su desaparición.

La playa baja (“foreshore”) cuyo límite morfológico inferior se sitúa en la parte sumergida del perfil o zona del remonte del oleaje presenta como características distintivas la existencia de bermas, escarpes de playa y topografía rítmica. En este caso, las bermas son el resultado de la acción del oleaje o del proceso de anexión de barras internas sumergidas a la orilla. Los escarpes de playa (figura 4) son estructuras morfológicas verticales o casi verticales resultado de la erosión producida por la acción de un temporal.

Las formas rítmicas (figura 4) son marcas del terreno que se repiten a lo largo de la playa de forma monótona y cuyo origen ha sido relacionado con la acción de una onda atrapada que se propaga de manera transversal a la costa (Inman y Guza, 1982).



*Figura 3. Bermas de playa en la playa de Malgrat de Mar (izquierda) y la playa de Les Cases d'Alcanar (derecha).*



*Figura 4. Escarpe y estrán en la playa de Lloret de mar (izquierda) y topografía rítmica en la playa de Cambrils (derecha).*

Finalmente nos encontramos con la parte sumergida o anteplaya ("shoreface" o "inshore"), que va desde el límite inferior de la playa baja hasta más allá de la zona de rotura del oleaje. Uno de los elementos morfológicos distintivos es la presencia de uno o más sistemas de barras de arena paralelos o ligeramente oblicuos a la costa, que responden a ciclos estacionales de temporal/post temporal (Wright y Short, 1984). En ambientes de grava o arena más gruesa esta parte suele caracterizarse por

un talud relativamente suave función del tamaño del sedimento y la energía del oleaje incidente.

La forma en planta de una playa viene determinada principalmente por la posición que adopta la línea de orilla como resultado del transporte de sedimento al que está sometida y la existencia de obstáculos en sus contornos que lo condicionan. De acuerdo con este criterio, la costa puede ser clasificada en rectilínea y longitudinalmente uniforme (ausencia de obstáculos), parabólica (un obstáculo en uno de sus extremos) o cóncava (limitada por más de un obstáculo).

La necesidad de la ciudad de ofrecer la playa como recurso turístico junto con la existencia de puertos con un origen paralelo al del núcleo urbano (puertos de Tarragona o Barcelona) o de nueva creación (como aumento de la oferta turística de la zona) ha llevado en algunos tramos de la costa de Tarragona a una política de gestión del litoral muy compartimentada, en las que las formas parabólicas o cóncavas son dominantes (figura 5).



*Figura 5: Izquierda: configuración rectilínea y parabólica (playa de l'Arenal, Hospitalet de l'Infant). Derecha: playas cóncavas (Cunit) (fotos tomadas de la web del ICC).*

### **3. Influencia del hombre sobre la morfología costera**

Las formas que presenta un tramo de costa dado son el resultado de la interacción de una serie de factores que pueden agruparse en tres grandes categorías: la naturaleza y origen del sedimento, los agentes impulsores que los movilizan y la tipología de los obstáculos que la delimitan. La actividad urbana ha modificado alguno de estos factores (si no todos) dando como

resultado una morfología totalmente distinta a la de lo que podría desarrollarse en un estado natural.

### **3.1. Fuentes y naturaleza del sedimento**

La aparición de una ciudad lleva asociada la rigidización del territorio (ocupación del territorio, canalización y regulación de ríos y rieras) y por tanto, un cambio en las condiciones de suministro de sedimento a la playa y por extensión de las formas que se desarrollan. Un ejemplo de ello es el puerto de Tarragona con la desembocadura del río Francolí (desviado de su cauce original a finales del s XIX) en su interior, lo que ha supuesto una pérdida potencial de aporte de sedimento a la zona y la ausencia de formas deltaicas propias de desembocaduras (figura 6).

La regeneración artificial de playas ha sido una de las obras de ingeniería más utilizadas para satisfacer la continua demanda por parte de los usuarios de superficie de playa emergida, especialmente en ambientes urbanos. El ritmo de aportación de arenas en España durante los últimos 20 años ha sido del orden 8 millones m<sup>3</sup>/a, el mayor de la Comunidad Europea. El origen del sedimento es marino o continental siendo en todo caso de tamaño mayor que el sedimento original con el objetivo de aumentar el tiempo de permanencia del material en la playa. Este aumento del tamaño de grano repercute directamente en las morfologías que pueden desarrollarse en la playa y por tanto en su uso y explotación como recurso turístico.

Un aumento del tamaño del sedimento de una playa lleva asociado un aumento del talud del estran y puesto que el ángulo de equilibrio del nuevo material es mayor la posibilidad de crear escarpes de playa aumenta. El resultado son unas condiciones de acceso al mar diferentes a las que normalmente el usuario estaba acostumbrado. Un ejemplo del efecto del cambio de pendiente y forma del perfil en los usuarios de la playa lo encontramos en las regeneraciones de las playas de Segur de Calafell (realizadas a finales de los años 90). De acuerdo con Villares (2000) el aumento del tamaño del sedimento y la pendiente tras las obras fue percibido por los usuarios como negativo al ser las playas de uso eminentemente familiar y acostumbrados a pendientes más suaves.

Por otro lado, el aumento general de la pendiente de la playa provoca un cambio de la respuesta del perfil frente a unas mismas condiciones de oleaje volviéndose más reflejante. Este hecho es especialmente evidente en playas como las de Tarragona en el que el tamaño del sedimento medio nativo se

encuentra entre las 200 - 250  $\mu\text{m}$  mientras que el tamaño de las distintas aportaciones artificiales realizadas supera casi siempre las 350  $\mu\text{m}$ .



Figura 6. Desembocadura del río Francolí (Tarragona) (foto tomada de la web del ICC).

La figura 7 muestra los distintos estados morfodinámicos y formas asociadas de una playa propuestos por Wright y Short (1984) en términos de  $\Omega$ ,

$$\Omega = \frac{H_{sb}}{W_s T_p}$$

Donde  $H_{sb}$  representa la altura de ola significativa en rotura,  $T_p$  el periodo de pico asociado y  $W_s$  la velocidad de caída del sedimento.



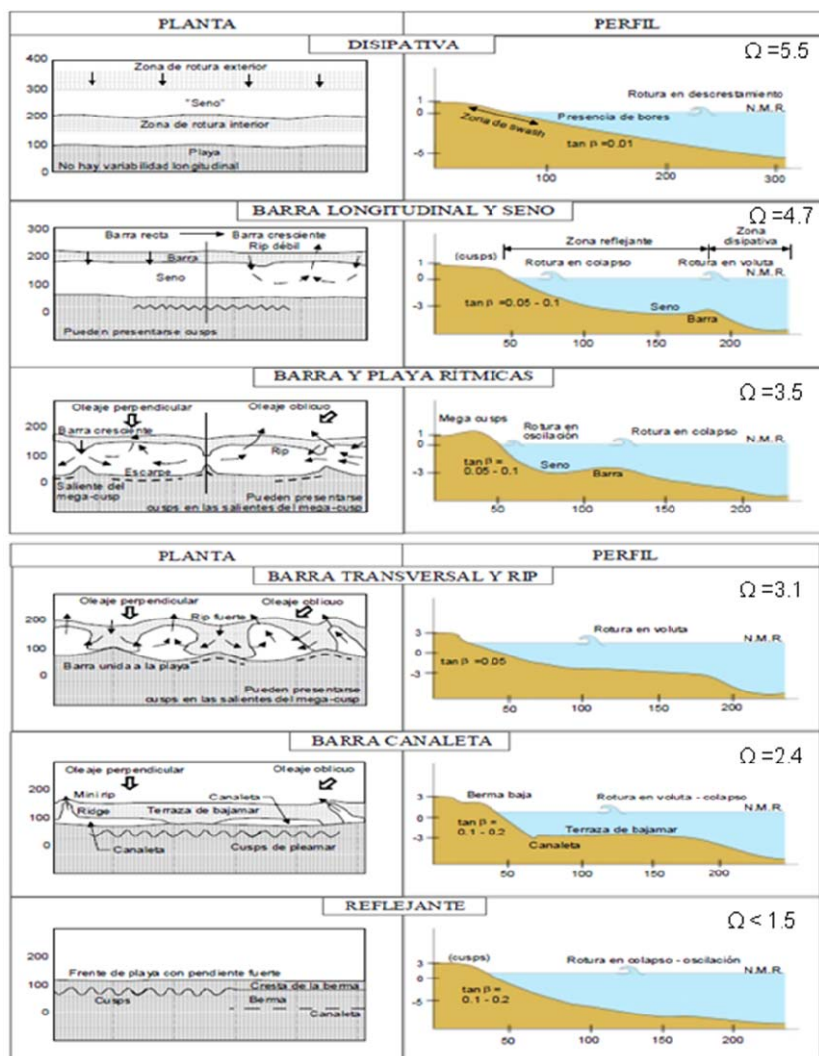


Figura 7. Estados morfodinámicos de una playa y morfología asociada según Wright y Short (1984) (modificado de UNICAN).



De acuerdo con el modelo, los estados de playa disipativos ( $\Omega > 5$ ) se caracterizan por presentar una morfología del perfil de pendiente suave en el que puede coexistir una barra sumergida y longitudinalmente uniforme mientras que ambientes reflejantes ( $\Omega < 2$ ) muestran un perfil con pendiente mayor y ausencia de barra sumergida. En condiciones de temporal un perfil reflejante concentra el transporte de sedimento, transversal y longitudinal, en las proximidades de la línea de orilla y por tanto las formas de fondo que se derivan mientras que una playa disipativa presenta un ancho de la zona de surf mayor.

A modo de ejemplo en la figura 8 se presenta la frecuencia de aparición de los estados morfodinámicos de una playa tipo de la costa de Tarragona constituida por un sedimento fino de  $210 \mu\text{m}$  (sedimento original) y por un tamaño de grano de  $400 \mu\text{m}$  (representativo de una playa alimentada artificialmente) bajo unas mismas condiciones de oleaje. Como puede verse, el estado morfodinámico modal de la playa original (antes de la alimentación) es netamente disipativo y por tanto la morfología del perfil es suave pudiendo existir una barra sumergida en las proximidades de la línea de orilla. Por el contrario, un aumento del tamaño de grano llevan a la playa a estados netamente reflejantes tal y como se muestra en la figura 8.

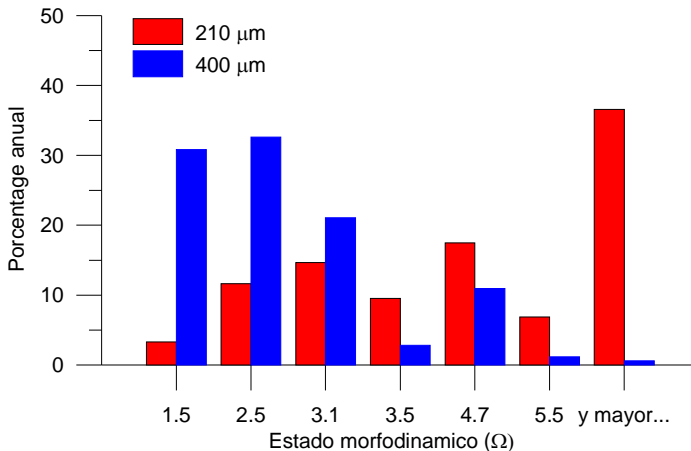


Figura 8. Estados morfodinámicos de una playa tipo de la costa de Tarragona según el tamaño del sedimento.

### 3.2. Agentes impulsores

El oleaje es el principal agente impulsor responsable de los cambios del fondo que tienen lugar en una playa a corto y medio plazo. Una de las formas clásicas de defenderse de la acción de las olas es mediante la construcción de uno o más diques paralelos a la línea de orilla (figura 5) desconectados o no de tierra firme. La costa de Tarragona destaca por ser la provincia de España con un mayor número de esta tipología de diques (16 elementos).

Desde un punto de vista hidrodinámico, la construcción de un dique exento genera una zona de sombra al oleaje justo en el trasdós de la obra y favorece los procesos de difracción en sus extremos, el resultado es una disminución local de la altura de ola en las inmediaciones de la estructura y por consiguiente una disminución de las tasas de transporte dando como resultado la formación de un tómbolo o hemitómbolo a medio y largo plazo (escala de años o decenas de años) y que es función principalmente de la longitud y distancia a la costa a la que se encuentre. Un análisis detallado del funcionamiento de diques exento de baja cota de coronación puede verse en Sánchez-Arcilla et al. (2005). Peña y Sánchez (2006) realizan un inventario de los efectos morfológicos producidos por los diques exentos en la costa española y concluyen que los métodos de Hsu y Silvester (1990), Ming y Chiew (2000) y Bricio et al. (2007) son los que mejor representan la configuración de la costa para el caso de diques exentos aislados. En el caso de considerar un grupo de diques los autores recomiendan el criterio de Berenguer y Enríquez (1987) especialmente desarrollado para el litoral catalán, los espigones en L como el de Hospitalet de l'Infant (figura 5) también favorecen los procesos de difracción y por tanto condicionan la forma en planta de la costa. La construcción de espigones también presentan este efecto si bien en este caso de forma más local.

### 3.3. Límites longitudinales

Los gradientes de transporte longitudinal de sedimento que se verifican en un tramo de costa son los responsables de la forma que ésta alcanza a medio plazo (años o decenas de años). La construcción de un espigón o campo de espigones pretende establecer "a priori" unas condiciones de contorno al transporte longitudinal y por tanto una determinada configuración de la línea de orilla. El resultado de esta estrategia suele ser la compartimentación de la playa en celdas más pequeñas, como el campo de

espigones Sitges (Barcelona). Este tipo de obra también suele ser utilizada cuando lo que se pretende es definir claramente un punto de retención total de sedimento, como final de celda de transporte. Esta ha sido la opción más común de los espigones de la costa de Tarragona, como el de la playa artificial de la Pineda en Tarragona (figura 5). En el área de influencia de un espigón la línea de orilla tiende a mostrar una disposición en planta de tipo exponencial, tendiendo la costa a ponerse paralela a la dirección del oleaje incidente en la zona de apoyo del espigón.

Los puertos producen el mismo efecto barrera a la dinámica longitudinal (figura 9). En Tarragona nos encontramos con 14 puertos costeros con una historia paralela a la del núcleo urbano al que pertenecen. En líneas generales se trata de infraestructuras cuya bocana se sitúa entre la isobata -4m y la -6m y por tanto representan una barrera importante al transporte longitudinal de sedimentos. Al igual que en un espigón, la retención del sedimento en uno de los lados impide la alimentación natural de las playas aguas abajo produciéndose una erosión de la playa.



*Figura 9. Efecto barrera al transporte longitudinal de sedimento del puerto deportivo de Roda de Barà (abajo) y puerto de Coma-ruga (centro) (fuente: Google Earth).*

Una mención especial merece el puerto isla de Coma-ruga (figura 9) cuya construcción debía permitir el paso de sedimentos de forma natural evitando así el efecto barrera, sin embargo tras apenas dos años de funcionamiento se produjo una importante acumulación de arena en su trasdós que obligó a la construcción de un muro y el dragado continuo de sedimento de la bocana para mantener su operatividad.

El comportamiento de este tipo de puertos (el puerto de Segur de Calafell tuvo un origen similar si bien en la actualidad se ha reconvertido a un puerto tradicional conectado a la costa) es el mismo que el descrito para un dique exento.

#### 4. El paisaje urbano de la costa de Tarragona

El modelo de urbanización seguido en la provincia de Tarragona ha conseguido la práctica ocupación del frente litoral arenoso, siendo el delta del Ebro el único tramo de costa que mantiene el territorio de forma prístina.

La ocupación del dominio natural de la playa ha llevado consigo la necesidad de protegerse de los agentes naturales que en él se desarrollan y regular las actividades que pueden llevarse a cabo. En Tarragona son de aplicación la ley 22/1988 de Costas y el “Pla Director Urbanístic del Sistema Costaner” (PDUSC-2). En ámbitos urbanos la ley de costas pretende “recuperar naturalidad” (figura 10) en un paisaje que en determinados puntos ha sido altamente degradado.

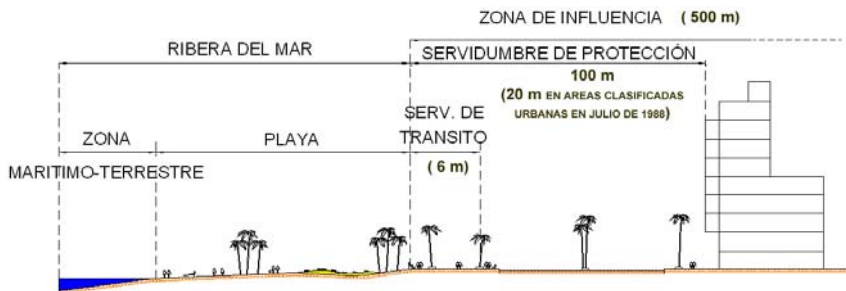


Figura 10. Esquema de la zona marítimo-terrestre, ribera del mar, servidumbres de tránsito y protección y zona de influencia, según la Ley 22/1988 de Costas (MMARM)

El modelo propuesto en la figura 10 refleja claramente el estereotipo de costa urbana al que está tendiendo la costa de Tarragona, es decir, una franja arenosa más o menos ancha limitada por un paseo marítimo (zona de servidumbre de tránsito).

## 5. Conclusiones

Las playas urbanas están expuestas a los mismos agentes que los ambientes naturales y por tanto tienden a desarrollar el mismo tipo de morfologías costeras que en ambientes naturales (bermas, escarpes, barras de arena, etc.). Sin embargo, las actividades que se desarrollan en ella y el valor económico que representan suelen ser incompatibles con la variabilidad que pueden reflejar.

Los puertos y las obras de protección y mantenimiento de la costa han llevado a una configuración de la costa totalmente artificial y reflejan el afán por mantener un determinado estereotipo de playa acorde con el uso principalmente turístico.

## Referencias

- Berenguer, J.M. y Enríquez J. 1987. *Parámetros de diseño de las playas de bolsillo*. Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, nº 22-413-9-027, informe técnico para la Dirección General de Puertos y Costas.
- Bricio, L., Negro, V. y Diez J.J. 2007. Parámetros geométricos de diques exentos en el litoral catalán. *Revista de Ingeniería Civil*, 147, 91-103.
- Finkl, C.W. 2004. Coastal Classification: Systematic Approaches to Consider in the Development of a Comprehensive Scheme. *Journal of Coastal Research*, 20(1), 166-213.
- Hsu, J.R. y Silvester, R. 1990. Accretion behind single offshore breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, ASCE, 116 (3), 362-380.
- Inman, D.L y Guza, R.T. 1982. The origin of swash cusps on beaches. *Marine Geology*, 49, 133-148.
- Komar, P.D., 1998. *Beach processes and sedimentation*. 2nd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Larson, M., y Kraus, N. C. 1995. Prediction of cross-shore sediment transport at different spatial and temporal scales, *Marine Geology* 126, 111-127.
- Ming, D. y Chiew, M. 2000. Shoreline changes behind detached breakwater; *Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 126 (2), 63-70.

- MARMRM, Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. *Directrices para el tratamiento del borde costero*.
- Owens, E.H. 1994. *Environmental Protection Series: Canadian Coastal Environments, Shoreline Processes and Oil Spill Cleanup*. Ottawa (Ontario).
- Peña, J.M. y Sánchez F.J. 2006. Inventario y efectos morfológicos de los diques exentos en las costas españolas; Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, nº 22-404-5-116, informe técnico para la Dirección General de Costas.
- Sánchez-Arcilla, A., Sierra, J.P., Cáceres, I., González-Marco, D., Alsina, J.M., Montoya, F. y Galofré, J., 2005. Beach dynamics in the presence of a low crested structure. The Altafulla case. *Journal of Coastal Research*, SI 39, 759-764.
- UNICAM. Universidad de Cantabria. *Regeneración de playas*. Colección de Documentos Temáticos.
- Villares, M. 2000. *Percepció dels impactes estètics i mediambientals de la regeneració de platges*. Edicions UPC, Colección Forum Documental, Barcelona.
- Wright, L. D. y Short, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56, 93-118.