

Arrecifes artificiales (I). Problemas pesqueros y de protección de costas^(*)

Por JOSEP RAMON MEDINA FOLGADO y
JOSE SERRA PERIS

Departamento de Transportes y Urbanística, ETSI Caminos, Canales y Puertos.
Universidad Politécnica de Valencia.

En este artículo se revisan los planteamientos de instalación de arrecifes artificiales en Japón, Taiwan y Estados Unidos, analizando los potenciales beneficios y problemas que puede ocasionar la instalación de un arrecife artificial.

En una segunda parte se estudia el problema de la planificación de la protección de costas en España, y la necesidad de mantener el fuerte nivel de inversiones y criterios constantes a largo plazo. Se propone iniciar planes piloto de utilización de arrecifes pesqueros en la protección de costas que podría proporcionar a nuestro país una herramienta de planificación nueva para resolver problemas difíciles de atacar de otra forma.

En un segundo artículo se analizará el marco social, económico y jurídico que afecta a la instalación de arrecifes artificiales pesqueros en España al amparo del Reglamento (CEE) Núm. 4028/86 del Consejo que regula las subvenciones comunitarias y estatales a este tipo de instalaciones, así como las experiencias que se desarrollan en la Comunidad Valenciana.

1. INTRODUCCION

Desde antiguo se ha observado que la pesca tiene tendencia a concentrarse alrededor de barcos hundidos, rocas, algares y en general cualquier estructura natural o artificial que ofrezca posibilidades de abrigo. Esta atracción que ejercen sobre los peces los elementos sumergidos ha sido utilizada desde antiguo por los pescadores japoneses para mejorar sus rendimientos pesqueros. Primero con los tradicionales «Tsu-ki Iso» contruidos con piedras a poca profundidad y en la actualidad con programas sistemáticos de instalación de estructuras diseñadas especialmente para aumentar la productividad pesquera de su plataforma continental, los japoneses se encuentran a la cabeza del mundo en desarrollo tecnológico y volumen de inversiones destinadas a la construcción de arrecifes artificiales pesqueros (unos 80 millones \$/año).

Si en el Japón es la Administración la que dirige e impulsa un programa nacional de de-

sarrollo y consolidación de pesquerías en su plataforma continental, en Estados Unidos es la iniciativa privada de clubs náutico-deportivos el impulsor principal de los múltiples programas de construcción de arrecifes artificiales. La Administración de EE.UU. concentra su esfuerzo en proyectos de investigación con los objetos fundamentales de asimilar la tecnología que se desarrolla en el Japón por un lado y de evaluar por otro el impacto que en aguas americanas producen diferentes tipos de arrecifes artificiales y atractores de pesca. El esfuerzo norteamericano se dirige pues en dos direcciones: la asimilación de tecnología constructiva avanzada y la construcción de pequeños arrecifes artificiales con fines deportivos y cuyos beneficios se miden en términos turístico-recreativos y no en volumen de pesca.

En Europa la experiencia acumulada es muy pequeña y apenas sí cabe señalar que se han realizado pequeños arrecifes experimentales en las costas de Italia, Francia, España y otros países pero con resultados y relevancia mínimos. La política pesquera de la Comunidad Económica Europea mediante el REGLAMENTO (CEE)

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de mayo de 1988.

4028/1986 DEL CONSEJO, relativo a acciones comunitarias para la mejora y adaptación de las estructuras del sector pesquero y de la acuicultura introduce un programa de instalación de estructuras para el acondicionamiento ecológico y pesquero de las franjas costeras (arrecifes artificiales). En España surgen los arrecifes artificiales como estructuras destinadas a proteger o potenciar zonas de interés ecológico y pesquero, estructuras que presentan unas posibilidades de explotación pesquera que no hemos utilizado hasta la fecha y que podrían ayudar a recuperar la capacidad de producción de nuestros propios caladeros.

Además del estudio de los arrecifes artificiales para la mejora de pesquerías, en este primer artículo se presenta un nuevo modelo conceptual de instalación de arrecifes en la costa por el que estas construcciones pueden cumplir una doble función: La protección de costas y la mejora de la productividad pesquera.

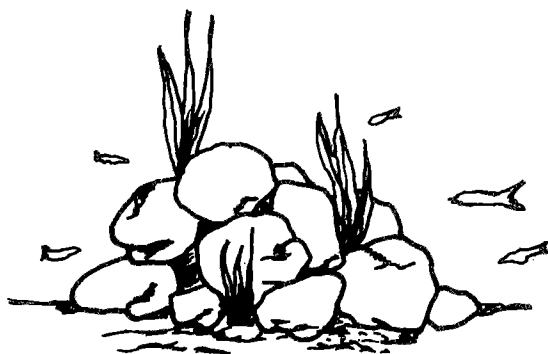
2. ARRECIFES ARTIFICIALES EN LA MEJORA DE PESQUERIAS

A pesar de la tradición y volumen de inversiones que los japoneses dedican a la construcción y explotación de arrecifes con fines pesqueros, Grove and Sonu (1985) señalan con claridad que son muy pocos los artículos publicados que describan con detalle los fundamentos y estructura científica y técnica en los que se basa la construcción de arrecifes. El diseño

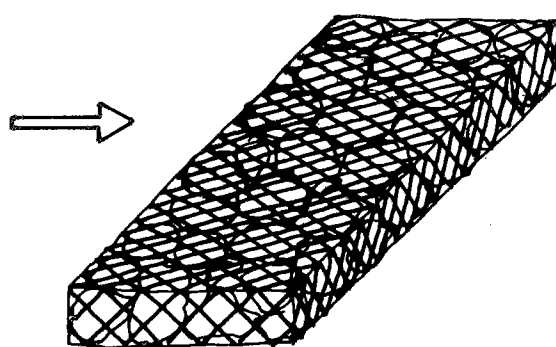
de arrecifes artificiales pesqueros es una mezcla de arte y tecnología ya que no se conocen con precisión los factores que determinan el comportamiento de la pesca frente al arrecife.

Entre las características generales observadas que influyen sobre las especies marinas, podemos señalar que las estructuras instaladas en el mar proporcionan un nuevo sustrato donde apoyan el crecimiento algunos organismos, aumentan la complejidad del habitat al generar espacios verticales y cambian las condiciones de abrigo alterando corrientes y efectos del oleaje. Así pues, un conjunto de estructuras situadas en el fondo marino puede alterar sensiblemente las condiciones ambientales naturales imponiendo el establecimiento de un nuevo equilibrio ecológico favorable para el hombre. Además de favorecer las condiciones de explotación comercial de la pesca, el arrecife artificial pueden cumplir un papel de control de las actividades humanas impidiendo la degradación ambiental y pesquera del medio marino.

Los tipos de estructuras que pueden emplearse podemos definirlos dependiendo del tipo de superficie y volumen cerrado que ofrecen. Así tenemos estructuras sustrato basadas en la generación de superficies horizontales donde a poca profundidad y con diferentes actividades de luz las algas pueden desarrollarse con facilidad. En el extremo opuesto, las estructuras cámara ofrecen planos verticales y grandes espacios cerrados, mientras que los arrecifes formados con bloques o escollera pertenecen a un tipo



TSUKI ISO



GAVION DE FIBRA DE VIDRIO

Figura 1.

intermedio con planos variables y volúmenes medios.

Tenemos registros de construcción de arrecifes artificiales pesqueros del s. XVII. El tradicional «Tsuki Iso» japonés consistía en lanzar piedras sobre el fondo blando para dar sustrato a las algas y especies de interés pesquero. En la actualidad pueden encontrarse versiones semejantes mejoradas con gaviones de acero o fibra de vidrio que retienen la piedra frente a la acción de los temporales (Fig. 1).

Después de la 2ª. Guerra Mundial, la Administración Japonesa ha generado sucesivos programas de desarrollo y consolidación de pesca litoral en gran parte dirigidos a racionalizar y fomentar la construcción de arrecifes artificiales. En 1954 se lanzó un programa de subvenciones para la construcción de arrecifes pesqueros con elementos de hormigón y otros materiales duraderos («Jinko Gyosho») para sustituir los tradicionales «Tsuki Iso».

En la actualidad el programa japonés de arrecifes artificiales distingue tres tipos de arrecife artificial según su tamaño:

- Arrecifes «Nami» (ordinarios): Con un volumen global superior a 400 m³, los arrecifes pequeños tienen una subvención del 50 por 100 y un coste tipo de \$ 30.000.
- Arrecifes «Oh» (grandes): El volumen global es superior a 2.500 m³, tienen un nivel de subvención del 60 por 100 y un coste tipo de \$ 200.000.
- Arrecifes complejos: Con más de 50.000 m³ de volumen, se subvencionan al 70 por 100 y tienen un coste superior a los \$ 400.000.

Sheehy (1979) destaca los esfuerzos de Taiwan instalando arrecifes artificiales para aumentar la producción y estabilidad de la pesca. Aunque el esfuerzo chino es considerable, el programa japonés es sin duda el de mayor intensidad del mundo, construyéndose a un ritmo anual medio de 70 arrecifes complejos, 120 «Oh» y 400 «Nami» (Grove and Sonu, 1985).

2.1 Comportamiento de la Pesca

Las razones de la atracción de la pesca por el arrecife no son conocidas totalmente. Se sa-

be que los barcos hundidos son de los mejores arrecifes que se conocen pero las razones últimas de la atracción permanecen todavía ocultas. Seguramente son muchas, con interacciones entre ellas y con distintos efectos sobre diferentes especies marinas

Se han estudiado los comportamientos de más de un centenar de especies y se han observado muy variadas respuestas. Algunas especies son sensibles a la altura del arrecife mientras que otras lo son a la extensión del mismo. Unas son atraídas por el arrecife durante sus migraciones mientras que otras son residentes; unas viven dentro del arrecife y otras prefieren mantener una cierta distancia. Por último, algunas prefieren el contacto directo con los materiales y superficies del arrecife mientras otras son totalmente indiferentes.

Mottet (1985) presenta un análisis del comportamiento de las diferentes especies respecto a los arrecifes y atractores de pesca. Clasifica la pesca en tres tipos básicos: migratorios de aguas medias, migratorios de fondo y residentes. Señala que son los migratorios los de mayor interés comercial indicando que tienen tendencia a acercarse a los arrecifes y estructuras flotantes aunque se encuentren fuera de su alcance visual. Las algas y organismos invertebrados y la protección de los depredadores atraen a una parte de la pesca al tiempo que los grandes peces migratorios detectan el arrecife por los sonidos que generan los seres vivos asociados al mismo.

Un grupo particular de arrecifes artificiales lo constituyen los atractores de pesca. Son estructuras flotantes a media profundidad diseñadas con el fin de atraer la pesca. En general se trata de estructuras ligeras (1-4 Tn) flotantes bajo la superficie del mar (10-15 metros) con anclajes potentes (10-30 Tn) que puedan instalarse y moverse de lugar con facilidad. Estas estructuras tienen la ventaja de poder cambiarse de lugar y situarse en puntos estratégicos según la época del año (Fig. 2).

2.2 Diseño y Factores Económicos

Los objetivos fundamentales de un arrecife artificial pesquero son distintos en diferentes países. En Japón y Taiwan son las necesidades

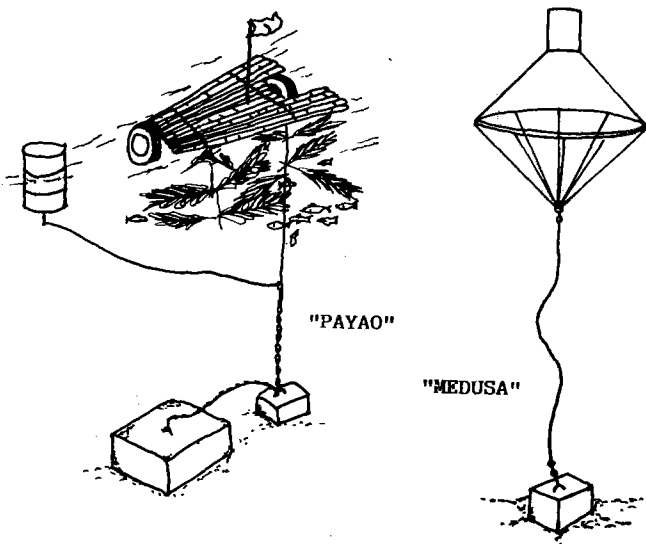


Figura 2.—Antiguo y moderno atractor de pesca.

de la pesca comercial, la racionalización y el aumento de la producción pesquera los factores determinantes. El objetivo básico de los arrecifes en EE.UU. es proporcionar puntos de interés deportivo y turístico. En España la sensibilidad es mayor respecto al papel disuasorio de los arrecifes respecto a la pesca de arrastre prohibida en la zona litoral dentro de la batimétrica de 50 metros.

Como elementos destinados a favorecer la pesca comercial, los arrecifes artificiales pueden disponerse en áreas con baja concentración pesquera con objeto de aumentar la densidad y hacer rentable el trabajo. Pueden acercar la pesca a los puertos pesqueros y conseguir reducir los gastos de combustible, tiempo invertido y riesgos. Los arrecifes pueden disponerse para favorecer áreas de cría, evitar la pesca de arrastre en aguas prohibidas y consolidar ecosistemas marinos amenazados por el hombre. Por último, la propia construcción de arrecifes artificiales constituye una actividad económica que puede dar lugar a importantes beneficios sociales y económicos derivados de la generación de empleo directa y derivada de las operaciones de mantenimiento y explotación.

En Japón son más de 100 los tipos de módulos estructurales calificados para recibir subvenciones. Se les exige durabilidad (capacidad de resistir más de 30 años), seguridad (materiales no tóxicos y manipulación fácil), funcionalidad (capacidad de congregar pesca) y

economía. Los materiales empleados van desde el hormigón armado hasta la fibra de vidrio utilizándose también el acero, plástico, materiales cerámicos y neumáticos. En contraste, los americanos (Stone, 1985) han empleado todo tipo de elementos desechables, desde autobuses, coches, embarcaciones y neumáticos preparados, hasta plataformas petroleras abandonadas (Shinn, 1974, MARINE LOG, 1987).

Myatt (1979) señala objetivos de la instalación de arrecifes resaltando la potencial aparición de conflictos asociados a la explotación y mantenimiento de pequeños arrecifes. La promoción turística de un arrecife, los seguros, los trabajos de seguimiento y control y el mantenimiento de boyas, son, entre otros, aspectos importantes que pueden ocasionar problemas entre responsables y usuarios. Por otro lado, los trabajos de investigación y los proyectos pilotos son necesarios para orientar correctamente la instalación y explotación de arrecifes en grandes tramos costeros.

Como esquema general de planeamiento de arrecifes pesqueros podemos partir del módulo unidad elemental. Aunque se ha visto que la máxima efectividad relativa se obtiene con elementos tipo cúbico con aristas de 1 a 1,5 metros, razones económicas pueden aconsejar emplear elementos mayores (4-5 metros de arista). Para conseguir el efecto de atracción deseado, los elementos deben agruparse formando un conjunto que tenga un volumen global mínimo superior a 400 m³ (arrecife simple). Un grupo de arrecifes estará compuesto por 10 ó 20 arrecifes simples situados a distancias entre 200 y 500 metros (el doble de la distancia máxima de influencia) y, por último, el arrecife complejo estará constituido por una distribución en el espacio de grupos de arrecifes. Los arrecifes complejos deberán estar situados a distancias mínimas superiores a los 3 kilómetros.

3. PROTECCION DE COSTAS EN ESPAÑA

La importancia del litoral español en la economía del país queda puesta de relieve con clari-

dad por los datos aportados en las Consideraciones Generales de la Política de Costas-Plan de Actuaciones 1983-1990 (MOPU). Dentro de la franja costera de 5 kilómetros se acumulan el 35 por 100 de la población residente, el 82 por 100 de la población turística y el 64 por 100 de la potencia industrial.

Durante las últimas décadas se ha producido un flujo continuado de actividades y población hacia las zonas litorales que ha puesto en primer plano los problemas asociados a la conservación de ese escenario natural acosado por necesidades e intereses diversos. La estabilidad de nuestras playas, la defensa de su equilibrio y el aprovechamiento racional de este patrimonio colectivo de la máxima importancia económica y social aparecen como temas fundamentales. La inadecuada legislación, la falta de planificación y servicios técnicos y la escasez de inversiones en la protección de costas y acondicionamiento de la franja litoral fueron las razones señaladas para explicar la situación de partida y proyectar la actual política de costas.

3.1 La Erosión de nuestras playas

En la presentación del resultado de la primera fase del Plan General de Costas (MOPU, 1986) se describen con crudeza algunos aspectos de la protección de costas que se han intentado corregir:

«... Dejando al margen otros fenómenos como la contaminación de las aguas, el dominio público marítimo ha sido privatizado en gran parte, ha visto desaparecer un 25 por 100 de sus playas, no recibe aportes sedimentarios del 80 por 100 del territorio y, sobre todo, en su borde marítimo, sometido en un elevado porcentaje a proceso de regresión irreversible, más de la mitad del suelo es ya suelo urbanizable o urbano.

Años de degradación de los valores naturales de nuestro entorno; años de abandono e incompetencia que nos han dejado una pesada herencia...».

Aunque en los últimos años se han potenciado los Servicios Técnicos de Costas, se tiene una clara voluntad de establecer un nuevo marco normativo, se ha adoptado por criterios de

protección de costas basados en soluciones de tecnología blanda o de bajo impacto y se ha multiplicado progresivamente la inversión en el acondicionamiento de la franja litoral hasta alcanzar la cifra anual de 5.485 millones de pts. en 1986, parece evidente que se tardarán muchos años hasta alcanzar los 100.000 millones de pts. de inversión total que se estimaron como necesarios para conseguir unas condiciones mínimas de equilibrio en la franja costera (MOPU, 1983).

La necesidad de mantener durante muchos años un fuerte nivel de inversiones y criterios permanentes de protección de costas de tecnología blanda plantea problemas de planteamiento y protección de costas muy complejos en las grandes unidades fisiográficas. Copeiro (1980, 1982) describe la problemática general de la protección de costas y señala algunos problemas que podría provocar la aplicación estricta de la regeneración total del circuito sedimentario en las grandes unidades fisiográficas hasta proponer frenar el transporte de sedimentos con obras de defensa frontales que generen tómbolos y hemitómbolos estéticamente aceptables. Por otro lado, el programa de Política de Costas desarrollado por el MOPU introduce como criterio fundamental la utilización de la alimentación artificial y el trasvase de arenas apoyado con la construcción de diques semisumergidos y sumergidos que restituyen la corriente litoral. Por último, el gran número de barreras artificiales (puertos y espigones) que interceptan el flujo de los sedimentos paralelo a la costa y el de presas que impiden que los cauces fluviales aporten la carga sedimentaria debida provocan una cristalización progresiva de los problemas de estabilidad de playas generando graves situaciones puntuales cuya solución objetiva (necesariamente global) no será fácil.

Si centramos nuestra atención en las grandes unidades fisiográficas (p.e. Ovalo Valenciano), la situación de partida es en general una costa salpicada de barreras artificiales portuarias como «Castelló, Borriana, Sagunt, Poble de Farnals, Valencia, Cullera y Gandía» (Serra, 1985) que interrumpen total o parcialmente el flujo de sedimentos paralelo a la costa (del orden de 100.000 m³/año según sectores), que provocaron en su día problemas erosivos gra-

ves que se intentaron resolver con campos de espigones y defensas longitudinales que a su vez no consiguieron atajar el problema y además de degradar el paisaje litoral trasladaron el problema erosivo en la dirección de la corriente litoral meida (al Sur en el Ovalo Valenciano). Por otro lado, los aportes de los cauces fluviales están afectados casi irreversiblemente por la instalación de presas que provocan la deposición de materiales en las colas de los embalses imposibilitando en la práctica el restablecimiento natural de sedimentos a las playas. Por último, la tradicional extracción de áridos de playas y ríos para la construcción y la mejora de suelos agrícolas y la presión urbanística tendente a la inmovilización de campos dunares y reservas naturales de arenas constituyen factores negativos que favorecen la cristalización del flujo de sedimentos a lo largo del litoral.

En este contexto, resulta muy difícil llevar adelante un programa global de protección de costas que pretenda establecer la circulación litoral respetando al máximo el medio físico costero. Frente a actuaciones de defensa regeneracionistas puras como los aportes en playas del Maresme (3 millones de m² de arenas de fondo marino), podemos ver otras defensas de espigones que en el Estany Gran de Cullera amenazan con propagar la onda erosiva hacia el Sur. A pocos kilómetros al Norte de Valencia, la Autopista ha sido cortada al tráfico más de una vez por la acción de los temporales (M. Conesa, comunicación personal) lo que evidencia la necesidad de actuar con rapidez en la protección de ese tramo de costa atendiendo a cualquier criterio razonable que pueda aplicarse inmediatamente.

Así pues, las actuaciones en el litoral responden no sólo a unos criterios generales, sino también a unos problemas locales urgentes y unas limitaciones presupuestarias que en la práctica imponen la necesidad de establecer prioridades de protección de costa en el tiempo y el espacio.

3.2 Garantizar el Exito de un Plan de Protección de Costa

En el punto anterior ha quedado de manifiesto la necesidad imperiosa de disponer planes de

protección de costas que definan los modelos conceptuales de protección que deberán aplicarse a cada una de las grandes unidades fisiográficas. La degeneración en cadena de muchas de nuestras playas nos ha enseñado que es una temeridad inaceptable abordar la protección de costas como problema local.

Por otro lado, el adoptar criterios generales de protección de costas en una gran unidad fisiográfica requiere tomar una decisión de complejidad extrema. Como en una larga batalla, la armónica disposición de acciones en el espacio y en el tiempo es lo que decide el resultado y no la aplicación local de un determinado plan o criterio. La mayor fuente de riesgo en la ejecución de un Plan de Protección de Costas para una gran unidad fisiográfica reside en los cambios de criterios que pueden venir con el paso del tiempo, en las nuevas obligaciones y condiciones que impone el planteamiento en el escenario litoral y en la dificultad de garantizar la respuesta a largo plazo.

Si un plan de protección de costas aplicado a una gran unidad fisiográfica está basado en criterios tendentes a restituir el circuito sedimentario litoral, las actuaciones que se propongan para resolver problemas erosivos locales inmediatos tenderán a realizar aportes artificiales de arena como solución óptima.

A medio plazo y una vez restituido el transporte longitudinal de sedimentos donde ya habría desaparecido, la tendencia general del Plan será la de imponer el permanente transvase de arena en todas las barreras totales (grandes puertos), la eliminación de barreras inútiles (antiguos espigones de defensa) y promover transvases menores y dragados permanentes en los puertos pequeños (barreras parciales). Todo esto producirá a largo plazo una mejora ambiental clara del medio litoral pero a costa de fuertes inversiones directas e importantes gastos permanentes que deberán mantener el equilibrio dinámico de las playas de la unidad. Estos gastos permanentes necesarios para mantener la calidad del medio plantean problemas jurídicos asociados a la determinación del sujeto que deberá soportar los costes de los transvases (¿los puertos?) y problemas técnicos derivados de la necesidad de restituir artificialmente el an-

tiguo aporte de los cursos fluviales afectados por presas y otras acciones antrópicas.

Por último cabe señalar que para imponer en una gran unidad fisiográfica, ya degradada en gran parte, un plan regeneracionista puro será necesario garantizar que los criterios no van a ser alterados durante los años (décadas) de ejecución del plan hasta la restitución total del circuito sedimentario y esto requiere partir de un prudente consenso generalizado de que el asumir la regeneración total de la unidad fisiográfica natural y las cargas económicas y conflictos jurídicos que plantea es la estrategia óptima para el país.

El gran número de problemas económicos, jurídicos y técnicos asociados con el planteamiento de protección regeneracionista puro puede aconsejar optar por planteamientos de protección litoral menos blandos basados en la cristalización parcial del circuito sedimentario litoral con obras de protección de costa «aceptables estéticamente». Diques exentos con baja coronación o sumergidos pueden proporcionar una protección litoral al frenar la capacidad natural de transporte de sedimentos y reducir con ello los costes de mantener la nueva dinámica litoral. Esta segunda alternativa de planeamiento puede diseñarse para alterar el flujo natural de sedimentos, desde suaves cambios del caudal medio de transporte hasta la cristalización completa de una serie de tómbolos creados con diques exentos. Por último, espigones perpendiculares más o menos permeables al transporte longitudinal de sedimentos pueden completar un conjunto de instrumentos para frenar «a voluntad» el transporte litoral natural.

Si observamos las dos estrategias de planteamiento de protección de costas señaladas anteriormente, podemos ver que la segunda alternativa comprende todas las acciones y criterios que no sean de regeneración completa del circuito sedimentario litoral natural. La instalación de obras de protección fijas del tipo diques exentos o espigones perpendiculares más o menos permeables para cambiar el caudal litoral de sedimentos plantea un delicado problema dinámico. En efecto, no es posible garantizar con precisión la respuesta de la costa a las obras que situemos en ella con lo que si queremos man-

tener un determinado transporte medio de sedimentos a lo largo de la unidad fisiográfica acabaremos por defender con obras casi todas las playas de la unidad. Nos veremos obligados a demoler o reforzar obras de defensa según la respuesta obtenida y tendremos que realizar aportes artificiales de arena para mantener el flujo de sedimentos deseado. Por último, si no se sigue disciplinadamente el plan de defensa, regeneración y corrección, si no se aportan los recursos económicos necesarios en los momentos oportunos o no se corrigen errores, el resultado puede ser el desencadenamiento de obras de defensa que cristalicen el circuito sedimentario con unas condiciones estéticas poco afortunadas.

De lo señalado anteriormente se desprende que resulta muy difícil establecer y desarrollar con éxito un Plan de Protección de Costas para nuestras grandes unidades fisiográficas ya que en todo caso se requieren fuertes inversiones y mantener una gran disciplina presupuestaria y de criterios en la ejecución de planteamiento durante muchos años.

4. ARRECIFES ARTIFICIALES PESQUEROS EN LA PROTECCION DE COSTAS

Si analizamos el plan de Actuaciones de la Costa 1983-1990 y al Política de Costas desarrollada desde la Dirección General de Puertos y Costas, podemos observar que se tiene la voluntad de regenerar en lo posible la dinámica litoral natural orientando preferentemente las acciones a realizar aportes de arena y transvase de arenas, a construir diques semisumergidos o sumergidos y a liberar los campos de dunas y reservas naturales de arena. Se plantea la necesidad de las respuestas flexibles y dinámicas en el tiempo con posibilidad de demolición de las obras construidas en el pasado y que molestan en la actualidad. Se potencia paralelamente la construcción de un valioso banco de datos marítimos que permita diseñar mejor las obras marítimas en nuestro litoral y un programa de búsqueda de fuentes de arena (marítimas o terrestres) que posibilite llevar adelante el Plan de regeneración general propuesto. Este plan-

teamiento nuevo de la protección de costas responde a una tendencia universal que puede verse con claridad comparando las ediciones de 1984 y 1975 del Shore Protection Manual donde datos de clima marítimo y obras de regeneración aumentan significativamente su presencia.

A pesar de los criterios establecidos en el Plan de Actuaciones en la Costa 1983-1990 (MOPU) y el fuerte aumento de inversiones (se ha multiplicado por diez la inversión anual en Costas durante los últimos 4 años y se duplicará la inversión en el segundo período (1987-1990), lo cierto es que al final del Plan sólo se habrá invertido en Costas la tercera parte de lo considerado por el propio Plan como «inversión necesaria para conseguir unas condiciones mínimas de equilibrio en la franja costera». Estas limitaciones presupuestarias y la gravedad de la situación de partida van a forzar que las acciones de protección de costas se extiendan durante dos décadas con la consiguiente incertidumbre sobre el mantenimiento de criterios e inversiones a largo plazo. En el capítulo anterior se ha puesto de manifiesto la dificultad actual de evaluar con precisión la respuesta de la costa a la instalación de obras de defensa que frenan parcialmente el transporte de sedimentos y la necesidad de realizar el seguimiento de las obras y demolerlas en caso necesario para mantener el nuevo equilibrio de cada unidad fisiográfica.

En este capítulo se propone introducir la utilización de arrecifes artificiales pesqueros como instrumentos flexibles y móviles de protección de costas. El modelo conceptual está basado en el hecho de que un campo de arrecifes pesqueros puede reducir apreciablemente la capacidad de transporte de sedimentos en las playas próximas y por tanto puede emplearse como elemento artificial regulador del flujo sedimentario litoral. Dado que los arrecifes artificiales pueden diseñarse como estructuras prefabricadas con facilidad para cambiar de emplazamiento, parece razonable desarrollar en España una generación de arrecifes de doble uso.

En la Fig. 3 se esquematizan utilizaciones de módulos de arrecifes artificiales pesqueros como elementos reguladores de la capacidad de

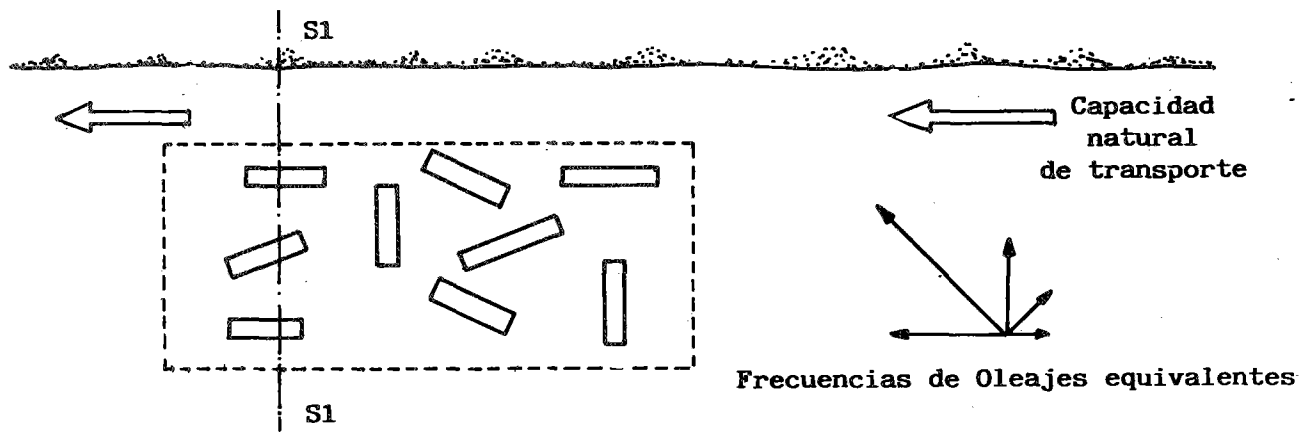
transporte de sedimentos. La utilización típica de Ingeniería de Costas sería la disposición de los módulos de arrecife en forma de diques exentos sumergidos. Este uso de los módulos puede llegar a conseguir la reducción del transporte con pocos elementos. En el extremo opuesto si los módulos se desplazan a mayores profundidades y se disponen como elementos situados aleatoriamente en un campo de arrecifes con determinada densidad, el efecto sobre el transporte de sedimentos litoral se reduciría hasta hacerse prácticamente nulo a partir de cierta profundidad, extensión y densidad.

Los algares naturales pueden considerarse sistemas que en la Naturaleza cumplen una función similar a la propuesta para el campo de arrecifes artificiales que dan magníficos resultados en algunos puntos de nuestro litoral.

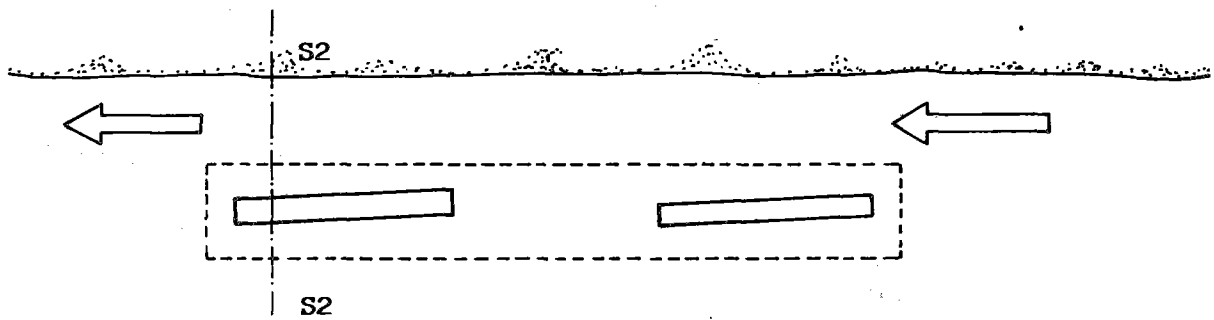
El procedimiento propuesto para plantear la protección flexible de un tramo de costa puede explicarse como una evolución de los sistemas clásicos de protección. Se diseñarán en primer lugar diques exentos sumergidos o de muy baja cota constituidos por módulos prefabricados prismáticos. Estos módulos deberán cumplir las condiciones de ser fáciles de reproducir, fáciles de instalar y de cambiar de emplazamiento, estables aisladamente en la zona potencial de trabajo y con sistema de huecos apropiado para favorecer la explotación de la pesca en el arrecife.

Después de evaluada la respuesta del litoral a los arrecifes artificiales pesqueros dispuestos como diques exentos de protección, se podrá aumentar o disminuir la eficacia de la misma añadiendo módulos de arrecife o cambiándolos de posición. Este proceso de adaptación a las necesidades podrá realizarse cuantas veces sea necesario, porque para ello se han diseñado los módulos de arrecife.

Al mismo tiempo que se desarrollan técnicas para evaluar con precisión el efecto sobre la costa de los arrecifes modulares con distintas disposiciones, será necesario hacer lo propio con la respuesta biológica del medio marino. Así pues, será necesario tener presente que los arrecifes artificiales instalados pueden generar su propio beneficio económico debido a la explo-



A) CAMPO DE ARRECIFES ARTIFICIALES



B) DIQUES EXENTOS SUMERGIDOS

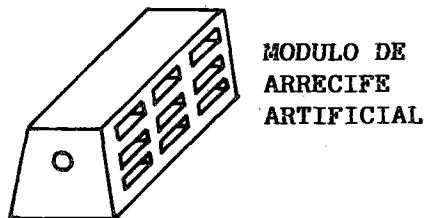
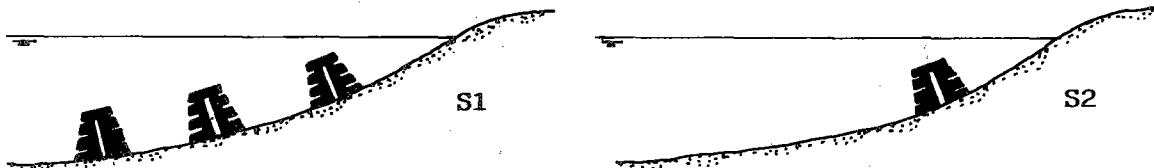


Figura 3.— Modelo conceptual de instalación de arrecifes pesqueros en la protección de costas.

tación de las especies marinas que vivirán y serán atraídas por el arrecife.

El arrecife artificial de doble uso aparece como un elemento muy atractivo conceptualmente pero sigue siendo de dudosa rentabilidad económica a pesar de las fuertes subvenciones comunitarias. En efecto, la incertidumbre aso-

ciada a los costes de construcción de los nuevos diques exentos modulares y al potencial beneficio económico pesquero confieren a la idea un riesgo cierto. Por otro lado y aunque existen interesantes vías de financiación para los arrecifes pesqueros, el aprovechamiento de las mismas requerirá una coordinación perfecta en-

tre las Administraciones Central y Autonómicas, las Cofradías y los particulares en la explotación pesquera de los arrecifes.

Sin embargo y teniendo en cuenta la necesidad española de mejorar la productividad pesquera de las aguas propias y la de disponer de elementos flexibles de protección de costas, parece prudente iniciar cuanto antes experiencias piloto que permitan evaluar con precisión la rentabilidad probable de un programa general de instalación de arrecifes artificiales de doble uso. La importancia de la estabilidad de las playas en nuestras grandes unidades fisiográficas y la del mercado pesquero en España confieren a nuestro país unas características únicas para que puedan tener éxito los arrecifes artificiales pesqueros en la protección de costas.

5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la necesidad de la recuperación de la capacidad de producción de pesquera de nuestro litoral, las líneas de financiación existentes en la Comunidad Económica Europea, la importancia de nuestro mercado pesquero y la de la oferta turística apoyada en la calidad de nuestras playas, en este artículo se concluye que:

1.º Deben desarrollarse proyectos piloto de instalación de arrecifes artificiales pesqueros en nuestras aguas para adquirir experiencia y conocimientos científicos en la explotación comercial de esta actividad durante los próximos años.

2.º A pesar de las subvenciones comunitarias, el desarrollo de la instalación de arrecifes pesqueros en España puede fracasar debido a la incertidumbre de la rentabilidad económica pesquera pura, por lo que la doble utilización de los arrecifes puede ser una vía decisiva a corto plazo desde el punto de vista pesquero.

3.º Si el desarrollo a gran escala de arrecifes artificiales pesqueros resulta económicamente rentable, una utilización doble del arrecife puede colaborar de forma importante en la protección de nuestras costas y el mantenimiento o recuperación de nuestras playas. El arrecife de doble uso resulta pues interesante a largo plazo desde el punto de vista costero.

4.º Debe ensayarse a escala natural la instalación de arrecifes artificiales de doble uso para explotación pesquera y protección de costas.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo es en parte resultado del Estudio para la Instalación de Arrecifes Artificiales de Vinarós, Cullera, Benidorm y Santa Pola financiado por la Consellería de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana. Los autores quieren reconocer expresamente la ayuda e información facilitada por don Luis Belda, Ingeniero Jefe del Servicio de Pesca de la Consellería.

REFERENCIAS

1. CERC (1984): «Shore Protection Manual» (2 Vols.). U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. 20402.
2. CERC (1975): «Shore Protection manual» (3 Vols.). U.S. Government Printing Office. Washington, D.C. 20402.
3. COPEIRO, E. (1980): «Sobre la Progresiva Ruina de Nuestras Costas Arenosas». Revista de Obras Públicas. Abril, 1980. Págs. 307-319.
4. COPEIRO, E. (1982): «Playas y Obras Costeras en España». Revista de Obras Públicas. Agosto, 1982. Páginas 531-547.
5. D'ITRI, F. M. (1985): Ed. Artificial Reef: «Marine and Freshwater Applications». Lewis Publishers, Inc., 1985.
6. GROVE, R. S. and SONU, C. S. (1985): «Fishing Reef Planning in Japan» en Artificial Reefs (D'Itri Ed.). Lewis Publ. Inc., 1985, págs. 187-251.
7. INO, T. (1974): «Historia Review of Artificial Reefs Activities in Japan». Proc. of an International Conference on Artificial Reefs. Houston-TX. March 20-22, 1974, páginas 21-23.
8. KIM, T. I.; SOLLITT, C. K. and HANCOK, D. R. (1981): «Wave Forces on Submerged Artificial Reefs Fabricated from Scrap Tires». Oregon State University. ORESU-T-81-003 (R/CE-7).
9. MARINE LOG (1987) Florida Sea Grant College Publication: «Artificial Reefs». Sea Grant Extension Program. University of Florida, fall 1987.
10. MEDINA, J. R.; SERRA, J.; ESTEBA, V. J.; AGUILAR, J.; ACUÑA, J. D.; GARCIA, A. M.; y otros (1987): «Estudio de Instalación de Arrecifes Artificiales en Vinarós, Cullera, Benidorm y Santa Pola». Informe para la Consellería de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana. Abril, 1987.
11. MEDINA, J. R. y SERRA, J. (1987): «Arrecifes Artificiales. Problemas Pesqueros y de Protección de Costas». Curso de Ingeniería de Costas VALENCIA-87, U.P.V., 8-10. Sept., 1987. SPUPV-87. 238, págs. 20.1-20.31.
12. MOPU (1986): «Costas y Señales Marítimas. Actuaciones 1986». Centro de Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
13. MOPU (1983): «Política de Costas. Plan de Actuaciones 1983-1990».

14. MOTTET, M. G. (1985): «Enlacement of the Marine Environment for Fisheries and Aquaculture in Japan». En Artificial Reefs (D'Itri Ed.). Lewis Publ. Inc., 1985, páginas 13-112.
15. MYATT, D. D. (1979): «Planning Considerations for Reef Construction». Proc. of Artificial Reefs. Daytona Beach-FL, Sep. 13-15, 1979, págs. 41-49.
16. SERRA, J. (1985): «Procesos Litorales en las Costas de Castellón». Tesis Doctoral.
17. SHEEHY, D. J. (1979): «Artificial Reef Program in Japan and Taiwan». Proc. of Artificial Reef. Daytona Beach-FL. Sep. 13-15, 1979, págs. 185-198.
18. SHIN, O. I. (1987): «Wave Forces on Concrete Pipes and Plates Used as Seabed Artificial Reefs Units», a thesis submitted to Oregon State University. M. Ocean Engineering. August 4, 1987.
19. SHINN, E. A. (1974): «Oil Structures as Artificial Reefs». Proc., of a International Conference on Artificial Reefs. Houston-TX. March 20-22, 1974, págs. 91-96.
20. STONE, R. B. (1985): «History of Artificial Reef Use in the United States» in Artificial Reefs (D'Itri Ed.). Lewis Publ. Inc., 1985, págs. 3-11.



Josep Ramón Medina Folgado



Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Escuela Téc. Sup. de I.C.C.P. de Valencia (1979). Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia (1982), Profesor Titular de Universidad en 1984 y Director del Departamento de Transportes y Urbanística de la U.P.V. desde 1986. Profesor de Puertos y Estadística en la Escuela de Caminos de Valencia, su actividad investi-

gadora básica se ha centrado en estudios de grupos de olas y simulación de oleaje publicados en parte en el Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering (ASCE, New York) y Applied Ocean Research (C.M.L. Publications, Southampton). Ha publicado otros trabajos sobre modelos de riesgo en obras y procesos litorales en revistas españolas y congresos internacionales. Es investigador principal o asociado en proyectos de simulación de oleaje, grupos de olas y estabilidad de diques financiados por instituciones españolas y norteamericanas.

José Serra Peris



Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la E.T.S.I. Caminos de Valencia (1979). Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia (1986) y Profesor Titular de Universidad en 1987. Profesor de Costas en el Departamento de Transportes, Urbanística y Ordenación del Territorio de la E.T.S.I. Caminos de Valencia; su actividad investigadora se ha centrado en estudios de di-

námica y procesos litorales. Ha publicado trabajos en revistas españolas y congresos internacionales.