

Experiencias en gestión de la erosión costera en Italia: casos prácticos de Sicilia y Toscana

Giorgio ANFUSO y Enzo PRANZINI

Anfuso, G. y Pranzini, E. 2012. Experiencias en gestión de la erosión costera en Italia: casos prácticos de Sicilia y Toscana. En: Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Mir-Gual, M. y Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 307-318. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca..

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

La gestión
integrada de
playas y
dunas:
experiencias
en
Latinoamérica
y Europa

El trabajo presenta los resultados de diferentes estudios llevados a cabo mediante fotos aéreas y mapas de diferentes escalas y años en Sicilia y en Toscana (Italia). En detalle, se describen los procesos de erosión/acreción observados y las intervenciones llevadas a cabo para contrarrestarlos. Finalmente se analiza la evolución de las técnicas de defensa costera empleadas en las últimas décadas en Italia, resaltando el cambio de tendencia observado, es decir el remplazo de las obras de protección rígidas por obras de regeneración.

Palabras clave: Erosión, puertos, Sicilia, Toscana, Italia.

EXPERIENCES IN COASTAL EROSION MANAGEMENT IN ITALY: CASE STUDIES OF SICILY AND TUSCANY. The paper deals with the results of several works carried out in Sicily and Tuscany (Italy) by the means of aerial photographs and maps of different years and scales. In detail, it describes the erosion/accretion problems as well as the solutions adopted to solve them. Further, it is analyzed the evolution of defense techniques used in Italy in last decades, in order to highlight the change of trend recoded, that is the replacement of hard solutions by new, soft solutions, e.g. beach nourishment.

Key words: Erosion, harbors, Sicily, Tuscany, Italy.

Giorgio ANFUSO, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz. Polígono Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real, Cádiz, España. E-mail: giorgio.anfuso@uca.es y Enzo PRANZINI, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Borgo Albizi 28, 50122 Firenze, Italia. E-mail: enzo.pranzini@unifi.it

Introducción

La franja costera italiana incluye más de 7500 kilómetros de acantilados y playas micro-maréales, y se caracteriza por parajes de gran valor ambiental y paisajístico, además de albergar gran parte de los recursos económicos nacionales, importantes centros urbanos e industriales, actividades turísticas y vías de comunicación.

En cuanto a su evolución, después de la Edad Romana, las playas registraron una acreción generalizada, esencialmente relacionada con las prácticas de deforestación llevadas a cabo en las cuencas hidrográficas; a la desembocadura de los ríos llegaron grandes cantidades de sedimentos que formaron amplios deltas y llanuras costeras con imponentes cordones dunares.

Desde la mitad del siglo XIX, se experimentó una tendencia opuesta. El abandono de las zonas de cultivo y la consiguiente expansión de las zonas arbustivas, las labores de drenaje de las lagunas costeras, las obras de estabilización de las laderas, y la construcción de presas y embalses artificiales, produjeron una reducción de los aportes fluviales al litoral provocando un importante retroceso de las playas (Pranzini, 2001). En el mismo periodo, la eliminación del paludismo en las zonas costeras favoreció el desarrollo de asentamientos humanos que muchas veces se emplazaron demasiado cerca de la línea de costa, justamente cuando los procesos erosivos iban cobrando cada vez más importancia. El fenómeno de la erosión costera adquirió tal relevancia que en 1907 se promulgó una ley específica para la protección de los centros urbanos amenazados por el retroceso costero: como resultado se construyeron espigones y diques paralelos a la línea de costa que favorecieron procesos de erosión en las

playas localizadas aguas abajo. Estas primeras intervenciones alteraron profundamente el ambiente costero no solo desde un punto de vista paisajístico sino también práctico, debido a los problemas de uso de la playa por la presencia de dichas estructuras. Además, los limitados conocimientos de los procesos costeros y la escasa atención a las problemáticas ambientales llevaron a la construcción, en costas de baja pendiente, de fondeaderos y puertos que interceptaron el transporte litoral dando lugar a procesos de acreción en las playas localizadas aguas arriba de las estructuras y erosión en aquellas localizadas aguas abajo.

Hoy en día el 42.5% de las playas italianas registran procesos erosivos, con valores diferentes que oscilan entre el 13.2% (Región Friuli-Venezia Giulia) y el 90.9% (Región Molise, Pranzini 2006).

En cuanto a las competencias en tema de erosión litoral, estas incumbían al Genio Civile Opere Marittime, un organismo esencialmente constituido por ingenieros, perteneciente al Ministerio de Obras Públicas, que se ha dedicado casi exclusivamente a la protección de centros urbanos descuidando por completo las playas naturales en erosión, prefiriendo siempre las estructuras rígidas a las obras de regeneración.

En 1989 las competencias fueron traspasadas a las Regiones que se abrieron más a las obras de regeneración y a los estudios propedéuticos previos.

Así, se empezaron a construir rompeolas y diques parcialmente sumergidos para disminuir el impacto paisajístico y para limitar los efectos sobre el transporte litoral y, aún más recientemente, se difundió la realización de obras de regeneración artificial no acompañadas por la construcción de obras rígidas. A continuación se analizarán los problemas de erosión y sus diferentes polí-

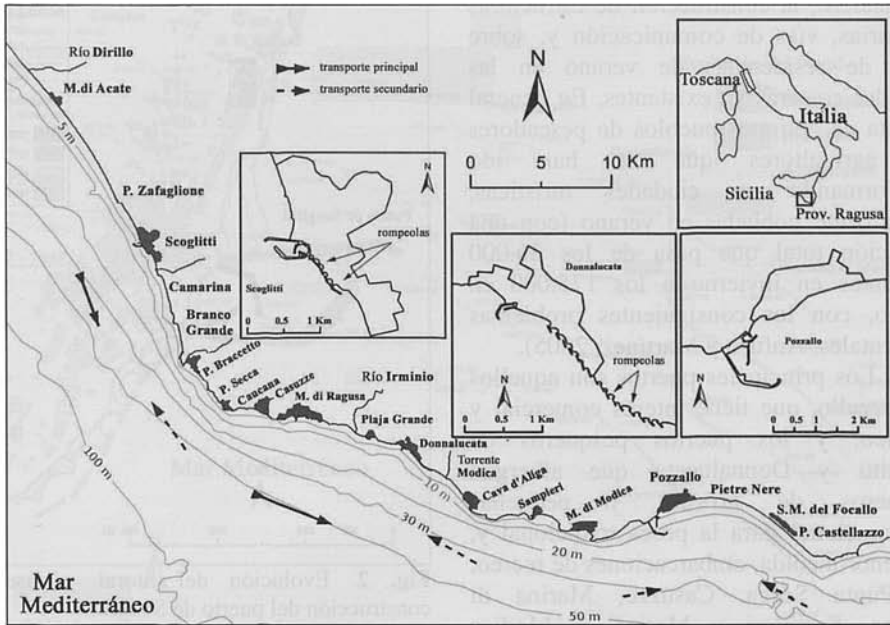


Fig. 1. Mapa de localización de las regiones Toscana y Sicilia y características principales del litoral de la provincia de Ragusa.

Fig. 1. Location map of Tuscany and Sicily regions and main characteristics of the littoral of Ragusa Province.

ticas de gestión en Sicilia y Toscana.

Estado de la erosión en Sicilia

En Sicilia, la progresiva edificación del litoral empieza en los años '60 cuando el desarrollo económico favorece la expansión de las urbanizaciones costeras. Al mismo tiempo, el ambiente costero adquiere un gran interés para diferentes sectores (operadores turísticos, veraneantes, pescadores deportivos y profesionales, etc.), hecho que lleva a la realización de numerosas intervenciones que dan lugar o acentúan los procesos de erosión y sedimentación incluso a gran distancia. Otras actividades que han favorecido un déficit en el balance sedimentario a lo largo de las costas sicilianas, tal y como se ha observado en otras regiones italianas, han sido la extracción (desde las playas, las

dunas y los lechos de los ríos) de áridos para la construcción así como la realización de embalses artificiales. Hay finalmente que destacar los daños causados a las praderas de posidonia oceánica por la pesca de arrastre. Dicha planta protege el litoral porque sus hojas disminuyen la energía del oleaje incidente, y además funcionan como trampas sedimentarias.

La problemática anteriormente expuesta se puede también observar en el litoral de la Provincia de Ragusa que incluye unos 90 km de playas cuarzosas y zonas de acantilados. La zona de estudio, debido a su orientación (Fig. 1), está expuesta a los vientos y al oleaje del segundo, tercer y cuarto cuadrante. A partir de las décadas de los setenta y de los ochenta, el litoral registró un progresivo incremento de las actividades humanas, esencialmente el desarrollo de cultivos de

invernadero, la construcción de estructuras portuarias, vías de comunicación y, sobre todo, de residencias de verano en las ciudades costeras ya existentes. En general se trata de antiguos pueblos de pescadores y/o agricultores que se han ido transformando en ciudades turísticas, básicamente pobladas en verano (con una población total que pasa de los 26.000 habitantes en invierno a los 175.000 en verano, con los consiguientes problemas ambientales, Anfuso y Martínez, 2005).

Los principales puertos son aquellos de Pozzallo, que tiene interés comercial y turístico, y los puertos pesqueros de Scoglitti y Donnalucata que albergan pesqueros de arrastre y pequeñas embarcaciones para la pesca tradicional y, en menor medida, embarcaciones de recreo. En Punta Secca, Casuzze, Marina di Ragusa, Sampieri y Marina di Modica encontramos pequeños embarcaderos para embarcaciones de recreo.

Los puertos anteriormente mencionados condicionaron la evolución del litoral: en un principio nacieron como estructuras de dimensiones modestas, que registraban continuos problemas de aterramiento. Mediante el uso de fotos aéreas, se nota como con los años, las estructuras se fueron ampliando repetidamente mediante la construcción de nuevos diques que afectaron cada vez más la dinámica litoral (véase por ejemplo el puerto de Scoglitti, Fig. 2).

En ningún caso se realizaron obras de by-pass y los problemas de erosión registrados aguas abajo se contrarrestaron mediante la construcción de un sin fin de barreras rompeolas (Fig. 1). Como se observa mediante un estudio llevado a cabo con fotos aéreas, en el periodo 1977-1999, se produjo un crecimiento desmesurado aguas arriba del puerto de Scoglitti (Fig. 2), con un avance de la línea de costa de 105,6

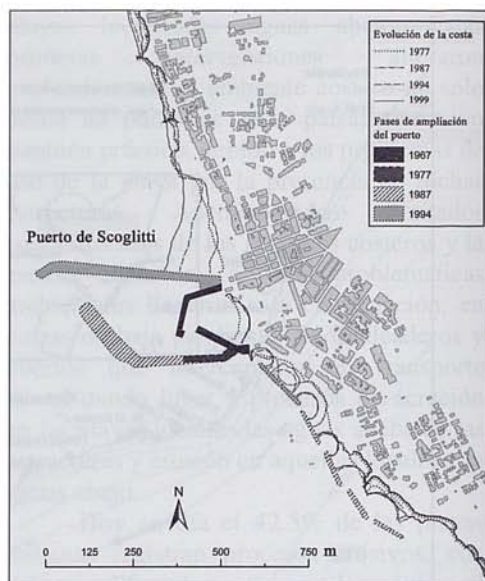


Fig. 2. Evolución del litoral y fases de construcción del puerto de Scoglitti.

Fig. 2. Littoral evolution and building phases of the Scoglitti harbor.

m (4,8 m/año), y del puerto de Donnalucata (Fig. 3), con un avance de 52 m (2,4 m/año), como observaron Anfuso y Martínez (2005) y Martínez y Anfuso (2008).

Para solventar los problemas de erosión registrados aguas abajo de dichas estructuras, se construyeron numerosos rompeolas, seis en Scoglitti y dieciséis en Donnalucata, que produjeron erosión en los sectores cercanos (Martínez y Anfuso, 2008). En concreto, los rompeolas localizados aguas abajo de Scoglitti están actualmente muy dañados por el oleaje y apenas forman tómbolos, registrándose erosión aguas abajo (Fig. 4a).

La construcción de rompeolas aguas abajo del puerto de Donnalucata (Fig. 3) dio lugar a la formación de un amplio arenal (80.000 m²) con la consecuente erosión de una superficie equivalente en las zonas aguas abajo (Torrente di Modica).

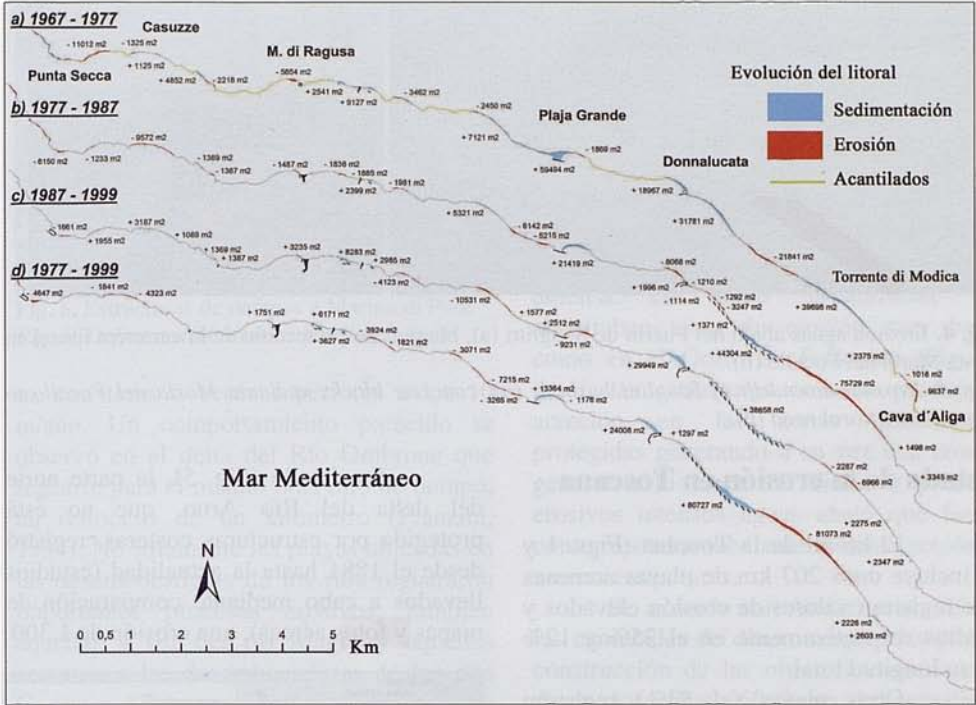


Fig. 3. Evolución del litoral de la provincia de Ragusa.

Fig. 3. Evolution of Ragusa Province littoral

En los alrededores del puerto de Pozzallo se observaron procesos de acumulación tanto al este como al oeste, respectivamente de unos 100.000 y 33.000 m² (para el periodo 1987-1999, Martínez y Anfuso, 2008). Las zonas de erosión en este caso están localizadas principalmente al este del puerto, en Santa Maria del Focallo y Punta Castellazzo, donde la carretera litoral ha sido en parte dañada por los procesos erosivos y está en la actualidad protegida con bloques de hormigón (Fig. 4 b).

Se observó acreción también en correspondencia con otras barreras rompeolas aisladas, como en Marina di Ragusa, Pietre Nere y, sobre todo, en Playa Grande (Fig. 3), donde se registró una acreción de casi 60.000 m² de playa seca.

Algunas playas del sector meridional de la provincia (Sampieri, Marina di

Modica y Maganuco) registraron procesos de acreción no relacionados con la presencia de estructuras antrópicas.

Finalmente, cabe destacar el cambio de rumbo en la política de gestión de la erosión costera: para solventar los problemas de erosión registrados, en Caucana, se llevó a cabo en 2004 una obra de regeneración vertiendo 70.000 m³ de gravas obtenidas en canteras localizadas en el interior, con los consiguientes impactos ambientales.

En estos últimos años se está finalmente planteando la posibilidad de llevar a cabo investigaciones geofísicas en la plataforma continental para la búsqueda de sedimentos y se están programando nuevas obras de regeneración tanto en la Provincia de Ragusa como en otros sectores del litoral de Sicilia.



Fig. 4. Erosión aguas abajo del Puerto de Scoglitti (a), bloques de protección de la carretera litoral en Santa María del Focallo (b).

Fig. 4. Erosion downdrift of Scoglitti harbour (a), concrete blocks at Santa Maria del Focallo to protect the littoral road (b).

Estado de la erosión en Toscana

El litoral de la Toscana (Figs. 1 y 5) incluye unos 207 km de playas arenosas que registran valores de erosión elevados y medios respectivamente en el 35% y 12% de su longitud total.

Otras playas (el 53%) registran acreción debida esencialmente a la construcción de puertos y escolleras. Sin embargo cabe destacar que las tasas de erosión alcanzan valores elevados, de hasta 2 m/año, mientras que los valores de acreción son muy escasos, del orden de unos centímetros/año. Así, aunque la mayoría del litoral presenta un crecimiento, en realidad el balance sedimentario es muy negativo, con una pérdida aproximada en los últimos 10 años de 147.000 m² de playa. Por un lado, cabe destacar como los procesos erosivos están principalmente concentrados en las desembocaduras de los ríos, áreas que habían recibido grandes aportes de sedimentos por los procesos de deforestación llevados a cabo en los últimos siglos. La reciente construcción de presas, la extracción de áridos de los ríos y la reforestación produjeron una disminución de los aportes y la consiguiente erosión de los deltas cuyos sedimentos fueron transportados a playas lejanas.

En detalle (Fig. 5), la parte norte del delta del Río Arno, que no está protegida por estructuras costeras, registró desde el 1881 hasta la actualidad (estudios llevados a cabo mediante comparación de mapas y fotos aéreas), una erosión de 1.300

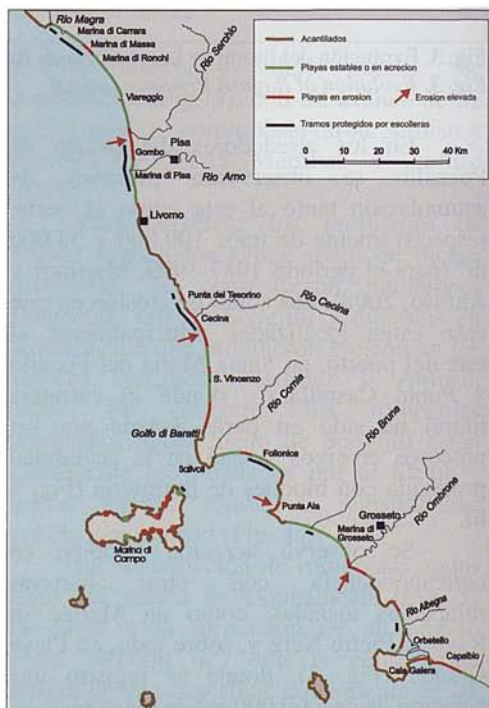


Fig. 5. Evolución del litoral de Toscana.

Fig. 5. Evolution of Tuscany littoral.



Fig. 6. Estructuras de defensa a Marina di Pisa.
Fig. 6. Defence structures at Marina di Pisa.

m, con tasas a veces superiores a los 10 m/año. Un comportamiento parecido se observó en el delta del Río Ombrone que registró, para el mismo intervalo de tiempo, un retroceso de un kilómetro (Pranzini, 1994). No solamente las playas ubicadas en las desembocaduras de los ríos registraron importantes procesos erosivos, también aquellas a sur del río Magra y aquellas cercanas a las desembocaduras de los ríos Cecina y Albegna registraron retrocesos de varios cientos de metros antes de que se construyeran elementos de defensa que se empezaron construyendo en la desembocadura del Río Arno, en la playa de Marina di Pisa, donde en 1900 ya había unos diques a los que se le añadieron escolleras paralelas y perpendiculares a la línea de costa, hasta el punto que hoy en día cada kilómetro de litoral está protegido por 2,3 km de escolleras (Fig. 6).

Cabe destacar que las obras de defensa se realizaron en esos años especialmente para la protección de los núcleos urbanos, en el ámbito de la ley de 1907 antes mencionada. Por otro lado, los tramos no urbanizados no fueron protegidos, constituyendo la playa de Gombo, cerca de Pisa (Fig. 5), una excepción a la regla: a unos cien de metros de la orilla se encontraba una residencia de la Presidencia de la Republica que había que proteger. Así, en los años '60 se construyeron cinco barreras rompeolas que

favorecieron la erosión de la parte norte del delta; en los '80 dichas barreras fueron remodeladas, en concreto se disminuyó la anchura de las aberturas y se sobre elevaron las estructuras, medidas que llevaron a la formación de tombolos y a un aumento de los procesos erosivos aguas abajo (Fig. 7, Bowman y Pranzini, 2003).

Se realizaron también obras de defensa en zonas urbanizadas que registraban tasas de erosión muy bajas, como en el Golfo de Follonica (Fig. 8). Aquí, las estructuras costeras produjeron acreción en las zonas directamente protegidas generando a su vez una erosión general a lo largo del Golfo y procesos erosivos intensos aguas abajo que fueron contrarrestados mediante la construcción de nuevas estructuras.

De acuerdo con Aminti et al. (2002), las cantidades de dinero empleadas para la construcción de las obras llevadas a cabo desde los años '60 hasta la actualidad, hubieran permitido mantener la posición de la línea de costa de los años '50 mediante periódicas obras de regeneración.

Por otro lado, los procesos erosivos afectaron también zonas alejadas de los deltas, esencialmente áreas localizadas aguas abajo de obras antrópicas. Así, en los años '20, el puerto de Carrara (Figs. 5 y 9a) favoreció la acreción de las playas localizadas aguas arriba de las estructuras pero determinó la erosión del litoral de Marina di Massa (Fig. 9b), localizado aguas abajo del puerto.

A partir de los años '30 empezaron a construirse varias obras de defensa que no consiguieron parar del todo los procesos erosivos con el consiguiente abandono de las vías de comunicación costeras. Los diques del puerto de Viareggio tuvieron un efecto parecido en la playa de la misma localidad que ya a partir de los comienzos del '90 constituía un lugar de encuentro para la burguesía italiana.

Los procesos erosivos se contrarrestaron inicialmente en los años '70 mediante la construcción de un sistema de by-pass. Hoy en día la playa está en equilibrio debido a los importantes aportes sedimentarios (que provocan problemas de aterramiento del puerto) procedentes del sur y relacionados con la erosión del delta del Río Arno. También los puertos más pequeños, San Vincenzo, Marina di Grosseto, Salivoli, Cala Galera y Marina di Campo, han provocado importantes procesos erosivos en las zonas cercanas (Fig. 5).

Otro proceso importante relacionado con la construcción de obras de protección, fue el aumento de profundidad en las zonas localizadas en frente de las barreras rompeolas, por ejemplo en Marina di Pisa, donde hoy en día las batimétricas alcanzan profundidades superiores a los 7 metros.

Un fenómeno parecido se observó también en Marina di Carrara y Marina di Massa. En estas localidades, aunque el aumento de profundidad de las áreas en frente de las barreras haya sido menor, debido a la menor altura de las estructuras, se generan fuertes corrientes de retorno en las aberturas entre estructuras.

Dichas corrientes, que constituyen un gran peligro para los bañistas, generan un aumento de la profundidad entre las aberturas (hasta 10 m) y favorecen la dispersión de los sedimentos mar adentro.

Hay también casos de erosión natural, no relacionada con estructuras antrópicas, como en Punta Ala, una playa de tipo log-espiral, donde se registra erosión en la parte meridional y acreción en la parte septentrional. El tramo en erosión está protegido por una barrera natural constituida por una plataforma rocosa que presenta varios canales que albergan importantes corrientes offshore que favorecen el transporte de sedimentos hacia zonas profundas.



Fig. 7. Visión aérea de los rompeolas del Gombo, nótese la forma en log-espiral de la playa en la zona aguas abajo en erosión (Foto: Autorità di Bacino del Fiume Arno).

Fig. 7. Aerial view of the breakwaters at the Gombo, it is possible to notice the log spiral shape of the downdrift, erosion sector (Foto: Autorità di Bacino del Fiume Arno).

Algunos tramos de la playa de Capalbio registran erosión esencialmente debida a la presencia de grandes cúspides arenosas que se desplazan a lo largo del litoral. Cuando los seno de las cúspides se localizan en correspondencia de edificios



Fig. 8. Estructuras de defensa en la playa de Follonica.

Fig. 8. Defense structures at Follonica beach.

antrópicos los procesos erosivos pueden llevar al derrumbamiento de las estructuras. En cuanto a las competencias en la gestión de la erosión costera, la Región Toscana en 1998 transfirió sus funciones a las Provincias, promovió estudios con el objetivo de buscar sedimentos en la plataforma continental y paralelamente se otorgó la tarea de coordinar las diversas intervenciones a nivel regional, destinando en 2002 a dichas actividades un total de 107 millones de euros. Así la Región Toscana se convirtió en un laboratorio abierto a las más novedosas técnicas de protección costera, particularmente a las obras de regeneración. Las primeras obras se llevaron a cabo en los años '90 en las playas a ambos lados de la desembocadura del Río Cecina, donde también se construyeron pequeños diques semisumergidos y normales a la línea de costa.

En zonas más críticas, como Punta del Tesorino, en la provincia de Livorno, los procesos erosivos fueron contrarrestados mediante la creación de playas artificiales de gravas con pequeños diques emergidos y largos diques sumergidos.

Sedimentos todavía más gruesos se emplearon en frente de una obra de defensa, donde acabaron formando una playa utilizada por los bañistas (Cammelli *et al.*, 2006).

Medidas parecidas se utilizaron también en el centro urbano de Marina di Pisa, en la actualidad protegido por numerosísimas estructuras antrópicas. En este caso el proyecto prevé rebajar las diez barreras rompeolas existentes: dos han sido ya rebajadas hasta el nivel del mar y la playa a sus espaldas se ha regenerado con gravas gruesas (Fig. 10). Estas medidas disminuyen los procesos de reflexión del oleaje y el transporte de los sedimentos hacía fuera, y conllevan una mejora en el uso de la playa y en la calidad del agua.

Se realizaron también intervenciones novedosas en Marina di Ronchi (Aminti *et al.*, 2004), donde los procesos erosivos que desde los años '80 producían un retroceso de 4 m/año, fueron moderados mediante la realización de diques sumergidos.

Esta tipología de intervención se pretende adoptar en el Golfo di Follonica y en el litoral al sur del puerto de Carrara, en la actualidad protegido por diques normales a la orilla: las escolleras se van a rebajar por debajo del nivel medio del mar y se pretende además ampliar la berma para permitir la completa rotura del oleaje.

Finalmente, hay que señalar que en Marina di Carrara se llevó a cabo una regeneración (no acompañada por la construcción de obras rígidas), con sedimentos provenientes de canteras cercanas al lecho del Río Pó.

Los estudios de los últimos años han puesto de manifiesto como, en algunos casos, la erosión está favorecida por los flujos offshore que se generan por el piling-up formado detrás de los afloramientos de la plataforma rocosa.

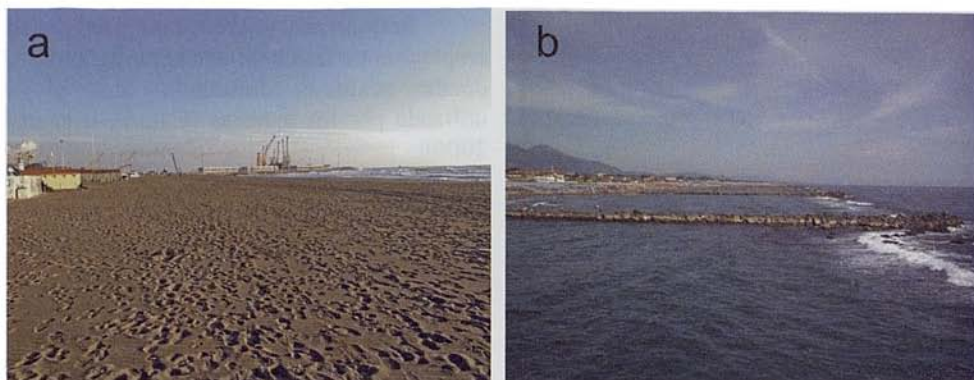


Fig. 9. Acreción aguas arriba del puerto de Marina di Carrara (b) y erosión aguas abajo en Marina di Massa (b).

Fig. 9. *Accretion updrift of Marina di Carrara harbour (a) and erosion downdrift at Marina di Massa (b).*

En los golfos de Baratti y de Follonica la erosión será contrarrestada cerrando completamente los canales hacia el mar de la plataforma rocosa o levantando el umbral de fondo de los canales.

El drenaje de las playas, que consiste en rebajar el nivel freático para favorecer la infiltración del flujo y de esta forma la deposición de los sedimentos transportados, y el empleo de geotextil, han constituido los aspectos más innovadores en el litoral de Toscana. Hay también que destacar un proyecto novedoso que se quiere realizar en la

playa del Ombrone, donde se observa un retroceso de 10 m/año y problemas de infiltración de las aguas marinas en las faldas superficiales del parque natural de la Maremma.

El proyecto prevé la realización de setos sumergidos que se alargarán hacia mar (con una pequeña extensión) y hacia tierra, donde se enterrarán por una longitud de 300 m. Dichas estructuras entrarán en funcionamiento a la vez que el mar producirá la erosión progresiva del litoral. Además, al final de las estructuras, se construirá un dique enterrado paralelo a la línea de costa. Antes que el dique sea alcanzado por los procesos marinos (unos 30 años aproximadamente), se supone que el plan de actuación de la cuenca hidrográfica del río Ombrone habrá empezado a funcionar y a favorecer el aporte de sedimentos al delta. Todas estas actuaciones pretenden no dañar, desde un punto de vista paisajístico, una zona natural de gran interés ambiental y no detener los aportes de sedimentos erosionados a las zonas localizadas aguas abajo. Es además necesario destacar que estas actuaciones se realizarán basándose en los resultados de un detallado seguimiento morfológico y sedimentológico de las zonas emergidas y sumergidas. Los resultados permitirán



Fig. 10. Playa de gravas en la parte sur de Marina di Pisa donde se ha rebajado el rompeolas externo.

Fig. 10. *Gravel beach at the southern part of Marina di Pisa where the external breakwater was lowered.*

ajustar sobre la marcha las labores de regeneración a las exigencias que vayan surgiendo: estamos muy lejos de las actuaciones de los años '80 que se realizaban sin estudios previos.

Consideraciones finales

En general, cabe destacar un cambio en la política de gestión de la erosión costera en Italia: se está abandonando el uso de estructuras rígidas favoreciendo las obras de regeneración. Así, en los últimos años, varios sectores del centro-norte de la costa italiana han sido objeto de importantes intervenciones de regeneración artificial con arena procedente de la plataforma continental.

Gracias a estas intervenciones se produjo un aumento considerable en la anchura de las playas regeneradas y la reducción y remodelación de las obras de defensa preexistentes, especialmente en los litorales de Veneto, Emilia Romagna y Lazio, donde se vertieron un total de 20 millones de metros cúbicos de sedimentos en el último decenio.

Cabe destacar también como las obras de regeneración son cada vez más objeto de seguimiento mediante realización de perfiles topográficos y batimétricos, la toma de testigos sedimentarios, y el estudio del efecto sobre las biocenosis, práctica que se lleva también a cabo en las zonas de canteras en la plataforma.

Finalmente, a pesar de un futuro escenario de subida del nivel del mar y de intensificación de las tormentas y huracanes, con la consecuente erosión generalizada del litoral, todavía en Italia no se ha desarrollado una política de abandono de las zonas que sufren grandes procesos erosivos, práctica que habría que adoptar especialmente cuando dichas zonas constituyen una fuente de sedimentos para las áreas cercanas o cuando las obras de

protección tienen un coste superior a las actividades o estructuras que se pretenden proteger.

En estos casos las soluciones más apropiadas desde un punto de vista económico y ambiental son el cambio de uso del suelo, por ejemplo zonas de cultivo se pueden transformar en piscifactorías o salinas, o el traslado hacia tierra de las estructuras humanas, por ejemplo la reubicación de una carretera litoral.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al grupo PAI (Región Andalucía) RNM-328.

Bibliografía

- Aminti, P., Cipriani, L.E. y Pranzini, E. 2002. Beach erosion control along the Golfo di Follonica (Southern Tuscany): actual hard protections vs. potential soft solutions. *Littoral 2002, 6th Int. Symp.*, Oporto, Portugal. pp.355-363.
- Aminti, P., Cammelli, C., Cappietti, L., Jackson, N.L., Nordstrom, K.F. y Pranzini E. 2004. Evaluation of Beach Response to Submerged Groin Construction at Marina di Ronchi, Italy, Using Field Data and a Numerical Simulation Model. *Journal of Coastal Research*, Vol. 33, 99-120.
- Anfuso G. y Martínez, J.A. 2005. Towards management of coastal erosion problems and human structure impacts using GIS tools: case study in Ragusa Province, Southern Sicily, Italy. *Environmental Geology*, 48: 646-659.
- Bowman, D. y Pranzini, E. 2003. Reversed response within a segmented detached breakwater - the Gombo case, Tuscany coast, Italy. *Coastal Engineering*, 49: 263-274.
- Cammelli, C., Jackson, N.L., Nordstrom, K.F. y Pranzini E. 2006. Assessment of a gravel-nourishment project fronting a seawall at Marina di Pisa, Italy. *Journal of Coastal Research*, S.I. 39: 770-775.

- Martínez, J.A y Anfuso G. 2008. Spatial approach to medium-term coastal evolution in South Sicily (Italy): implications for coastal erosion management. *Journal of Coastal Research*, 24 (1): 33-42.
- Pranzini E. 1994. The erosion of the Ombrone River delta. EUROCOAST, Lisboa, Septiembre 1994. pp. 133-147.
- Pranzini, E. 2001. Updrift river mouth migration on cusped deltas: two examples from the coast of Tuscany (Italy). *Geomorphology*, 1-2: 125-132.
- Pranzini, E. 2006. Lo stato dei litorali italiani. *Studi Costieri*, Vol. 10. Cervantes y Espejel.