

# INGENIERÍA EN LA TRANSFORMACIÓN Y PROTECCIÓN DE LAS COSTAS ESPAÑOLAS

ENGINEERING IN THE TRANSFORMATION AND PROTECTION OF THE SPANISH COASTLINE

J. JAVIER DíEZ GONZÁLEZ. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 Catedrático de Puertos y Costas y de Oceanografía e Ingeniería de Costas.  
 E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. U.P.M.  
 Vocal de la Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. [jdiez@caminos.upm.es](mailto:jdiez@caminos.upm.es)

**RESUMEN:** La Ingeniería de Costas evolucionó en el siglo XX como seguramente ninguna otra. No solamente afectando a la tipología de las obras costeras sino a sus funciones y métodos de diseño. Incluso afectó a los usos del territorio produciendo la mayor transformación del paisaje costero que se podría imaginar. Y pudiera mostrarse que esta revolución tiene en España su expresión más patente. El vuelco en la ocupación selectiva de sus espacios peninsular e insulares hacia las franjas costeras, su posición puntera en la innovación de métodos de diseño y su tradición renovada en la preservación de las Costas se destacan en este artículo.

**PALABRAS CLAVE:** PLAYAS, ALIMENTACION VS., OBRAS RIGIDAS, RED EXTERIOR DE OLEAJE, CLASIFICACION GENÉTICA, MÉTODO MULTIVARIADO, LEY DE COSTAS

**ABSTRACT:** Coastal engineering developed over the 20th century perhaps more than any other branch of engineering. This did not just affect the type of coastal structures and their design methods, but also affected the use of territory and led to the greatest transformation of the shoreline imaginable. This transformation of the coastline is never more evident than in Spain where there has been a selective and massive occupation of the coastline in peninsula and island areas. The article highlights the innovation seen in Spanish design methods and the renewed tradition of coastline preservation.

**KEYWORDS:** BEACHES, RIGID STRUCTURES, OUTER WAVE ACTION, GENETIC CLASSIFICATION, MULTI-VARIED METHOD, SPANISH COASTAL LAW

## 1. INTRODUCCIÓN

La costa resulta ser una auténtica infraestructura natural para ciertas actividades humanas y, particularmente, para el trasbordo entre la tierra firme y los mares, pero también constituye un complejo sistema de recursos para el hombre y los ecosistemas que disfruta y explota. Como infraestructura y como recurso la interfase costero-litoral ha requerido o sufrido las acciones que los hombres, con su técnica y en diferentes grados de acierto o error, han venido a desarrollar con vistas a la ocupación residencial o industrial o a la explotación agropecuaria o comercial. De lo que se ha seguido una transformación, a veces substancial, de su territorio.

Si puede hablarse de una ingeniería de costas previa al desarrollo de la ciencia bien puede decirse que en las costas españolas hay restos de ella desde tiempos bastante antiguos. El dique de Bares, para producir abrigo artificial en la ría del Barqueiro para la logística del transporte del mineral de estaño desde las Casiterites, tiene acreditada construcción romana y se podría presumir que incluso un substrato fenicio; y no es caso único ni mucho menos en nuestro litoral, bien necesitado de "puertos" (abrigo; *haven/harbour*) artificiales a falta de las adecuadas indentaciones y desembocaduras que permiten los "puertos" (puertas; *port*) naturales de otras costas. Muchos de los en un tiempo utilizables o se colmataron (Hemeroscopos, Emporion) o devinieron esca-

En una franja costera de cinco kilómetros de profundidad, el 7% de nuestro territorio, todavía habitaba a principios del siglo XX un 12% de nuestra población, mientras que hoy habita el 35%, (y en verano el 82%)

so hasta requerir más tarde esa obra artificial con la que el "ingeniero" imitó a la naturaleza con crecientes dificultad, técnica y arte.

## **2. LA OCUPACIÓN DE LAS COSTAS ESPAÑOLAS**

Mientras las condiciones de los ríos y las costas españolas imponen que las instalaciones portuarias significativas no puedan sino desarrollarse en el borde costero merced a la construcción de obras de abrigo, las áreas litorales han soportado actividad económica relevante hasta época reciente. Como casi todas las costas en las mismas latitudes las condiciones de insalubridad y de vulnerabilidad han limitado los asentamientos en ellas durante siglos a zonas locales de naturaleza más o menos estructural o drenada y localización alejada de la línea de costa o de accesibilidad restringida y susceptible de protección. La salubridad no mejora sustancialmente hasta el final del siglo XIX y la vulnerabilidad se ha demorado aún más. En la Península Ibérica, particularmente, las mesetas y aldeaños se han visto por ello favorecidas en la distribución poblacional hasta avanzado el siglo XIX.

En una franja costera de cinco kilómetros de profundidad, el 7% de nuestro territorio, todavía habitaba a principios del siglo XX un 12% de nuestra población, mientras que hoy habita el 35%, (y en verano el 82%). Pero aún es más notoria la inversión si se comparan las áreas respectivamente cismontana y trasmontana de la península: en los siglos XVI-XVIII, las 7/8 de la población radicaba en el "interior" y sólo la octava parte restante se asentaba en las "provincias" litorales. La característica fundamental del proceso iniciado a finales del siglo XIX, aunque de manera acelerada en las últimas décadas, es la ocupación del espacio litoral.

Crece las instalaciones portuarias tradicionales. Se extienden las actividades agropecuarias ocupando humedales y marismas y muchas industrias se implantan en áreas cercanas a los puertos. Se asientan en el borde costero otras infraestructuras y servicios. Aparecen los nuevos "puertos", primero los destinados a la pesca y más tarde también los dirigidos a las prácticas náuticas deportivas y de recreo. El turismo tiene en el litoral su principal destino. Y así, a través de una mayor valoración, se va configurando una ocupación creciente de un espacio que, extremadamente sensible a los desequilibrios, responde con dinámica propia a la transformación del paisaje. Y es principalmente al turismo al que esta ocupación debe dos características significativas: la selección geográfica y la concentración masiva; la primera hizo que el proceso se manifestase en forma aguda, inicialmente en sólo algunas zonas para irse propa-

gando y difundiendo, y la segunda, que adoleciese de la falta de ordenación previa y desencadenase secuencias manifiestamente indeseables, de las cuales no es la menor la pérdida o puesta en riesgo de aquellos recursos costeros que, precisamente, habían generado el proceso de ocupación.

En consecuencia se ponen en evidencia con el proceso dos formas de la escasez: por un lado la de los recursos naturales de demanda turística (playas, áreas recreativas) que, efectivamente, no se encuentran en todos los puntos de la costa, o no en la magnitud de la demanda, y por otro la generada por la reducción o pérdida de los recursos preexistentes (la erosión de las playas, por ejemplo, pero también la pérdida de calidad de las aguas).

Este proceso de ocupación limita además el uso principal de la costa como recurso infraestructural al competir con el de la extensión del sistema portuario y crecimiento de cada puerto. En el segundo cuarto del siglo XX y los años siguientes, con un crecimiento muy limitado por las dificultades terrestres del transporte, la ocupación se había reducido a los nuevos puertos pesqueros o a sus ampliaciones, entonces sin competidor, pero a partir de la segunda mitad la ocupación turística se hace dominante, el urbanismo residencial reclama su entorno costero y los puertos comerciales requieren expansiones cada vez más incompatibles con él. Todo lo cual genera una triple vía de desarrollo de la ingeniería: el turismo exige defender los recursos costeros deteriorados e implantar otros nuevos, las ciudades demandan la mejora de su fachada litoral y los puertos obligan a extender hacia el mar sus obras de abrigo o de encauzamiento y a buscar, más tarde, superficies en tierra alejadas de la congestión costera. En otro trabajo de este número, el prof. Esteban explica el sentido de estas expansiones hacia el interior y de la génesis de los "Puertos Secos". Se analizan ahora las otras dos vías del desarrollo.

## **3. LA CONQUISTA DEL MAR ABIERTO**

Aunque el escaso desarrollo español demoró la aparición de una ingeniería de la plataforma costera, la necesidad de calado de los puertos los expuso más al mar abierto y sus acciones y, así, la ingeniería de costas española estuvo en primera línea durante la primera mitad del siglo XX con el desarrollo de *formulaciones deterministas* para el cálculo de las obras costeras entonces más emblemáticas, las del abrigo portuario, merced a las importantes aportaciones de los profesores CASTRO e IRIBARREN; pero también con aportaciones al conocimiento de los procesos morfodinámicos costeros co-



Fig. 1.  
Puerto Rico  
(Las Palmas).

mo la significativa conceptualización por IRIBARREN de las "corrientes" por *gradiente de sobre elevación* del oleaje (antes de la rotura ( $Q_g$ )), merced a sus estudios sobre los perfiles de playa y sobre los encauzamientos de los accesos a los puertos cantábricos. Como subproducto estos encauzamientos incrementaban, o generaban "ex novo", las playas adyacentes, como la de Hondarribia.

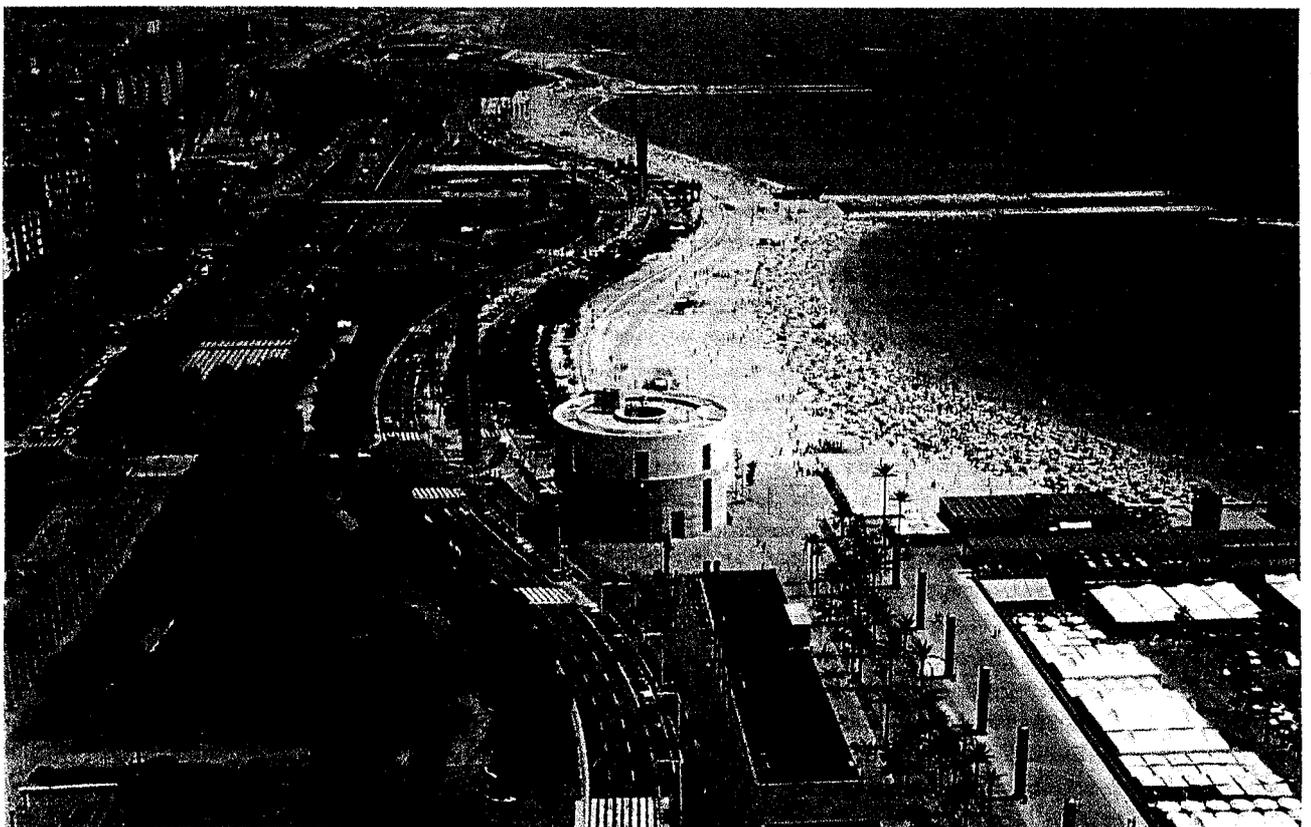
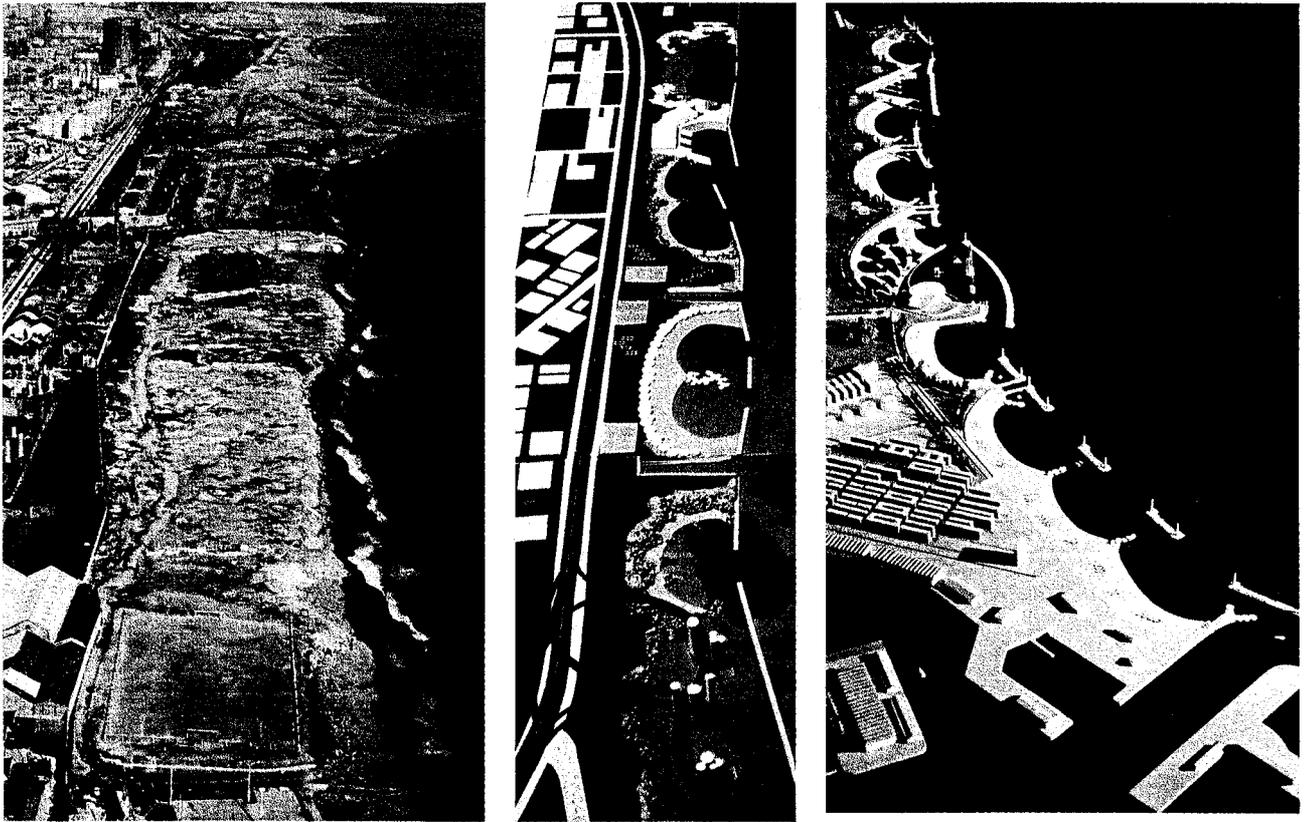
Pero en la segunda mitad del siglo se fueron introduciendo los métodos probabilísticos y el análisis estocástico en la determinación de las variables de diseño, lo que en España fue liderado, con aportaciones significativas en el análisis de los fenómenos y en las metodologías de cálculo (Método Integrado y análisis del efecto de configuración del Fetch), por el profesor SUÁREZ BORES, y culminado con el proyecto (1968) de la Red Exterior Española de Registro del Oleaje, aprobada por el MOP inmediatamente e instalada ya en su totalidad y que viene dando frutos desde hace bastantes años. Este cambio fundamental en la metodología hizo explosión a través de los cauces académicos y del Laboratorio y sin duda condujo a un proceso sucesivamente desarrollado por la Dirección General de Puertos y Costas y por el Ente Público Puertos del Estado para la tecnificación generalizada de proyectos marítimos a través de sus recomendaciones (ROM). Pero sin apenas solución de continuidad este mismo profesor inició los métodos multivariados de diseño a partir, precisamente, del fallo en 1976 del dique de Punta Lucero, que menciona Vicente Esteban en su artículo, en lo que se refiere a "obras deformables", y del proyecto de atraque sobre pilotes "off

shore" en lo que se refiere a "obras rígidas". A partir del estudio de Punta Lucero, el profesor S. Bores destaca la significación de las "segundas" variables, empezando por el número de olas (N, indicador de la duración del temporal de cálculo) y el Período del oleaje. Su *Método Sistemático Multivariado* (1977) ha trascendido a éste y a otros campos de la ingeniería desde entonces y, quizás, constituye factor esencial en su distinción reciente con el Premio Nacional de Ingeniería.

#### 4. LA TRANSFORMACIÓN DE LA COSTA

La demanda de nuevos recursos en la costa se produce por el tirón del turismo, y lógicamente donde escasean los recreativos en térmicos relativos. Es así como se deben entender los proyectos conducentes a generar áreas de baño cómodas y seguras en, por ejemplo, algunas fachadas de la isla de Tenerife donde las playas encuentran con dificultad el encaje de su perfil. En estas circunstancias en el Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife surge la idea de una "playa artificial", encargando el proyecto a los ingenieros Sres. Pintor y Alonso, quienes proyectan la obra como un área, con el fondo del lado de tierra cubierta de arena, encajada entre dos espigones laterales y frontalmente protegida de la acción del mar mediante un dique irrebalsable. Tras el estudio del Proyecto como Consejero de Obras Públicas en el área de Puertos, IRIBARREN propuso la rebaja

Fig. 2. Fachada litoral de Levante de Barcelona.



de la cota de coronación del dique exento hasta la de media marea, —lo que permitía a dichos fondos configurar un perfil de playa conforme al perfil de equilibrio determinado por S. BORES—. Así es como se puede considerar generada la primera playa artificial singular, con sendos apoyos en sus extremos y un abrigo-contención frontal en toda su longitud. (Ver portada del nº 3.406 de esta revista).

Pero el salto conceptualmente importante a la hora de diseñar una playa artificial en el más estricto sentido no está en su obtención o incremento como subproducto (Hondarribia, Foz o tantas otras en la mitad central del siglo), ni en el acertar como en Teresitas, sino en predeterminar la forma de la playa con precisión como fue el caso de Puerto Rico (S. BORES, 1968), donde se definieron conceptual y prácticamente los elementos de abrigo y de apoyo como independientes en su función sobre la forma en planta (ver figura 1), y el elemento de contención en su función sobre el perfil transversal. En esta playa introduce su ecuación fundamental del equilibrio de playas ( $Q_s + Q_a = 0$ ; donde  $Q_s$  se refiere ya a la ola rota). El apoyo izquierdo, actuando de encauzamiento de la rambla y de vínculo a tierra para el abrigo del mismo lado, diverge ligeramente del apoyo puro y permite insinuar la forma de la playa abrigada junto al contorno. Pero el apoyo derecho encaja estrictamente la playa en ese lado; consecuentemente permite el establecimiento de un embarcadero entre él y el dique de abrigo, sin problemas ni de agitación ni de enarenamiento por basculamiento de la playa. El éxito del conjunto indujo más tarde la ampliación del puerto recreativo a la izquierda del encauzamiento al completar éste.

Las condiciones de equilibrio en Puerto Rico y otras experiencias permitieron en los primeros años setenta la *Clasificación y Formulación Genética de formas costeras* (S. Bores, 1975), en mi opinión el mejor y más sencillo modelo conceptual para los estudios morfodinámicos en el litoral y su aplicación a la Ingeniería de Costas. La comprobación en Puerto Rico de su capacidad de diagnóstico y predictiva está en la base, según el propio autor, de su estudio y su "proyecto de las playas de levante de Barcelona" para la fachada norte de la ciudad, que se ha desarrollado a lo largo de los ochenta y primeros noventa, si bien sólo parcialmente del lado marítimo; esto ha originado problemas de estabilidad que se pretenden ahora resolver completando el proyecto original. La importancia de este proyecto es en mi opinión enorme: por lo que supone de paradigma en la ordenación de un territorio costero completo, trascendiendo acciones puntuales y concretas. Su exposición excede este artículo pero debe recordarse que resuelve aspiraciones muy antiguas de políticos, urbanistas e ingenieros barceloneses al permitir el tratamiento para toda la costa al norte del puerto hasta el Besós, como la solución a los problemas de la zona de la residual laguna de la Icaria. En la figura 2 (S. Bores, 1999) se puede ver el estado original de la franja costera, el estudio y proyecto citados y el estado "actual" (1997).

La clasificación genética ha permitido también análisis y diagnósticos precisos en ámbitos de morfología compleja como resultan ser las desembocaduras, especialmente si están sometidas a la marea, de modo que puedan abordarse sus problemas de estabilidad sin riesgos de impactos sobre la conservación de las playas de su



Fig. 3. Recuperación de la ría de Foz y de su playa barrera, Barreiros.

entorno, o las regeneraciones de éstas sin interferir en la estabilidad y funcionalidad del canal. En la figura 3 se ofrece el resultado inmediato de un trasvase de recuperación tanto de la ría (Foz) como de su playa barrera (Barreiros) previamente erosionada.

## 5. LA RECUPERACIÓN DE LA COSTA

Pero no menos importantes que las acciones de generación de nuevas playas han resultado ser las de regeneración de playas erosionadas o degradadas. A pesar de la escasez de medios aplicados a la protección y recuperación costera hasta muy entrado el último cuarto de siglo, el mejor conocimiento de los procesos indujo una fuerte sensibilización hacia la conservación del medio litoral y sus recursos, cuyo epítome puede considerarse la Ley de Costas de

El mejor conocimiento de los procesos indujo una fuerte sensibilización hacia la conservación del medio litoral y sus recursos, cuyo epítome puede considerarse la Ley de Costas de 1988, y bajo cuyo espíritu han sido ingentes los esfuerzos en la defensa y protección de playas, dunas y humedales, y en la mejora de su accesibilidad y de la calidad de sus aguas

1988, y bajo cuyo espíritu han sido ingentes los esfuerzos en la defensa y protección de playas, dunas y humedales, y en la mejora de su accesibilidad y de la calidad de sus aguas. No se van a enumerar acciones de depuración y vertido de aguas, de las que hay aún fuerte déficit en nuestro litoral, ni de referir paseos u otras áreas recreativas litorales, ni los puertos de recreo y deportivos que trata el prof. Esteban en su artículo. Mas sí de referir algunos ejemplos paradigmáticos de la defensa y regeneración costera.



Fig. 4. Regeneración del Maresme.

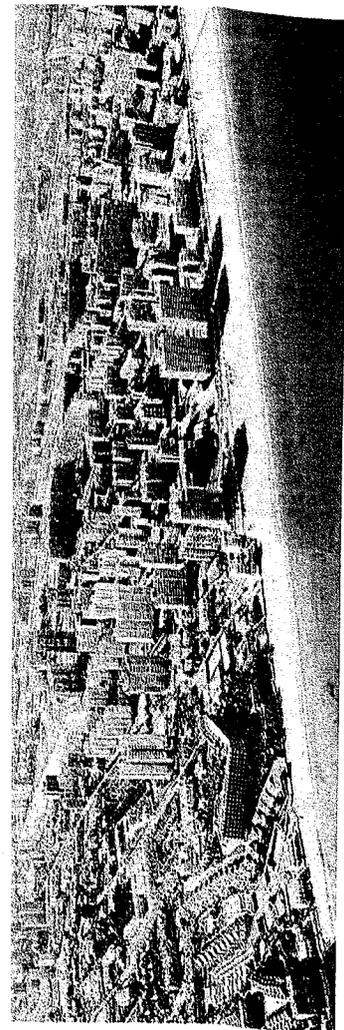
La ocupación urbana y los nuevos puertos de recreo, incluso más allá pero en sinergia con los impactos derivados de las ampliaciones de los puertos comerciales, por otra parte inevitables si se requiere mantener su función económica y sobre los que las actuaciones correctoras se vienen cuidando ya desde antes de la Ley, habían conducido a una cierta regresión en playas y tramos enteros de costa con resultados a veces dramáticos. La situación alcanzó además a playas emblemáticas (Benidorm, Gijón, La Coruña, San Juan, y tantas), y a comarcas o provincias enteras (Maresme, Ovalo Valenciano, Costa del Sol). Las actuaciones de regeneración pronto se inclinaron hacia la alimentación artificial de arenas, prescindiendo de obras de rigidización hasta el exceso en ocasiones. No es el caso de la recuperación de la playa en Zurriola, por ejemplo, donde la evidente ocupación playera de fondos marinos condujo desde el primer momento a un espigón de apoyo y abrigo en su margen izquierda, que encauza además la embocadura marina del Urumea.

Pero sí han sido los casos de la Costa del Maresme, la bahía de San Juan-Muchavista y la playa de Orzán-Riazor entre otros muchos, donde se evitaban las actuaciones rígidas, entre nosotros llamados peyorativamente duras. En esta última actuación la persistencia de las arenas parece haber resultado suficiente, toda vez que estaba ya profundamente encajada y su desaparición se había debido, sobre todo, a la ocupación urbana y al paseo marítimo vertical, pero en las otras dos, aunque en diferente grado, ha requerido o requerirá mantenimiento, esto es, realimentaciones sucesivas. Esto plantea un conflicto ambiental y, concretamente, la cuestión de la sostenibilidad, puesto que las arenas constituyen también material escaso y los daños ambientales de su extracción no necesariamente son menores que los del vertido de escolleras. Al final se trata pues de un problema de optimización de recursos en el que deben dejarse a un lado todos los axiomas.

La regeneración del Maresme (figura 4) se acometió durante 1986 con un proyecto de aportación de más de 2 millones de m<sup>3</sup> de arenas en 5,3 kilómetros de playa, entre Premiá de Mar y Montgat, y otro de más de un millón de m<sup>3</sup> en un tramo de 2,2 kilómetros en Malgrat. Las arenas, se traían de los fondos marinos adyacentes a profundidades adecuadas mediante dragados de succión. Se ejecutaron complementariamente un buen número de pasos inferiores bajo ferrocarril y carretera para recuperar también los accesos a las playas. En esencia, los arenales habían sido rechazados por una ocupación agobiante de la costa (urbanística y portuaria), y el encaje del nuevo perfil tiene dificultades si no se atenúa la dinámica litoral sobre la playa o se vertebraba ésta mediante apoyos y contenciones.



Fig. 5.  
Regeneración  
y evolución de  
las playas de  
Muchavista y  
San Juan  
(Alicante).



La erosión de San Juan y Muchavista (figura 5) fue desencadenada por la interrupción urbanística de la circulación dunar de norte a sur, de modo que se eliminó la realimentación desde tierra por el norte (junto al río Seco de Campello); estos arenales procedían de los litorales depositados al apoyo del cabo Huertas. La erosión se inició por ello en el extremo norte, Muchavista, y se propagó hacia el sur. También aquí, al estar ya impedida la circulación eólica restauradora, la atenuación de la dinámica litoral puede conducir a mayor permanencia de la regeneración.

## 6. LEY DE COSTAS

La Ley de Costas promulgada en 1988 es hoy referencia obligada. Y constituye hito internacional en los modos de gestión en el litoral. Responde a las demandas que se han ido generando en esa interfase transformada de mar y playas, por una parte, y a la necesidad de mayores protecciones medioambiental y del carácter de dominio público, por otra.

Como muy bien recoge la exposición de motivos de dicha Ley (MOPU, 1989), "la insuficiencia de la legislación (entonces) vigente para la consecución de sus objetivos es tan notoria que resulta superfluo insistir sobre ella. La Ley de Costas de 26 de abril de 1969 se redujo a un esfuerzo codificador de carácter competencial, de asignación de las atribuciones de los diversos Departamentos y Entidades llamados a actuar sobre el dominio público marítimo. La Ley de Protección de Costas Españolas de 1980 sólo vino a llenar, y de forma no plenamente satisfactoria, una de las importantes lagunas de la anterior, al tipificar las infracciones en esta materia y determinar las correspondientes sanciones, así como el procedimiento para

su imposición. Pero es obvio que ni la perspectiva competencial ni la sancionadora son, por sí solas, el punto de partida adecuado para una regulación completa de los bienes de dominio público en cuestión...

Y, así, son fallos graves de la vigente legislación, puestos de relieve por los expertos y tratadistas del tema, la escasa definición de zona marítimo-terrestre y de playa, que no llega a cubrir la realidad natural; la prevalencia de la posesión particular amparada por el Registro de la Propiedad, con reivindicación a cargo del Estado, y la adquisición privada del dominio público; las servidumbres obsoletas e insuficientes; la ausencia total de medidas de protección en el territorio colindante; la usurpación veintenal como título legitimador del uso; la actitud meramente pasiva de la Administración en el otorgamiento de títulos de ocupación o uso; el tratamiento indiferenciado de autorizaciones y concesiones, y la generalización de éstas, con lo que ello supone de ampliación de los derechos de sus titulares sobre el dominio público; la falta de garantías eficaces para la conservación del medio por parte de los mismos, y el levantamiento de las ocupaciones a costa del Estado; la ausencia de determinaciones y normas conservacionistas del paisaje y del medio; la lentitud del procedimiento sancionador, e incluso la obsolescencia de algunas competencias por la nueva organización del Estado".

Aunque con problemas fundamentalmente derivados de la dificultad de adecuar el concepto de deslinde a una interfase sin solución de continuidad y, sobre todo, a las reclamaciones de Comunidades Autónomas que el Tribunal Constitucional respaldó, esta Ley está siendo instrumento clave y de referencia esencial en la protección del medio costero-litoral. Y creo que merecemos como Ingenieros de Costas el orgullo y la principal responsabilidad de su vigencia. ■

## REFERENCIAS

- CEDEX-CEHOPU.- *Iribarren, Ingeniería y mar*. Pp. 190-195.- Madrid 2000
- DÍEZ, J. J. *Las Costas. Guía física de España*. Alianza Editorial LB 1806. 715p. 1996
- DÍEZ, J. J. *Los puertos de las rías Cantábricas*. (CEDEX-CEHOPU: Iribarren, Ingeniería y Mar, Pp. 41-49) 2000
- MOPU: *Ley de Costas* p.77. Madrid 1989.
- S. BORES, P.- *La ingeniería de Costas en España en el siglo XX. Innovaciones y desarrollo* O. P. nº 49. Fotografías Pp. 36 y 38. Barcelona 1999
- S. BORES, P., 1978. *Shore Classification - Simple forms with prevailing wind wave action*. Procc. III Intern. Congress IAEG. Sec. Vol. 2 Pp150-169. Madrid.