

Sobre la progresiva ruina de nuestras costas arenosas^(*)

Por ENRIQUE COPEIRO

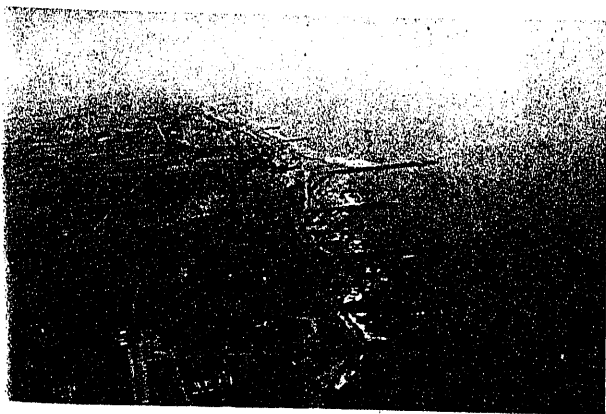
Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P.

El borde costero del litoral español peninsular, y sobre todo el litoral Mediterráneo, está sufriendo un proceso de deterioro grave y acelerado.

La gran envergadura de este proceso es realmente reciente: Hace muy pocos decenios nuestras costas del Mare Nostrum constituían un conjunto de marcada belleza natural donde tanto las calas abrigadas como las largas playas abiertas se mantenían, en su gran mayoría, en un estado de salud que hoy nos parecería envidiable, sólo muy esporádicamente roto por fenómenos erosivos intensos a corto plazo. Nos encontramos en la actualidad con que ese tipo de fenómenos se ha multiplicado enormemente, tanto en número como en intensidad.

Un observador que recorra hoy el litoral encuentra kilómetros y kilómetros de playas cubiertas de espigones y otras obras de defensa costera que siguen extendiéndose con rapidez; en largos tramos no intervenidos aún, es evidente un proceso de rápida erosión que hace presumir serán también objeto de este tipo de obras en un futuro próximo. ¿Podemos pensar que una gran parte de nuestras playas abiertas en el Mediterráneo, se encontrará totalmente «edificada» por grandes cadenas de espigones en un plazo cercano? La contestación es afirmativa, si se mantienen los criterios básicos de actuación que han venido adoptándose hasta hoy.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 30 de junio de 1980.



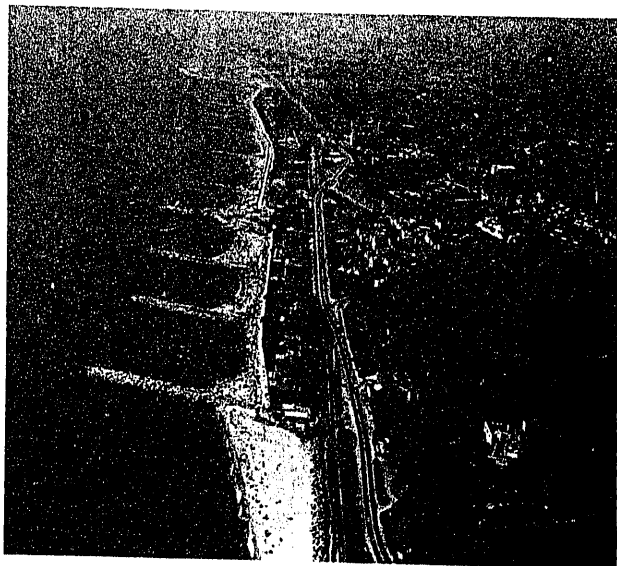
Espigones en la costa valenciana.

¿Es esta la única, o la mejor solución al problema erosivo global existente? Esta vez la respuesta a ambas cuestiones es llanamente negativa.

Dado que nuestro interés en la franja litoral data de fechas relativamente recientes, podría abrigarse la sospecha de que quizá los problemas que sufren hoy nuestras costas son en realidad ya antiguos, pero sólo ahora se les presta atención porque sólo desde hace poco el borde entero costero ha cobrado valor. En realidad ocurre justo la recíproco: Sólo desde que la costa ha experimentado un espectacular aumento de valor se ha intervenido tanto en ella con todo tipo de obras, y muchas de estas, cuyos efectos secundarios no han sido adecuadamente previstos y compensados, han desencadenado una avalancha de fenómenos erosivos que siguen propagándose a lo largo de las playas abiertas. A estas actuaciones deletéreas hay que añadir ciertos efectos inducidos por el aprovechamiento exhaustivo de los cauces fluviales, cuyos aportes sedimentarios a la costa han sido drásticamente reducidos en términos globales.

Este artículo pretende ser una llamada de atención, inevitablemente urgente, sobre esta situación en función de las siguientes consideraciones básicas:

1. El grueso de la problemática existente es conceptualmente muy simple.



Espigones en la costa barcelonesa.

2. El enfoque global con que se ha venido enfrentando esta problemática es radicalmente inadecuado.

3. Existe un tratamiento adecuado para el problema, tratamiento que ha venido siendo profusamente preconizado por los especialistas punteros en Ingeniería de Costas durante el último cuarto de siglo, y que constituye la consecuencia lógica a que se llega cuando el tema planteado se aborda en su verdadera extensión.

4. Cuanto más tardemos en decidimos a enfrentar la problemática de nuestras playas en sus dimensiones reales, más difícil y costoso será ponerle remedio adecuado. En algunos sectores costeros, la situación creada por la proliferación de obras de defensa inadecuadas se acerca rápidamente (o ha llegado ya) a la irreversibilidad práctica salvo costos enormes.

Durante la historia reciente, y a escala mundial, la actividad humana ha sobrepasado ampliamente a los procesos geológicos naturales en cuanto a la rapidez de modificación impuesta a los depósitos sedimentarios del borde litoral. Esto es particularmente cierto en el caso de España, donde el peso fundamental del estado actual de deterioro de muchas playas es atribuible directamente a los tipos de actuaciones siguientes:

1. Bloqueo de los circuitos sedimentarios en la zona litoral.

2. Bloqueo de los circuitos sedimentarios en la zona continental tributaria del litoral.

1. BLOQUEO DE LOS CIRCUITOS SEDIMENTARIOS EN LA ZONA LITORAL

1.1. El problema acumulación-erosión.

Es sobradamente conocido que la arena que forma parte del borde costero no permanece inmóvil, sino que circula, movida por el oleaje (fundamentalmente) y corrientes, a lo largo y ancho del litoral. La estabilidad de las playas no significa inmovilidad: Las partículas de arena que forman esas playas se trasladan y son sustituidas por otras, en un equilibrio dinámico, dentro de circuitos sedimentarios en los que alternan fuentes y sumideros de material con efectividades variables. La forma en planta de cada tramo de estas playas estables es precisamente aquella cuya alineación respecto al oleaje que las aborda es tal que permite la circulación de las cantidades de sedimento recibidas del tramo de playa adyacente.

¿Qué ocurre cuando una playa abierta, por la que circula la arena en un sentido dominante, se construye una obra costera como un puerto o un espigón? La circulación de arena a lo largo de la playa, que en su mayor parte tiene lugar a bajas profundidades, queda parcialmente bloqueada.

En el caso de grandes puertos, el bloqueo es casi total. Es un efecto análogo al de una presa construida en un cauce fluvial. La arena se acumula en el lado «aguas arriba» de la obra interruptora hasta llegar, en un tiempo suficiente, a rebasar ésta. Cuando la obra en cuestión es un puerto, el

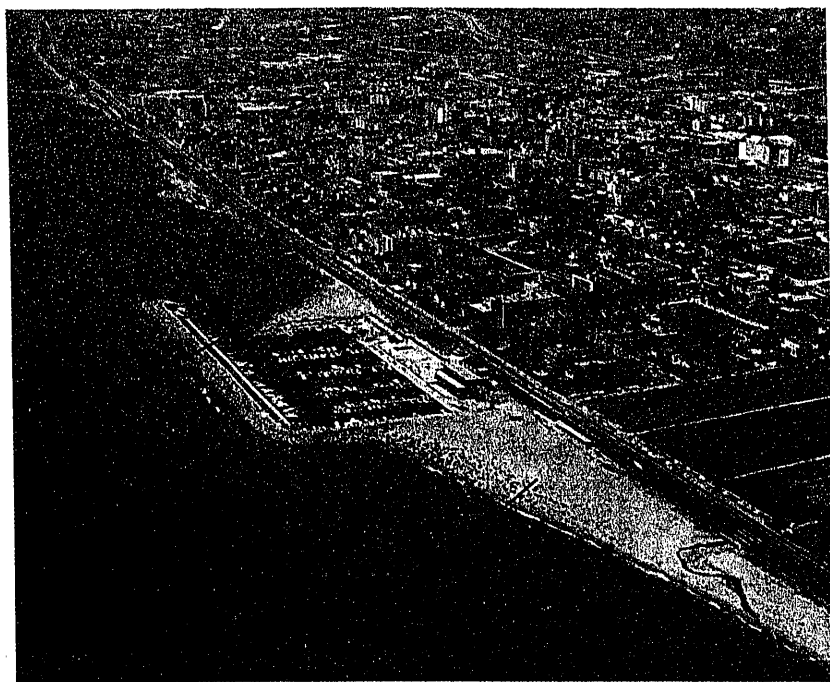


Fig. 1-A.—Puerto de Premià (Barcelona) (acumulación y erosión inducidas).

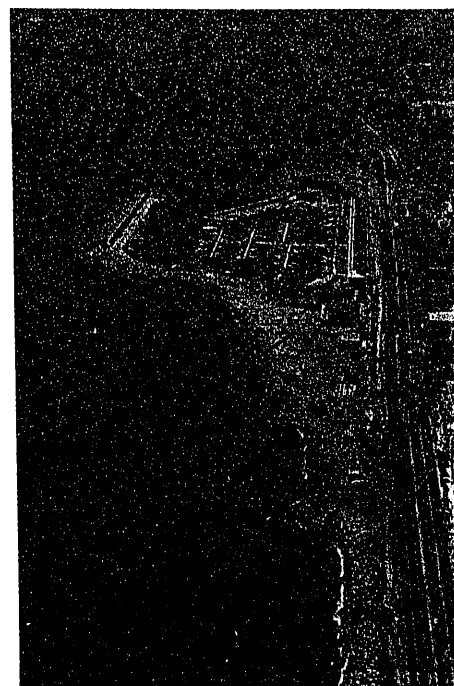


Fig. 1-B.—Puerto de Masnou (Barcelona) (acumulación y erosión inducidas).

PROGRESIVA RUINA DE NUESTRAS COSTAS ARENOSAS

momento del rebase supone por lo general la obstrucción de la boca de entrada y una invasión de arena hacia su interior. Como ejemplo, se muestra en la figura 1 el aspecto que mostraba hace unos años el puerto deportivo de Premiá de Mar (Barcelona), obra reciente, de pequeñas dimensiones, que muy poco después de su construcción se vio invadida por la arena procedente del Norte.

Esta es la parte del problema que afecta a la propia obra, contra lo cual se viene luchando por medio de sucesivas prolongaciones de los diques, dragados o extracciones de arena en el lado acumulativo. Pero, ¿qué ocurre al mismo tiempo en la costa adyacente a la obra por el lado opuesto? El oleaje continúa poniendo en movimiento la misma cantidad de arena que antes, y la corriente de sedimento que había sido obstruida por la obra es restablecida a costa de la arena de la propia playa. El volumen erosionado en este tramo de playa es igual al acumulado al otro lado de la obra. Naturalmente, a medida que pasa el tiempo crecen tanto la acumulación a un lado como la erosión al otro. La erosión se propaga a lo largo de la playa, buscando dar a esta última una nueva planta de equilibrio en consonancia con las nuevas condiciones: Ahora el caudal de arena que llega a la playa es muy inferior al que determinó la forma original de ésta. La búsqueda de la nueva línea de planta supone un retroceso neto del borde marítimo hacia el interior; es decir, una invasión del mar. Como ejemplos se muestran algunos casos actuales en las figuras 2, 3 y 4, correspondientes a erosiones originadas por los puertos de Motril y Adra.

Los casos de las figuras mencionadas muestran un fuerte avance del mar en terrenos de cultivo. El aspecto particularmente dramático de este tipo de casos, por desgracia abundante en nuestro litoral, es el hecho de que una serie de agricultores están siendo dañados, o puramente desposeídos de su tierra, por la invasión marina. Es habitual que estos puertos no compensen por los daños ocasionados a los campesinos, que por otra parte ignoran generalmente a qué se debe el avance del mar en sus tierras.

En la figura 5 se muestra el «otro lado» del puerto en uno de los casos anteriores (Adra): La arena acumulada es objeto de extracción intensiva. Esa arena es la que en condiciones naturales, mantenía las playas que bordeaban («defendían») los terrenos hoy socavados que mostraba la figura 4.

1.2. Los campos de espigones.

No en todas partes se ha abandonado durante mucho tiempo el litoral a la erosión inducida por obras costeras. El apremio para defender la costa ha venido impulsado generalmente por la amenaza del avance del mar sobre obras públicas (carrete-

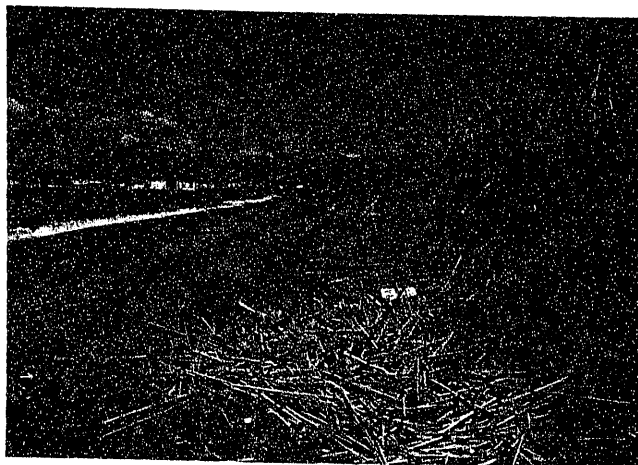


Fig. 2.—Erosiones en terrenos de cultivo inducidos por el puerto de Motril.



Fig. 3.—Acumulación y erosiones: Puerto de Motril (Granada).

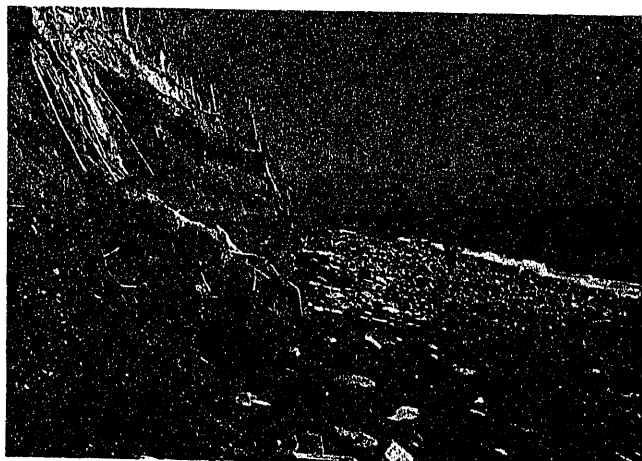


Fig. 4.—Erosiones en terrenos de cultivo inducidas por el puerto de Adra (detalle).

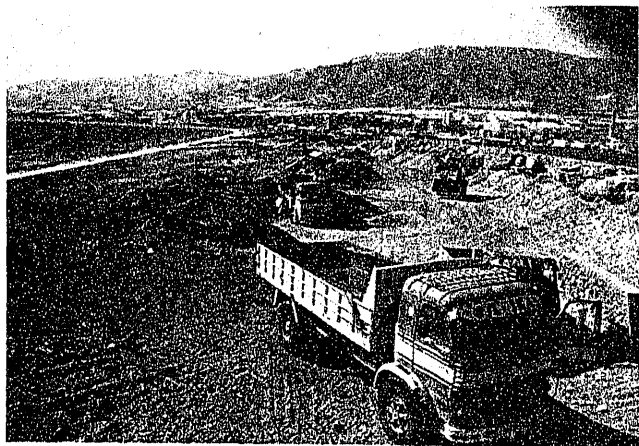


Fig. 5.—Extracción de la arena bloqueada por el puerto de Adra (Granada).

ras, ferrocarriles, etc.) o privadas (viviendas, instalaciones de urbanizaciones costeras, etc.). Al margen de algunos tramos en que se ha intentado defender directamente las obras con muros o escoleras (obras frecuentemente ineficaces para solventar un problema de erosión progresiva), la solución que ha venido adoptándose con carácter de generalidad ha sido la construcción de espigones en la zona erosionada. Si los espigones alcanzan suficiente profundidad y poseen un diseño tal que no produzca la formación de corrientes de retorno acusadas, constituyen una barrera a la circulación de arena y tienden a estabilizar los tramos de playa atrapado entre ellos, cuando el problema erosivo está originado por la presencia de una barrera del mismo tipo en el lado «aguas arriba» respecto al movimiento de la arena. Es obvio que el construir una serie de espigones a continuación de un puerto que actúa como barrera, supone simplemente *prolongar* esa barrera a lo largo de la playa. Pero, a partir del último espigón de la serie, tenemos el mismo problema erosivo: *El problema no se ha resuelto, simplemente se ha trasladado* (fig. 6).

¿Hasta dónde debe prolongarse la serie de espigones para eliminar el problema erosivo causado por una obra? Esa es realmente una de las cuestiones clave, y la que en el caso concreto de nuestras costas determina que este tipo de solución sea básicamente inadecuado excepto en casos muy particulares. Suele denominarse «unidad fisiográfica» litoral a aquel tramo costero que no recibe apreciablemente arena de, ni la transmite a, los tramos costeros colindantes. Es decir, las distintas unidades fisiográficas forman parte de *circuitos sedimentarios* independientes (estos circuitos son entidades más amplias, que incluyen, por ejemplo, las cuencas fluviales tributarias de sedimento al litoral). Es claro que, para tratar de neutralizar con espigones los efectos erosivos causados por una obra-barrera, *la serie de espigones debe prolon-*

garse hasta el final de la unidad fisiográfica correspondiente. Ahora bien, en nuestro litoral existen unidades fisiográficas enormes, con playas de decenas de kilómetros, a lo largo de las cuales la arena se mueve en un sentido dominante. Como ejemplos pueden citarse la costa entera de Huelva, con un movimiento neto de arena W → E; el óvalo valenciano, donde la arena se mueve N → S, o el Maresme catalán, también con un movimiento N → S.

En la costa barcelonesa, las erosiones causadas desde Arenys de Mar hasta Barcelona (40 Km) por los varios puertos deportivos construidos en este sector han hecho surgir numerosos grupos de espigones que terminarán por cubrir la totalidad de esta gran playa. En el óvalo valenciano las barreras más importantes están constituidas por puertos como Castellón, Burriana, Sagunto, Valencia, Gandía, además de otros menores. Los campos de espigones, con los que los afectados por las erosiones van defendiendo los sectores de playa entre los puertos, crecen rápidamente (de forma acusadamente anárquica, ya que corrientemente se dejaba la defensa de la costa a la iniciativa de los perjudicados por la erosión). En particular, los 64 Km de costa que hay entre los puertos de Castellón y Valencia (tramo que incluye también los puertos de Burriana, Sagunto, Puebla de Farnals y Saplaya) serán irremediablemente completados por hileras de espi-

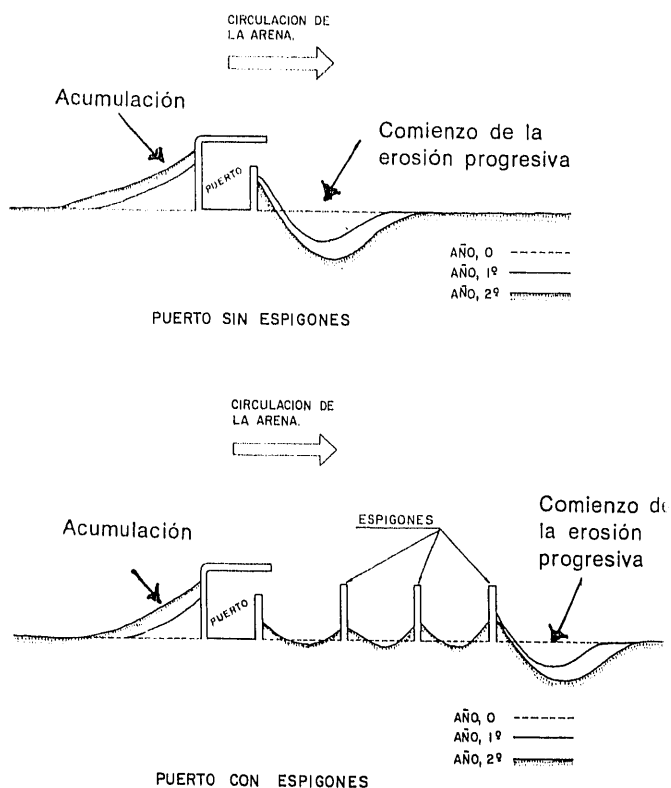


Fig. 6.—Erosión progresiva inducida por un puerto con o sin espigones.

PROGRESIVA RUINA DE NUESTRAS COSTAS ARENOSAS

gonas en un plazo cercano. Y en el Sur de esta gran unidad, desde Valencia hasta debajo de Gándia, no cabe sino esperar el mismo final, en un plazo algo superior, si el criterio de actuación no cambia. Hay unidades menores con problemas análogos de erosión (aún no defendidos), como los causados en Granada por los puertos de Motril y Adra, en Almería por el de Garrucha, etc.

En la gran unidad onubense, los problemas erosivos previsible por causa de obras costeras se centran en los espigones de encauzamiento construidos para dar acceso a los puertos, situados en entrantes costeros. El nuevo espigón de acceso al puerto de Huelva retendrá previsiblemente la práctica totalidad de la arena que circula, agravando considerablemente los problemas erosivos ya existentes en el sector oriental (las causas de esta recesión de costa son más complejas que en otros lugares, pero incuestionablemente una parte por lo menos muy importante de ellas está en el bloqueo de la circulación de arena hacia el Este por la draga del puerto y, cuando termine la obra, por el citado espigón de encauzamiento). El espigón de encauzamiento de Isla Cristina es un factor crítico en esta zona, cuyo comportamiento debe ser seguido muy cuidadosamente puesto que, si produce un bloqueo efectivo de los aportes sólidos que entrega el Guadiana, el problema erosivo consiguiente afectaría a la larga a toda la costa hasta el mismo puerto de Huelva al menos.

1.3. Discusión.

Es claro que los diques postuarios actúan como barreras a la corriente sedimentaria litoral, y es al mismo tiempo indiscutible la necesidad de la existencia de puertos en nuestras costas abiertas. *La pregunta pertinente en este momento, es si la única forma de compatibilizar los puertos con la estabilidad de la costa consiste en defender con espigones todas las playas afectadas.* Esto último significaría algunos cientos de kilómetros de nuestro litoral compartimentados por hileras de espigones.

Si la respuesta fuese afirmativa, la situación podría calificarse de desoladora no solamente desde un punto de vista *estrictamente económico*, por el enorme costo de la solución, sino también (y quizá sobre todo) desde un punto de vista *social* más completo: Aunque difícil de evaluar en términos cuantitativos, el impacto que supone para la población de algunas provincias costeras (por ejemplo Barcelona, Castellón, Valencia, Granada, Málaga, Huelva) el ver convertida una gran parte (en algunos casos la casi totalidad) de su borde costero en un gigantesco «peine» jalonado por escoleras, es ciertamente muy importante.

Afortunadamente, la respuesta a la pregunta

anterior no es de ningún modo afirmativa. Históricamente se han presentado dos soluciones alternativas a este problema:

a) *El denominado «principio de acortamiento»*, que durante algún tiempo cobró cierta popularidad, y según el cual si la serie de espigones a continuación de una obra-barrera se construyen dando a los espigones longitudes suavemente decrecientes, se consigue que la playa adyacente quede salvada del proceso erosivo. Este «principio» no es sino una falsa esperanza basada en una analogía, carente de fundamento físico, con el comportamiento de las corrientes de tipo fluvial. De hecho el acortamiento progresivo de la «cola» de la serie de espigones no modifica el efecto barrera de los primeros de la serie. Ya que éstos son largos, la variación producida en el equilibrio dinámico de la playa es, a plazos medio y largo, idéntica a la producida por una serie de espigones con longitud uniforme. Sólo durante un tiempo reducido se aprecia el efecto del acortamiento: Al ser más cortos los últimos espigones, el oleaje es capaz de erosionar los fondos delante de ellos respondiendo parcialmente con esa arena la corriente sólida interrumpida, por lo que la erosión a continuación es menor. Pero esto sólo dura hasta que las olas se han llevado un cierto prisma de arena frente a aquellos espigones, aumentando los fondos en esa zona y estrangulándose la corriente sedimentaria: Desde este momento, los espigones cortos han pasado de ser unas barreras tan efectivas como los largos que les preceden. *Se concluye, por tanto, que esta propuesta es rechazable.*

b) *Solución dinámica al problema dinámico:* Puesto que el problema originado por los diques en cuestión está en que bloquean la corriente sedimentaria, la solución está en restablecer esta corriente. La fuerza motora de aquella corriente, el oleaje, sigue presente a uno y otro lado de la obra. *Lo único necesario es, pues, transportar la arena detenida por la barrera al otro lado de ésta*, donde el oleaje continuará impulsándola a lo largo del litoral: Las condiciones de equilibrio dinámico original habrán sido restablecidas, y las playas se comportarán (excepto efectos locales menores que no interesan aquí) como si la obra-problema no existiera.

Hay dos formas de transportar la arena detenida por una obra portuaria al otro lado de ella:

b-1. Cuando la profundidad frente a la obra es pequeña, un *diseño adecuado de los diques* es capaz, en ciertas condiciones, de reflejar el oleaje de tal forma que la corriente de arena cicule delante de la obra sin bloquear la bocana. Este tipo de solución requiere determinadas características del «clima de oleaje» (o/y mareas), y precisa en general ser estudiada detenidamente en modelos reducidos. Sería una solución óptima para aquellos

casos en que resulte aplicable; constituye un sistema de «trasvase natural» de arena.

b-2. *Trasvasar artificialmente* la arena de uno a otro lado de la obra. Esto puede hacerse de cualquier forma imaginable, aunque el óptimo económico y técnico es naturalmente función de las circunstancias de cada caso. Existen sistemas de trasvase basados en dragas, fijas o móviles, que bombean la arena directamente al lugar oportuno mediante tuberías o la transportan navegando; existen también sistemas basados en maquinaria de extracción de arena desde tierra y transporte en camiones o elementos análogos. Los ritmos de trasvase son también variables en general, existiendo siempre un rango de respuestas aceptables dentro de cada caso concreto.

Cuando se compara la solución dinámica (el trasvase de arena) con la estática (los campos de espigones), resulta evidente la pobreza técnica de esta última, al margen de sus demás inconvenientes de otros órdenes. *El «espigonamiento» de la costa es en realidad un intento de inmovilizar la circulación de arena a lo largo del litoral, tratando de controlar los procesos costeros mediante su petrificación artificial.* A largo plazo ese intento está inevitablemente condenado al fracaso, y muy especialmente en el caso específico de nuestro litoral peninsular, como se verá en el apartado siguiente. Pero, en cualquier caso, no es necesario abundar en argumentos para mostrar que la forma adecuada de tratar con procesos naturales de gran escala, sumamente dinámicos y energéticos como lo es éste, no está en pretender congelarlos, sino en aprovechar la propia dinámica natural actuando precisamente en su dirección para lograr cambios controlados de aquella dinámica en la forma que nos convenga. En el problema que nos ocupa, la actuación pertinente está en ayudar a la corriente sedimentaria a salvar un obstáculo, para volver a las condiciones que existían antes de la existencia de aquél. La protección mediante espigones barrera debe en general limitarse a tramos cortos de playa junto a la obra; es decir, su campo de actuación característico es el ámbito puramente local.

Volviendo al caso concreto de nuestros puertos en el Mediterráneo, en uno de ellos construido no hace mucho, Puerto Banús, se han realizado trasvases de arena esporádicos mediante dragalina y camiones para evitar la invasión de arena. Aunque no destinado a restituir la corriente sedimentaria sino a rellenar espacios entre espigones, éste es en cierto modo un antecedente. Por otra parte, el autor del presente artículo ha venido recomendando trasvases de arena para varios puertos de nueva construcción (Calella, Oliva, Carboneras) durante los tres últimos años, en que se ocupó del Departamento de Ingeniería de Costas del Laboratorio de Puertos del CEEOP; pero es necesario enfatizar que, aunque se exigiera a todos los nuevos puertos-

barrera el disponer sistemas de restablecimiento de la corriente sedimentaria litoral, el problema causado por los puertos *ya existentes* continuaría con toda su intensidad. *Si no se toma la decisión de actuar sobre los puertos que hoy salpican nuestras grandes unidades fisiográficas litorales, de muy poco serviría el cuidar la inocuidad de los nuevos puertos* que se intercalen entre los actuales: Las series de espigones subsidiarias de estos últimos terminarán extendiéndose por aquellas unidades fisiográficas y atrapando a cualquier nueva obra que se encuentren en el camino (con su hipotética planta de trasvase de arena incluida).

Concretando: *Urge emprender una rectificación radical de los criterios con que estamos enfrentando la defensa de playas asociada a obras costeras.* La solución adecuada está en dotar de sistemas de trasvase de arena a la gran mayoría de los puertos-barrera, y desmantelar al propio tiempo los campos de espigones que han sido contruidos a continuación de estas obras. Una vez funcionando el trasvase, los espigones no sólo no tienen razón funcional de existir y constituyen una innecesaria deteriorización del medio ambiente playero, sino que dificultan el trasvase porque aumentan, a veces decisivamente, la distancia que debe salvar el trasvase de arena.

La liquidación y vuelta atrás de la «política de espigones» no debe doler en prendas a la Ingeniería de Costas española. Nadie ignora que los errores, *cuando son reconocidos como tales*, son uno de los motores básicos del progreso en ingeniería, y que la rapidez en corregir esos errores no sólo representa siempre ahorros muy considerables, sino que a veces es imprescindible para poder dar paso a soluciones eficaces. En algunos casos, como por ejemplo hacia el sur de Arenys de Mar, la eliminación de espigones resulta ya especialmente problemática porque varias de las celdas han sido aprovechadas para reconvertirlas en embarcaderos y refugios de embarcaciones.

A estas alturas de la evolución de los conocimientos sobre los procesos costeros, es preciso recordar que el conjunto de (elementales) criterios sobre defensa de costas que se han discutido en las líneas precedentes no tienen nada de nuevos hasta el punto de que resultaría muy poco justificable el haber insistido aquí sobre ellos de no ser por la crítica situación que atraviesa en estos momentos nuestra costa. Estos criterios han sido expuestos repetidas veces en artículos, conferencias y congresos de la máxima difusión internacional durante al menos el último cuarto de siglo. Ya en el año 1929 se instaló en EE.UU. la primera planta fija de trasvase de arena para salvar unos espigones de encauzamiento. Hasta la actualidad han sido puestas en funcionamiento en ese mismo país no menos de 15 instalaciones de trasvase, la mayor parte de las cuales han sido comentadas en diver-

sas publicaciones. Este tema ha venido despertando tanto interés ya en los años 50 la American Society of Civil Engineers designó un Grupo de Trabajo sobre Trasvases de Arena (Task Committee on Sand Bypassing) cuyos trabajos fueron publicados. También ya en los años 50, en un país como Holanda donde la defensa costera es un problema de auténtica supervivencia nacional, y donde el litoral aparece sembrado de espigones que fueron contruidos durante los siglos pasados, los criterios de actuación cambiaron decididamente a favor de trasvases de arena y reforzamiento de las cadenas de dunas. Los Proceedings de los Congresos Internacionales de Ingeniería de Costas y de las revistas especializadas de la A.S.C.E., por citar ejemplos de publicaciones sumamente populares, abundan extraordinariamente en artículos que tratan esta temática. Dentro de este contexto la Ingeniería de Costas española precisa hoy de modo apremiante hacer un ejercicio de autocrítica para volver atrás del callejón sin salida que está recorriendo desde hace años. Este tipo de actitud sólo redundará en beneficio tanto para la profesión como para la sociedad.

En cuanto al costo de los trasvases artificiales de arena, cabe hacer las siguientes observaciones:

- Parece evidente que los gastos del trasvase deben correr a cargo de la propia obra que ha perturbado el equilibrio. En este sentido los puertos estatales deberían dar ejemplo haciendo frente a esta responsabilidad los primeros, contra lo que viene ocurriendo hasta hoy (habitualmente son los afectados por la erosión quienes tienen que costear su propia defensa, si quieren defenderse).
- En nuestras costas abiertas, el impacto de este costo puede producir una tendencia a la concentración de instalaciones por parte de los nuevos puertos deportivos: Es decir, hacia menos puertos pero mayores (frente a la actual tendencia a la multiplicidad de pequeños puertos) que puedan sufragar los costos con menor gasto por persona. Esta tendencia no es en principio indeseable. En todo caso, el incluir este gasto en los proyectos no es otra cosa que realizar una evaluación *real* del costo íntegro de las obras costeras. También es previsible que, para evitar el costo del trasvase, se empiece a *cuidar mucho más de la selección de ubicación para los puertos*. En los proyectos de nuevos puertos, cobrará mucha mayor importancia que en la actualidad el buscar lugares cuyas características naturales les hacen convenientes porque en ellos la corriente litoral arenosa es nula, o muy reducida, o no alimenta playas que deben ser defendidas. Tampoco esto es indeseable, sino todo lo contrario.

2. BLOQUEO DE LOS CIRCUITOS SEDIMENTARIOS EN LA ZONA CONTINENTAL TRIBUTARIA DEL LITORAL

2.1. Tendencias sedimentarias en los siglos pasados.

Es indiscutible que, en términos globales, el litoral peninsular ha conocido un predominio acusado de la abundancia de sedimentación durante la época histórica, y en particular a partir del comienzo de la Edad Moderna. Durante estos últimos siglos, los datos conocidos indican que la actividad humana sobre las cuencas sedimentarias de la Península ha sido el factor dominante en este proceso.

Los colonizadores griegos y romanos conocieron, en nuestras costas de Levante y Sudeste, un litoral bien distinto al existente hoy. En el litoral sudatlántico, los terrenos ocupados ahora por las marismas de Huelva, Gibraleón y Aljaraque eran un amplio lago litoral denominado «Laguna Estigia»; otro tanto ocurría con las marismas del Guadalquivir y zonas adyacentes, que entonces constituían el «Lago Ligústico». Estas enormes albuferas, comunicadas con el mar por varios pasos, eran excelentes abrigos naturales que dieron lugar a una constelación de ciudades portuarias y constituían polos comerciales muy conocidos en la antigüedad. La sedimentación producida por los deltas internos de los ríos tributarios (Odiel-Tinto y Guadalquivir), junto con otros procesos litorales, liquidaron las albuferas y con ellas el tráfico portuario. Algo similar ocurrió con la bahía de Cádiz, que fue mucho más amplia y profunda y ha sido progresivamente rellenada a pesar de que simultáneamente ha ocurrido un hundimiento de la costa atestiguado por las ruinas sumergidas cerca de Sancti Petri. En Levante, desde Alicante al delta del Ebro al menos, existió un rosario de albuferas navegables (cuyos restos pueden ser detectados hoy) en la época romana. La historia de los puertos levantinos, como la de los barceloneses, es de lucha precaria contra el avance de la sedimentación fluvial: En el siglo XVIII, el mar estaba a mitad de la distancia que hoy le separa de la ciudad de Valencia. El antiguo puerto romano de Barcelona fue sepultado por los aportes del Llobregat, y el Besós ha pasado también sobre algunos puertos medievales hoy desaparecidos. También en el Maresme barcelonés hay señales de un avance de las playas desde tiempos medievales.

En el litoral Cantábrico y en el portugués el proceso ha sido análogo. La historia del relleno de las rías cantábricas desde el siglo XVI es bien conocida por los constantes problemas portuarios que se sucedieron: Un ejemplo es el de Santoña, donde el tómbolo del monte Ganzo se ha formado en época histórica y donde se conservan, hoy lejos del mar, las argollas donde amarraron las naves de

Carlos I. La armada tenía su base cantábrica en el puerto de San Vicente de la Barquera en tiempos de los Reyes Católicos. Carlos I hubo de trasladar la base a Santoña, ante la veloz colmatación de la ría de San Vicente. Sin embargo, al nuevo puerto le ocurrió lo mismo y fue abandonado, cambiándose por Santander. Entonces aún no existía la playa barrera de El Puntal, que comenzó a desarrollarse hacia 1750.

Algo similar ocurrió, en la misma época, con los estuarios portugueses. La flecha que existe en la ría de Aveiro dejaba aún un amplio paso en el siglo XVI, pero hacia el siglo XVIII sólo se mantenía navegable con dragados. El puerto de Paredes fue sepultado por las arenas a comienzos del siglo XVI. Alfeizerao, puerto que en el siglo XV poseía astilleros y una flota importante, desapareció también en el siglo XVII invadido por la sedimentación. Lo mismo ocurrió con Salir do Porto, y así con todos los puertos fluviales sucesivamente.

Los conocidos geólogos A. Asensio Amor y E. Hernández Pacheco han formulado la hipótesis de que la acelerada sedimentación de las rías cantábricas en los últimos siglos tiene su causa fundamental en las masivas talas de arbolado y roturación de laderas que ocurrieron a partir de los Reyes Católicos. Esta hipótesis es sumamente verosímil, y puede extenderse a las zonas atlántica y mediterránea peninsulares. La figura 7 muestra los resultados de un conjunto de medidas realizadas cerca de Wáshington D.C. (EE.UU.): El paso de bosques a cultivos supone aumentar el ritmo de erosión en casi 300 veces. En un clima extremado y una orografía abrupta como la de la Península Ibérica, este efecto es presumiblemente mucho más intenso aún. En puntos del sureste peninsular se ha podido comprobar, hace años, cómo la eliminación del cultivo de esparto y el descuaje de matorral en terrenos montañosos cercanos a la costa, para plantar almendros en las laderas denudadas, acelera enormemente los arrastres de material sedimentario cuando llueve intensamente.

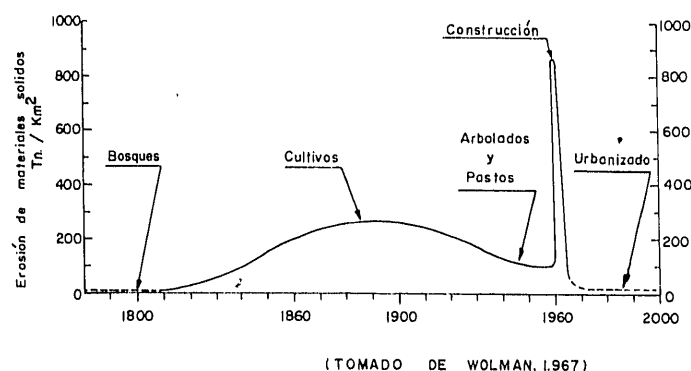


Fig. 7.—Cambio de erodibilidad del suelo según usos (Wáshington, USA).

En definitiva, puede deducirse que cuando los habitantes de nuestra Península se entregaron a una destrucción indiscriminada de la cubierta boscosa que entonces poseía el territorio, produjeron al mismo tiempo un rápido relleno de los estuarios y albuferas, al mismo tiempo que un avance de los deltas y sus playas asociadas.

2.2. Tendencias sedimentarias actuales.

Durante las últimas décadas, el proceso descrito en el subapartado anterior ha sido invertido por causas también fundamentalmente asociadas a la actividad humana en el territorio peninsular. El fenómeno básico no está ahora en la intervención sobre la cubierta vegetal, sino en la masiva construcción de presas que ha tenido lugar tras la última guerra civil.

Es bien conocido que una presa grande intercepta la práctica totalidad de la carga sólida del río represado, especialmente la arena y grava. Parte de la deposición ocurre en el propio embalse y parte (sobre todo los tamaños mayores) en su cola, al perderse capacidad de arrastre por la disminución de velocidad de corriente fluvial. Las cantidades de sedimento que se evacúan en las pocas veces que se abren los desagües de fondo de las presas, se reducen a un pequeño cono sin relevancia práctica alguna (*). El agua que abandona la presa está casi libre de carga sedimentaria y tiene, por tanto, una notable capacidad erosiva. Ello produce, en una primera época, el arrastre de los bancos de sedimento existentes en el cauce; cuando éstos se agotan comienza la erosión del lecho fluvial propiamente dicho, el cual reacciona para estabilizarse mediante un proceso conocido como «armoring» (refuerzo, armado): Al ser la composición granulométrica del lecho sumamente heterogénea, los tamaños menores son selectivamente arrancados por la corriente dejando una capa del material grueso que cubre el cauce. Este nuevo lecho es mucho menos susceptible a la erosión, lográndose una progresiva estabilización del fondo.

Este proceso puede ser ilustrado tomando como referencia el río Nilo a continuación de la gran presa de Aswan (1964). Medidas sistemáticas han demostrado que la práctica totalidad del sedimento arrastrado por el río queda detenido en el embalse. Por otra parte, el lecho del río aguas abajo de la presa ha experimentado una rápida estabilización (figura 8), lo que ha producido la estrangulación del aporte sedimentario que recibe el delta del Nilo. Como consecuencia, este delta retrocede velozmente.

Algo análogo puede preverse respecto al río Ebro, cuyos aportes sedimentarios han sido definitivamente yugulados por la presa de Mequinenza.

(*) Esto produce, por otra parte, el consabido problema de la pérdida progresiva de capacidad del embalse, al irse relleno de sedimentos. En España este problema es grave

PROGRESIVA RUINA DE NUESTRAS COSTAS ARENOSAS

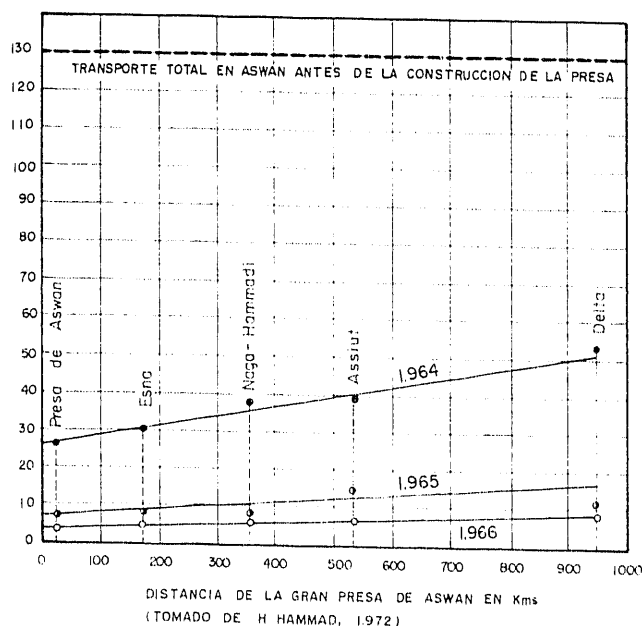


Fig. 8.—Estrangulamiento de los soportes sedimentarios del Nilo tras la construcción de la presa de Aswan.

Si esta situación se mantiene, el delta del Ebro reducirá hasta desaparecer en un plazo más o menos lejano: Puesto que la protuberancia que constituye el delta tiene su razón de existir en un exceso del aporte sedimentario fluvial sobre lo que el oleaje es capaz de transportar a lo largo de la costa, una vez eliminado aquel aporte el delta está siendo progresivamente desmantelado. Sus residuos seguirán durante algún tiempo nutriendo las playas que dependen de él hacia el Sur, hasta que su desaparición (más o menos retrasada por un progresivo «armoring») haga también retroceder a estas playas subsidiarias.

Aunque el caso del Ebro es el más conspicuo, la constricción de aportes se notará también pronunciadamente en otros ríos y sus playas subsidiarias: Un caso sobresaliente es el Guadiana, que alimenta las playas de la provincia de Huelva y ha sido también represado en la gran mayoría de su cuenca.

En la figura 9 se muestran las áreas de España peninsular cuyos aportes sedimentarios se ven coridos por embalses según datos de 1975. En total, el 77 por 100 del territorio es tributario de los embalses. Esta cifra queda distribuida, según las grandes cuencas (señaladas en la figura anterior), como sigue:

Norte	40 %
Guadiana	77 %
Guadalquivir	82 %
Sur	2 %
Segura	56 %
Júcar y Turia	74 %
Ebro	99 %
Pirineo Oriental	3 %

Las cuencas represadas incluyen generalmente los terrenos más pendientes y abruptos, que son precisamente los principales suministradores de sedimentos.

Al efecto barrera de las presas hay que añadir las extracciones masivas de grava y arena de una gran cantidad de lechos fluviales en las inmediaciones del litoral. Un recorrido a lo largo de la costa mediterránea descubre la extraordinaria abundancia de estaciones de extracción de áridos en los cauces (secos o casi secos la mayor parte del año) de ríos y ramblas (figs. 10, 11, 12 y 13). Las extracciones en este tramo de los cauces equivalen a extracciones realizadas directamente en las playas. Estas últimas (extracciones en playas), legales e ilegales, han sido numerosas durante años pasados. En general, la gran intensidad con que se explotan los cauces en su tramo costero se explica teniendo en cuenta la elevada demanda de áridos creada por la explosión de construcciones que ha tenido lugar en la franja litoral durante las dos últimas décadas.

Las principales fuentes de sedimento al litoral son los cauces fluviales. Esto es cierto a nivel mundial (según Kuenen, aproximadamente un 99 por 100 de la arena y grava aportada a las costas es de origen fluvial) y también en nuestro país, muy especialmente en la costa mediterránea. ¿Qué debe esperarse en nuestra costa, como consecuencia del drástico estrangulamiento actual de sus fuentes sedimentarias? Evidentemente, el proceso que podemos prever es uno inverso al que ha venido dominado en los siglos pasados. Desde luego no recuperaremos las antiguas albuferas mediterráneas y sudatlánticas, pero se registrará un progresivo retroceso de las playas dependientes de aque-

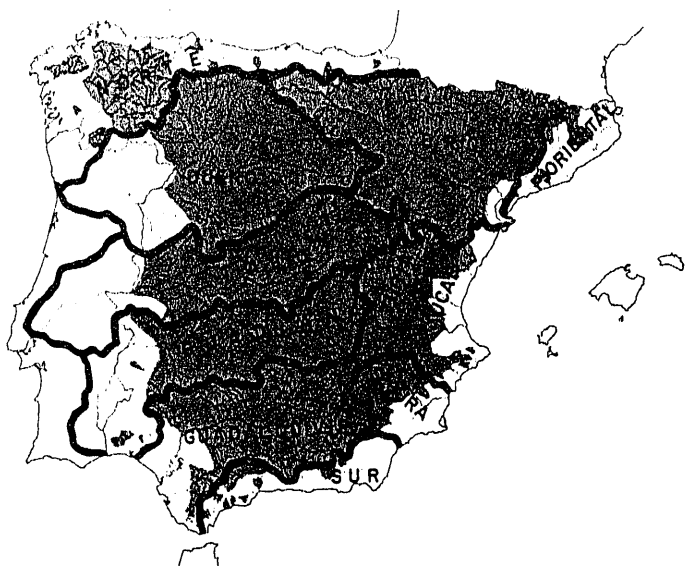


Fig. 9.—Cuencas represadas en España peninsular (presas existentes y en construcción en 1975).



Fig. 10.—Extracciones de arena en la zona litoral de cauces fluviales (Mediterráneo).



Fig. 13.—Extracciones de arena en la zona litoral de cauces fluviales (Mediterráneo).



Fig. 11.—Extracciones de arena en la zona litoral de cauces fluviales (Mediterráneo).



Fig. 12.—Extracciones de arena en la zona litoral de cauces fluviales (Mediterráneo).

llos aportes. En particular, los deltas fluviales afectados continuarán durante cierto tiempo nutriendo, con los productos de su desmantelamiento, las playas cuyo equilibrio dinámico dependía de estos aportes. Este fenómeno puede ya observarse en varios puntos del litoral mediterráneo. Cuando el suministro de los depósitos de tipo deltaico vaya desapareciendo por eliminación o/y «armoring» progresivo de esos depósitos, y los aportes fluviales directos desciendan bajo un cierto nivel, las playas subsidiarias retrocederán en búsqueda de una nueva planta de equilibrio en consonancia con las nuevas condiciones. Este retroceso, que podemos esperar se irá acentuando progresivamente durante los años venideros, afectará en profundidad a grandes longitudes de costa (recuérdese lo que se indicó en el apartado anterior sobre la gran longitud de varias de nuestras unidades fisiográficas que soportan una considerable circulación sedimentaria).

2.3. Discusión.

La franja litoral es hoy, y lo será aún más en el futuro, centro privilegiado de atracción donde confluyen multitud de intereses públicos y privados de todo tipo, lo que produce una creciente presión de ocupación. Por tanto, es previsible que se intensificará defender a toda costa los terrenos litorales amenazados por el avance del mar, cuando este avance vaya cobrando intensidad. Si esta defensa se enfoca con un punto de vista «estático», tal como está ocurriendo hasta hoy, presenciaremos otra multiplicación de espigones que se extenderán por todas las unidades fisiográficas afectadas de forma similar a lo que está ocurriendo en la actualidad a continuación de muchas barreras portuarias. Sin embargo, esta batalla estará perdida de antemano a no ser que los espigones construidos sean enor-

nes, llegando hasta grandes profundidades a modo de cabos-barrera artificiales que conviertan las grandes unidades fisiográficas en una sucesión de múltiples calas inmóviles. Evidentemente el costo de una operación de este tipo sería desorbitado. Si sólo se construyeran espigones o diques de las dimensiones habituales, éstos no podrían hacer frente al problema creado por la eliminación de aportes de sedimento: Sólo retrasarían por algún tiempo el final previsto. Este problema no es idéntico al creado por las barreras portuarias. Estas últimas, que tienen calados muy diversos, no afectan a la (más lenta) circulación de arena que tiene lugar a profundidades más allá de la obra, y, por tanto, el hecho marino a esas profundidades no es afectado. Aquí estamos tratando, en cambio, el caso de una constricción global de los aportes (a excepción de hipotéticos depósitos fósiles «offshore», que en todo caso tendrían volúmenes limitados), y el resultado es un progresivo aumento de las profundidades delante de los espigones que serán gradualmente socavados y destruidos, y detrás de ellos la propia costa será invadida hasta llegar al nuevo equilibrio.

En suma, *el enfoque estático no es capaz de dar solución satisfactoria al problema planteado.* Como en el caso descrito en el apartado 1, es necesario adoptar una perspectiva dinámica, acorde con el proceso sedimentario natural, para poder abordar el tema de modo efectivo.

Nuestro país es rico en embalses y la ingeniería civil española está justamente orgullosa de ese conjunto de obras que permiten un mejor aprovechamiento del agua dulce disponible y aportan cantidades significativas de energía eléctrica. Pero desgraciadamente no se han tenido en cuenta todos los aspectos que se derivan de la construcción de aquellas presas. Uno de ellos es este:

Junto con el agua, las presas almacenan la arena. Esta no se restituye al río. Se intenta extraer de los ríos la energía que pueden dar las presas, pero parte de esa energía, la necesaria para acarrear hasta el otro lado del embalse el sedimento que arrastra la corriente fluvial, nos la estamos apropiando indebidamente: Gran parte de este sedimento debe llegar al mar, para mantener el contorno costero de largo tramos del borde litoral. Se impone, pues, *la necesidad de trasvasar artificialmente la arena retenida por los embalses al otro lado de la presa, de modo análogo a lo indicado respecto a las obras barrera construidas en el litoral.* Los fenómenos naturales en juego no admiten grandes variantes respecto de este tipo de solución. Los regímenes de arrastre a continuación de las presas es un tema que debe ser estudiado para abordar adecuadamente el tema.

Respecto a las extracciones masivas de arena y cavas que se llevan a cabo actualmente en cauces

próximos al litoral, es evidente que el móvil fundamental de esta actividad es el costo comparativamente bajo de los materiales así conseguidos. Sin embargo, estos costos sólo son siempre reducidos si se entienden desde un punto de vista corsario; si se consideran los gastos de defensa de costas que trae como consecuencia la constricción de aportes al litoral, esa arena ya no es *socialmente* tan barata, aunque, naturalmente, para la persona concreta que se la lleva sí es barata si se continúa sin considerar las repercusiones de esta actividad en erosiones inducidas. Esto no quiere decir que la extracción de arenas deba ser siempre proscrita en el litoral por razones de estabilidad de playas: Esas extracciones no son en principio deletéreas para la playa si se realizan en ciertas de las zonas donde se da una acumulación natural de la arena acarreada por el oleaje a lo largo de la costa. Se trata, pues, de restringir las extracciones a esas zonas (controlando al mismo tiempo sus cuantías).

3. CONCLUSIONES GENERALES

La dinámica sedimentaria que se ha comentado en este artículo es un proceso natural sumamente energético, que comienza en las montañas y termina en las profundidades del talud continental por caminos de complejidad variable pero claramente detectables. La forma adecuada de tratar este proceso no es la que hemos venido adoptando hasta hoy. Nuestra filosofía de actuación al respecto refleja una mentalidad ingenieril rígida, que pretende controlar las corrientes sedimentarias mediante su paralización artificial. Sin embargo, si bien nuestra técnica es lo suficientemente potente para crear efectivas barreras en los circuitos sedimentarios, no lo es para conseguir una rigidización completa del sistema, por lo cual se han desencadenado una serie de fenómenos negativos inducidos cuyas consecuencias estamos sufriendo y sufriremos crecientemente en el futuro. Las fuerzas naturales que gobiernan estos procesos (oleaje, corrientes) están, y continuarán estando en un horizonte previsible fuera de nuestro control absoluto, y nuestra creciente capacidad constructiva seguirá produciendo desastres inducidos de magnitud cada vez mayor si no la utilizamos con un mínimo de juicio.

Hasta ahora parece que la ingeniería sedimentaria es una de las Cienicientas de nuestra técnica, pero esto debe cambiar con urgencia. Las consecuencias de uno de los factores que se han tratado aquí (puertos y espigones inadecuadamente tratados) son ya suficientemente graves y su proyección en el futuro próximo es más negra aún. Las del segundo factor visto (presas-retenedoras de arena + extracciones masivas en la zona litoral) no son aún tan espectaculares como las anteriores, pero se intensificarán progresivamente en los años venideros.

PROGRESIVA RUINA DE NUESTRAS COSTAS ARENOSAS

La única solución viable está en un cambio de perspectiva por nuestra parte: El objetivo a alcanzar está en conseguir encauzar o dirigir los procesos naturales, no en intentar dominarlos enfrentándose a ellos en ángulo recto. Es una lección que aprenderemos en cualquier caso («por las buenas» o «por las malas»). Como escribió ya en el siglo XVI el avisado holandés Andries Vierlingh, maestro constructor de diques, «No debes obligar al agua por la fuerza, o ella volverá esa fuerza contra ti» (cit. P. Bruun). Esta frase conserva hoy todo su valor, y merece ser extendida a otros procesos como los sedimentarios.

El coste de establecer los sistemas de trasvase de arenas propuestos aquí puede quizá parecer a primera vista alto, pero ciertamente no es excesivo a la vista del valor de los intereses de todo tipo que se concentran en el borde litoral. Aquellos costos sí serían, en cambio, «inesperados» para quien no contaba con ellos, pero eso sólo reflejaría (reconozcámoslo) imprevisión. Por otra parte, el costo del actual criterio imperante que está llevando a llenar indiscriminadamente de espigones gran parte de nuestras costas abiertas, es ingente.

Mirando el problema bajo el ángulo de nuestra responsabilidad como ordenadores del litoral, es oportuno indicar que no debemos dejar a las próximas generaciones una costa arruinada en buena proporción, sino hacer frente hoy a los problemas que hoy, nosotros, estamos creando. De otro modo, nuestros sucesores van a encontrarse con un amplio panorama de erosiones y destrucciones difícilmente reversibles, y con una gran cantidad de obras de protección contraproducentes que deberán ser desmanteladas para poderse abordar soluciones eficaces.

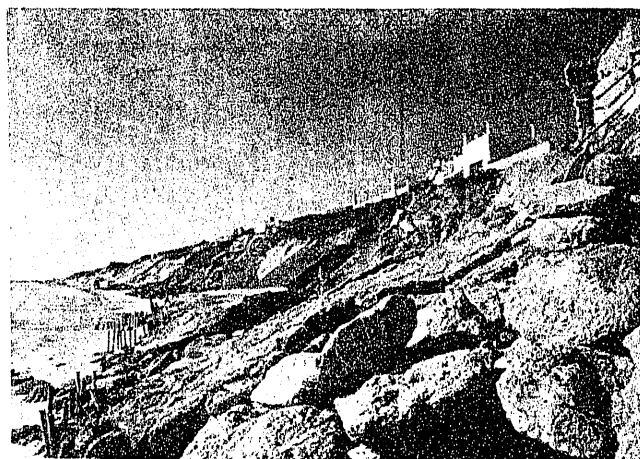


Fig. 15.—Playa de Mazagón.

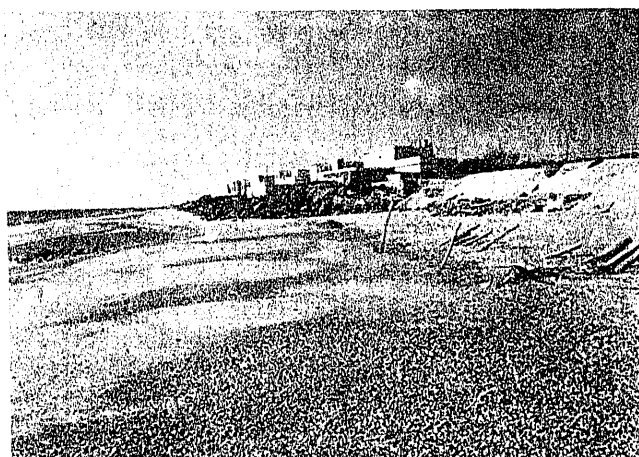


Fig. 16.—Playa de Mazagón.



Fig. 14.—Playa de Lepe.

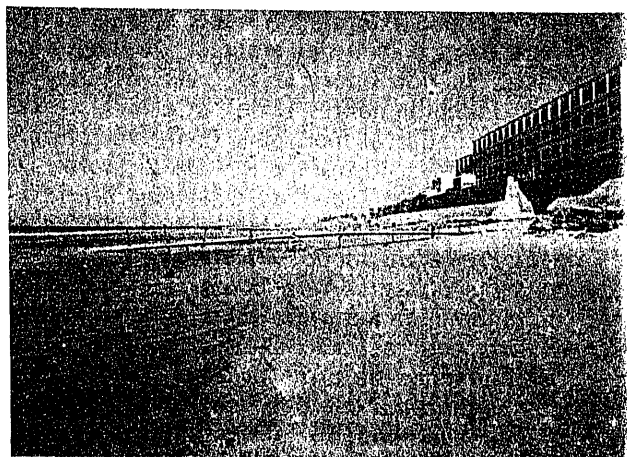


Fig. 17.—Playa de Torre la Higuera.

4. EPILOGO

Hasta aquí se han discutido los dos problemas más importantes que se plantean hoy en nuestro litoral arenoso. En un artículo anterior («Los ritmos naturales de nuestras playas», *R.O.P.*, mayo 1978) se trató de los problemas derivados de las interferencias artificiales con las variaciones naturales del perfil y la planta de las playas: Cuando se piensa en urbanizar un área litoral, debe respetarse una cierta franja junto al mar que permita el libre juego de las variaciones estacionales e hiperanuales en la anchura de las playas. Si se apura el borde marítimo para edificar, las construcciones implantadas dentro de aquella franja de «seguridad» serán tarde o temprano atacadas por el mar, al pasar la playa por una de sus fases naturales de retroceso. En las urbanizaciones playeras de la provincia de Huelva, donde se construye a distancias absolutamente temerarias de la orilla, han tenido ocasión de comprobar recientemente este fenómeno: En las figuras 14 a 18 se muestran edificios destruidos o dañados durante los últimos inviernos en Lepe, Punta Umbria, Mazagón y Torre la Higuera. El grave peligro que corren ahora esas playas está, como se indicaba en el artículo citado arriba, en que se intente ahora defender aquellas construcciones con espigones largos que actúen de barrera a la corriente sedimentaria. De hacerse así, los edificios quedarían ciertamente protegidos, pero sólo a costa de originar un fenómeno de erosión permanente que antes no existía, y que se propagaría a lo largo de las playas. Estaríamos en la situación que se trató en el apartado 1 del presente artículo.

En la figura 19 se ve cómo en Lepe ya han empezado a aparecer los primeros espigones, si bien afortunadamente son aún cortos. Esperemos que no hagan su aparición los largos, que harían comenzar la carrera de erosiones y prolongaciones de la serie de espigones. En el mismo Lepe puede verse cómo nuestra capacidad para cerrar los ojos a los errores es casi ilimitada: A pesar de las destrucciones recientes experimentadas ante el avance del mar por la primera línea de edificios, esa línea sigue siendo prolongada (y seguramente también vendida) imperturbablemente (fig. 20).

Esperemos que este tipo de actitud no continúe caracterizando la actuación humana en el litoral español. La responsabilidad nos concierne a cuantos centramos nuestra actividad profesional en la ingeniería de Costas y muy especialmente a quienes compete, desde la Administración, la tarea clave de concebir y ejecutar una planificación general eficaz para nuestro problemático y maltratado litoral.



Fig. 18.—Playa de Punta Umbria.



Fig. 19.—Espigones en Lepe.

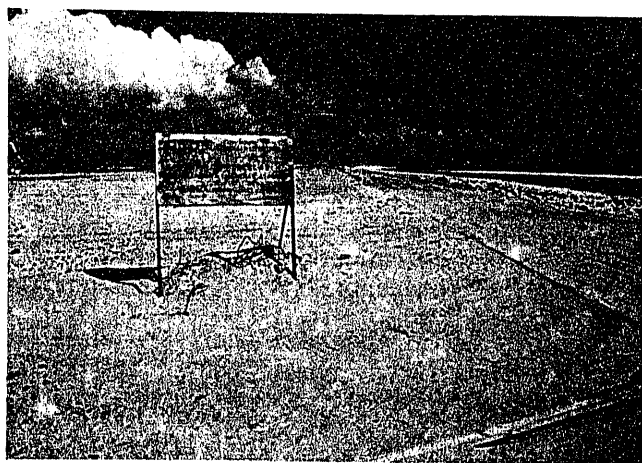


Fig. 20.—Lepe: Se sigue construyendo junto a la orilla.