

Vídeo monitorización de la zona costera: aplicaciones en playas urbanas

Jorge Guillén y Elena Ojeda

Instituto de Ciencias del Mar (C.S.I.C.)

Passeig Marítim de la Barceloneta, 37, 08003 Barcelona

jorge@icm.csic.es

1. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones realizadas en el medio marino durante los últimos años han puesto de manifiesto la existencia de procesos que actúan simultáneamente pero a diferentes escalas temporales. La constatación de este hecho lleva a que, cada vez más, los estudios oceanográficos tengan como uno de sus objetivos prioritarios el llegar a conocer y modelar la variabilidad temporal de los distintos procesos que tienen lugar en el medio marino. La propia duración de los Proyectos de Investigación (habitualmente 3 años) supone una limitación insalvable para obtener esta información y, por este motivo, es necesaria la creación de una serie de estaciones fijas en las que se obtengan medidas de parámetros oceanográficos con una frecuencia elevada y una larga duración temporal (décadas). Los registros existentes en la actualidad del nivel del mar, oleaje y, en algunos casos, corrientes tomados por diferentes instituciones (C.S.I.C., Instituto Español de Oceanografía, Puertos del Estado, Comunidades Autónomas, etc.) permiten un conocimiento adecuado de los rasgos oceanográficos generales de las costas españolas. Sin embargo, otros parámetros igualmente importantes como variaciones de la línea de costa y del perfil batimétrico tienen peor resolución temporal y son menos sistemáticos. Obviamente, la conjugación de largas series temporales con una buena resolución espacial es difícil de aplicar a todo el litoral, por lo que es recomendable la selección de una serie de puntos de interés que puedan monitorizarse con detalle y cuyas observaciones sean extrapolables a otras zonas costeras. Bajo esta perspectiva fue creada la Estación Litoral de Barcelona en el año 2001 cuando fueron instaladas una serie de cámaras de vídeo para la monitorización del litoral de Barcelona.

Las playas de la ciudad de Barcelona fueron creadas en el marco del frente marítimo de la ciudad proyectado con motivo de los Juegos Olímpicos de 1992. Estas playas están limitadas por espigones y han sido regeneradas artificialmente los años 1988, 1991, 1992, 2002 y 2006. Las cámaras de vídeo permiten monitorizar las cuatro playas que flanquean el Port Olímpic: Bogatell, Nova Icaria, Somorrostro y La Barceloneta. En las playas de Bogatell y La Barceloneta se desarrolla frecuentemente una barra de arena que va cambiando su configuración en respuesta a los temporales y las actuaciones humanas (Figura 1). Estas playas pueden clasificarse como playas intermedias (*Wright y Short, 1984*) con un estado morfodinámico que varía entre "longshore bar and trough", "rhythmic bar and beach", "transverse bar and rip" y "low tide terrace".

La Estación Litoral de Barcelona tiene como objetivos la toma de datos físicos, morfológicos y biológicos con la más alta resolución posible y a largo plazo para determinar el comportamiento y evolución de un sistema litoral donde coexisten las influencias naturales y humanas y que es representativo de la situación actual de muchos ecosistemas litorales mediterráneos. La toma de medidas automatizada de diferentes parámetros se complementa con la realización de campañas mensuales para obtener información de otros parámetros de interés. Tras siete años de actividad, es posible obtener una visión a medio plazo de los principales fenómenos morfodinámicos estudiados: variabilidad de la línea de costa (Ojeda y Guillén, 2008), morfodinámica de los sistemas de barras (Ojeda et al., 2007 a, b), modelización de barras crescénticas (Falqués et al., 2007; Ribas et al., 2007), vulnerabilidad de la zona costera respecto a los temporales (Sancho et al., 2008) o la formación y persistencia de la topografía rítmica (Ortega et al., 2008). Además, la monitorización sistemática y con alta resolución espacial y temporal permite la evaluación de las diferentes actuaciones que tienen lugar en esta parte del litoral (nuevos espigones, regeneraciones artificiales, etc.) (Ojeda y Guillén, 2006) y el desarrollo de técnicas que permiten la mejora de la gestión de usos de la playa como la cuantificación del número de usuarios (Guillén et al., 2008).

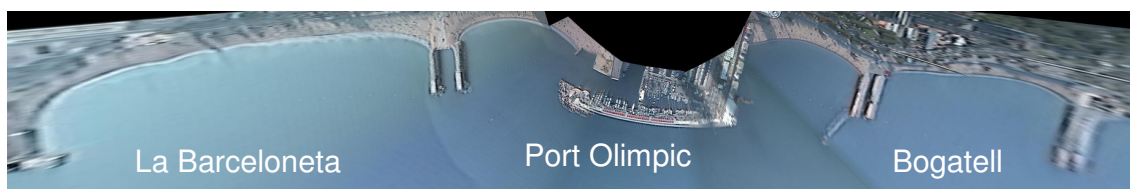


Figura 1.- Ejemplo de una imagen en planta de las playas de Barcelona obtenida a partir de las imágenes oblicuas de las cinco cámaras, rectificadas y superpuestas.

2. METODOLOGÍA

El estudio se realiza mediante cámaras de vídeo localizadas junto al Puerto Olímpico, en lo alto de la Torre Mapfre, a unos 142 m. de altitud. Se trata de un sistema Argus de obtención automatizada de imágenes compuesto por cinco cámaras conectadas a un procesador de imágenes que controla la comunicación con el exterior (Figura 2). Se toman fotografías cada hora durante diez minutos y el sistema proporciona una imagen promediada, una imagen de la varianza y una instantánea. A partir de las fotografías promediadas se extraen las líneas de costa mediante la utilización del Intertidal Beach Mapper (IBM), un software desarrollado para el sistema Argus y herramientas complementarias desarrolladas en el Instituto de Ciencias del Mar. La variación en la línea de costa se estudia utilizando un intervalo temporal entre líneas de costa sucesivas de alrededor de una semana. A fin de minimizar los errores debidos a las oscilaciones de la marea y los errores de medida implicados en el proceso, se promedian dos o más imágenes correspondientes a un mismo día y se evita tomar imágenes en días de tormenta, donde el ascenso del nivel marino asociado a la marea meteorológica y al oleaje puede introducir errores de consideración.

La ubicación de las barras de arena se refleja en las imágenes por la rotura del oleaje que generan, por lo que la detección está restringida a un determinado rango de condiciones de oleaje (aproximadamente $H_s = 0.7-3,5$ m). La posición de las barras se calcula automáticamente utilizando el programa BLIM desarrollado por la Universidad de Utrecht y que está basado en la determinación de la posición de máxima intensidad asociada a la rotura. Los resultados son suavizados y referenciados con respecto a una línea de costa media. Con los datos obtenidos se han realizado dos tipos de análisis: 1) considerando un comportamiento uniforme de la barra a lo largo de toda la playa, de tal forma que la posición de toda la barra se representa como la posición en un punto del perfil transversal, y 2) considerando la disposición general de la barra, donde es posible determinar el comportamiento diferencial de algunos sectores de la barra durante eventos específicos.

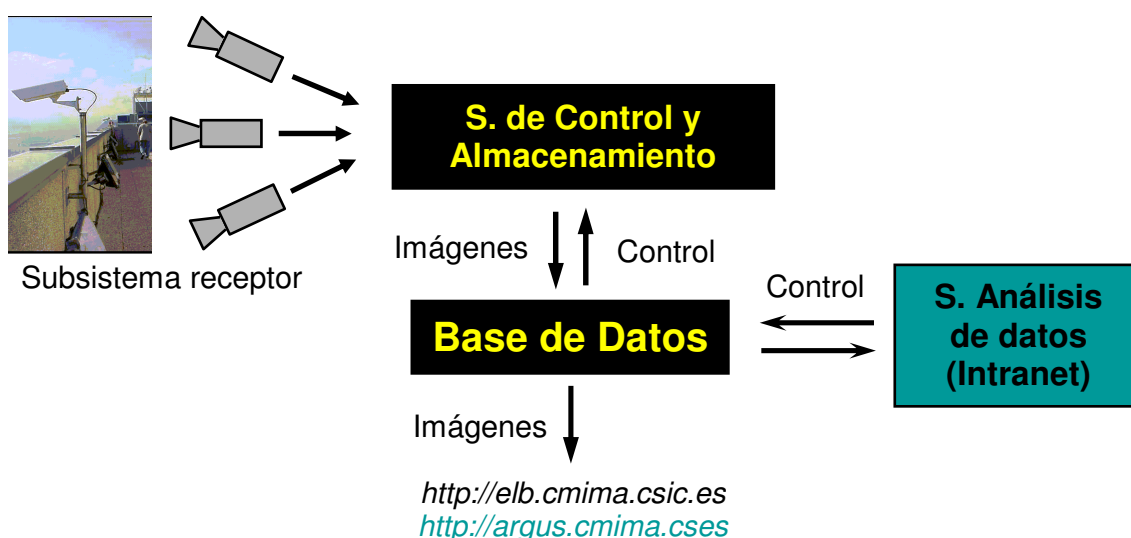


Figura 2.- Esquema de la obtención y distribución de los datos de vídeo

3. EJEMPLOS DE RESULTADOS

3.1 Línea de costa

En la figura 3 se representa la evolución en la posición de la línea de costa en cinco puntos localizados en la playa de La Barceloneta. Las distancias representadas en el eje de las ordenadas son indicativas del avance o retroceso de la costa partiendo de un punto de referencia arbitrario. La regeneración artificial de la playa de La Barceloneta se inicia a mediados de junio de 2002 utilizando arenas dragadas en el mar y que fueron vertidas por una embarcación/draga directamente sobre la línea de costa. En total se vertieron unos 39539 m^3 de sedimento en la zona Norte de la playa. En la figura 3 puede apreciarse como los puntos de control localizados en la zona Sur de la playa de La Barceloneta (C, D y E) muestran una gran estabilidad durante todo el período analizado. La regeneración artificial se detecta solamente en una longitud de playa de aproximadamente 350 m (puntos de control A y B). Se aprecia un retroceso paulatino de la línea de costa desde el momento de la regeneración hasta aproximadamente Febrero de 2003. A partir de esa fecha, la línea de costa parece haber alcanzado una nueva posición de equilibrio similar a la existente antes de la regeneración y se

mantiene en una posición muy constante. Los efectos de los temporales sobre la línea de costa se superponen, pero no modifican, a las tendencias generales descritas. Por ejemplo, el temporal de Noviembre de 2002 provocó una acumulación de material en la zona Norte de la playa y una marcada erosión en la zona Sur.

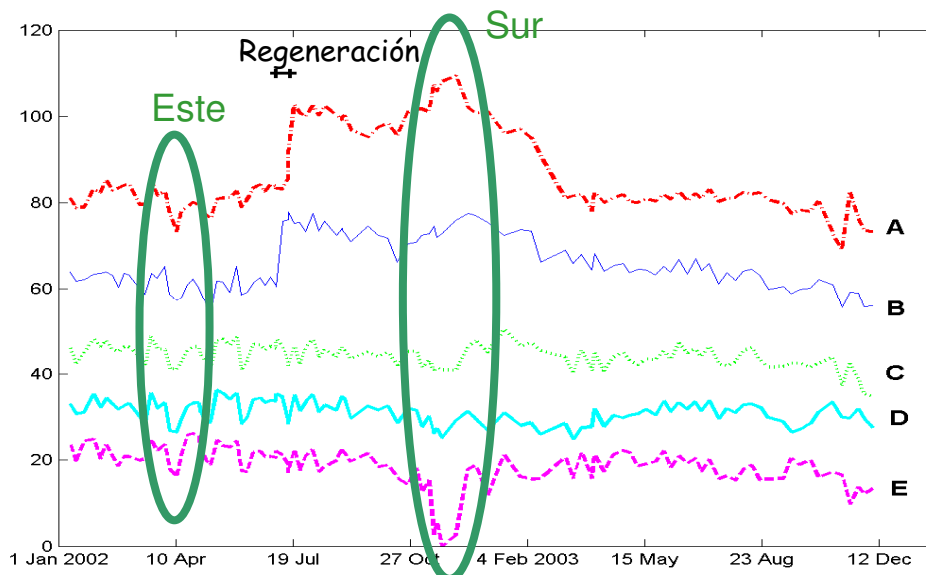


Figura 3.- Evolución temporal (enero 2002 - diciembre 2003) de la línea de costa en los puntos de control seleccionados en la playa de La Barceloneta (Punto de control A: zona norte de la playa, E: zona sur). Se indica el período en el que tuvo lugar la regeneración artificial y la respuesta de la línea de costa a dos temporales con distinta procedencia en Abril y Noviembre de 2002.

3.2 Barras

Las barras de arena se disponen con una cierta oblicuidad respecto a la línea de costa en ambas playas. En ocasiones, el extremo norte de la barra puede llegar a quedar prácticamente unido a la playa emergida. Las migraciones de las barras hacia mar y hacia tierra suelen ser congruentes en ambas playas y se producen como respuesta a temporales. En general, si se considera una altura de ola significativa (H_s) creciente, el comportamiento de la barra evoluciona desde una situación de no-migración, a migración hacia tierra y, finalmente, migración hacia la plataforma durante los temporales más energéticos. Las tasas de migración transversal (negativas hacia la playa) durante los eventos analizados oscilan entre 7,2 y -3 m/día y 6,4 y -4,0 m/día en La Barceloneta y Bogatell respectivamente, con desplazamientos máximos de 70m.

La configuración más habitual de la barra de la playa de La Barceloneta está caracterizada por una morfología tipo "crescéntica" que se desarrolla en el extremo sur de la playa y que permanece prácticamente inalterable durante todo el período de estudio (Fig. 4). Probablemente se formó durante el temporal de Noviembre de 2001 y con posterioridad no ha tenido lugar ningún otro evento capaz de erosionarla. A finales de 2001 una segunda protuberancia aparece en la barra de La Barceloneta, que migra lentamente hacia la playa y

que posteriormente (verano 2002) es parcialmente destruida por la regeneración artificial. En Octubre de 2003, la barra de la Barceloneta adopta una configuración ondulante, con dos puntos próximos a la playa que coinciden con el desarrollo de dos cúspides (Figura 4).

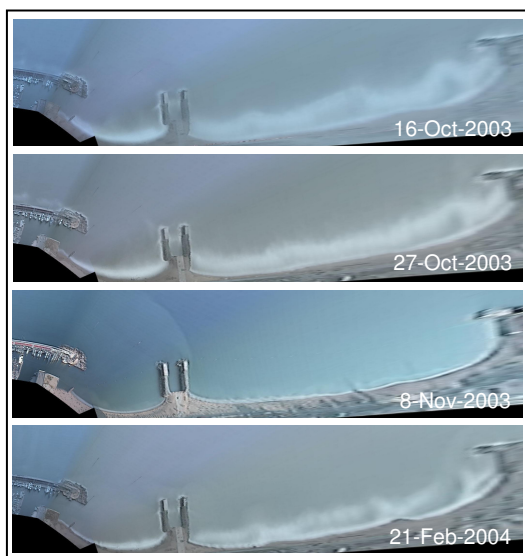


Figura 4.- Ejemplo de la evolución del sistema de barras en la playa de La Barceloneta.

4. CONCLUSIÓN

Las técnicas de vídeo monitorización han demostrado un alto potencial para el estudio morfodinámico del litoral. Estas técnicas son especialmente indicadas cuando el interés se centra en conseguir una alta resolución espacial (metros) y temporal (horas) de franjas costeras de limitada longitud (< 10 Km.). El moderado coste permite su utilización conjunta con otras técnicas que presentan características complementarias (fotos aéreas, satélite, LIDAR, etc.).

5. REFERENCIAS

- Falqués, A. Garnier, R., Ojeda, E., Ribas, F. and Guillén, J. (2007) Q2D-morfo: a medium to long term model for beach morphodynamics. Proc. 5th IAHR Symp. River Coastal and Estuarine Morphodynamics, vol 1, 71-78. (ISBN: 978-0-415-45363-9).
- Guillén, J., García-Olivares, A., Ojeda, E., Chic, O., Osorio, A. y González, R. 2008. Long-term quantification of beach users using video monitoring. Journal of Coastal Research, 24 (6), doi: 10.2112/07-0886.1).
- Ojeda, E. y Guillén, J. 2006. Monitoring beach nourishment based on detailed observations with video measurements. Journal of Coastal Research, SI 48: 100-106.
- Ojeda, E., Guillén, J., Ribas, F., 2007a. Bar and shoreline coupling in artificial embayed beaches. Proceedings of the 30th International Conference on Coastal Engineering 2006, vol 3, 2714-2725.

- Ojeda, E., Guillén, J. y Ribas, F. 2007b. Cambios morfológicos de barras sumergidas en playas artificiales. En: Investigaciones Recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral Gómez-Pujol, L. y Fornós, J.J. (eds.): 47-50.
- Ojeda, E. y Guillén, J. 2008. Shoreline dynamics and beach rotation of artificial embayed beaches. *Marine Geology*, 253, 51-62. (doi: 10.1016/j.margeo.2008.03.010).
- Ortega, A., J. Guillén y F. Ribas. 2008. Topografía rítmica en la playa de Somorrostro (Barcelona): comparación entre medidas topográficas y observaciones de vídeo. *Geo-Temas* 10, 2008 (ISSN: 1567-5172), p. 647-650.
- Ribas, F., R. Garnier, A., E. Ojeda, F. Falqués, J. Guillén y D. Calvete. 2007. Observation and modeling of crescentic bars in Barcelona embayed beaches. *Proc. Coastal Sediments 2007*, vol.3, 2111-2123. (ISBN: 978-0-7844-0926-8)
- Sancho-García, A., J. Guillén, E. Ojeda y D. Piccardo. 2008. Inundación de las playas de Barcelona durante temporales. *Geo-Temas* 10, 2008 (ISSN: 1567-5172) p. 583-586.