

LAS PRADERAS DE *POSIDONIA OCEANICA* Y LA REGENERACIÓN DE PLAYAS

Josep R. Medina

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Catedrático de Univ. y Director del Laboratorio de Puertos y Costas de la Universidad Politécnica de Valencia

Joaquín Tintoré

Dr. en Ciencias Físicas

Prof. Titular de Univ. y Director del Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados de Baleares (CSIC-UIB)

Carlos M. Duarte

Dr. en Ciencias Biológicas

Profesor de Investigación del CSIC adscrito al Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados de Baleares (CSIC-UIB)

RESUMEN

Las praderas de *Posidonia oceanica* son elementos esenciales de protección preferente en el ecosistema marino de las costas mediterráneas españolas. Estas praderas exigen la máxima atención en el desarrollo de proyectos y obras marítimas y en el planeamiento y gestión integrada del litoral mediterráneo. La *Posidonia oceanica* es una fanerógama endémica del Mediterráneo que tiene unas características muy peculiares que es necesario conocer para no cometer graves errores ambientales en el planeamiento y construcción de obras marítimas; entre ellas cabe destacar: longevidad milenaria, necesidad de luz y aguas claras, crecimiento muy lento, reproducción muy poco frecuente, necesidad de sustrato arenoso, formación de arrecifes a muy largo plazo, estabilización de perfiles de playa, caída de hojas en otoño, etc. Aunque los procesos de sedimentación muy intensos pueden matarla, la *Posidonia oceanica* es especialmente sensible al aumento de turbidez de las aguas marinas ocasionadas por vertidos al mar y a la erosión persistente de la playa sumergida que puede arrancar sus raíces y rizomas. En este artículo se describen, en relación con la *Posidonia oceanica*, los principales elementos a considerar en el planeamiento y gestión de obras marítimas y actuaciones en el litoral mediterráneo. Se analiza especialmente el problema de la protección de costas y la idoneidad de utilizar la regeneración de playas para garantizar la estabilidad de las mismas a medio y largo plazo.

ABSTRACT

The meadows of the seagrass *Posidonia oceanica* are essential for the protection of the marine environment on the Spanish Mediterranean coasts. The presence of these meadows demands that maximum attention be paid to the development of projects and sea works and in the planning and management of the Mediterranean coast. *Posidonia oceanica* is a Mediterranean endemic phanerogam or flowering plant which has special characteristics which must be known at the outset in order to prevent serious environmental damage through the construction of harbour works. These characteristics include a millenary life span, a need for light and clear water, very slow growth and reproduction rate, a need for sandy beds, a shedding of leaves in Autumn and the fact that they form meadows over a very long period which stabilise the shoreline by preventing the impact of the sea. While very intense sedimentation processes may kill this plant, it is also particularly sensitive to a build up in the turbidity of the sea water caused by waste and spillages and is similarly affected by the persistent erosion of the sea bed which can rip out its roots and rhizomes. This article describes the main aspects to be considered with regards to this "seagrass" in the planning and administration of harbour and sea works on the Mediterranean coast. The article goes on to analyse the problem of shore protection and the suitability of using shore regeneration to guarantee the stability of the same over the medium and long term.

1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas, las técnicas blandas de protección de costas se han impuesto progresivamente en el litoral español (ver Medina, 1998). La regeneración artificial ha sido durante años (ver MOPTMA, 1995) la herramienta típica de protección de costas del litoral mediterráneo español. Cuando parecía que los campos de espigones y las defensas longitudinales eran ya sólo una triste herencia del pasado, y los planteamientos locales de protección del litoral habían sido reemplazados definitivamente por planteamientos y visiones globales a escala de unidad morfodinámica, surge en España un conflicto grave entre la técnica estrella de protección de costas (la regeneración artificial de playas) y el cimiento fundamental del ecosistema marítimo del litoral mediterráneo (la *Posidonia oceanica*). Este conflicto planteado en el plano teórico ha frenado en la práctica durante los últimos años el uso de la regeneración artificial de playas para la solución de problemas erosivos del litoral. Este conflicto ha distorsionado además de manera significativa la solución de los problemas erosivos del litoral, frenando y modificando sustancialmente proyectos, planes y directrices y llevando muchos de nuestros problemas erosivos a un aparente "callejón sin salida" a medio y largo plazo, con lo que se ha creado una cierta crisis en cuanto a los modelos de actuación.

La situación planteada por el conflicto teórico entre la *Posidonia oceanica* y la regeneración artificial ha derivado en posiciones maximalistas de las que resulta muy difícil extraer una visión clara de la realidad, que permita actuar eficazmente manteniendo unos criterios científicos generales claros y con un razonable nivel de consenso entre los paradigmas de los investigadores de las distintas disciplinas que confluyen en la costa. Aunque los ingenieros, físicos, biólogos, geógrafos y otros científicos y técnicos que actúan y estudian el litoral, utilizan habitualmente el método científico en su trabajo, resulta evidente que los paradigmas dominantes en cada campo científico tienen puntos claros de divergencia en algunos aspectos relacionados con la *Posidonia oceanica* y dinámica litoral. En particular, la falta de información cuantitativa precisa sobre la *Posidonia oceanica* y la dinámica litoral, tiende a convertir los puntos de divergencia entre paradigmas en conflictos teóricos que muchas veces derivan en "diálogos de sordos" y posiciones extremas poco eficaces para resolver problemas reales. Por un lado, se atribuyen a la *Posidonia oceanica* una serie de virtudes absolutas y sensibilidad a la deposición de sedimentos a tenor de las cuales se pretende detener la ejecución de obras marítimas en general y las regeneraciones artificiales en particular, ya que se consideran nocivas para la pradera. Por otro lado se enfatizan las virtudes de la regeneración artificial y los perjuicios evidentes de la falta de respuesta a los procesos erosivos litorales, minimizando los posibles efectos negativos sobre la *Posidonia oceanica*. Esta situación que tiende a polarizarse y a sacarse del plano científico al social (ver Ferrer,

1998 y artículos sucesivos en *Diario de Mallorca*), imposibilita de hecho los planes realmente eficaces de protección de las costas con la *Posidonia oceanica* incluida, ya que tanto las playas como la *Posidonia* requieren planes de gestión estables con criterios claros que se mantengan a largo plazo. El consenso científico multidisciplinar a largo plazo es una necesidad ineludible para mantener la estabilidad de las playas y del ecosistema.

Siendo como es la *Posidonia oceanica* el centro de la discusión y el elemento más sensible (parte de su cobertura se puede perder en pocos años), resulta sorprendente que no exista una cartografía detallada de acceso público que describa el elemento sensible que se quiere proteger y su evolución en el tiempo. Ni disponemos de una cartografía que defina los emplazamientos de las praderas, ni tenemos indicadores que permitan realizar un seguimiento en el tiempo de su estado de salud. Es más, las distintas prospecciones que se han llevado a cabo en distintos puntos del litoral se han ejecutado a partir de aproximaciones descriptivas, lo que impide evaluar los posibles cambios que se producen en el ecosistema *Posidonia* a partir de prospecciones sucesivas. Por consiguiente, no existe la mínima base para objetivar de manera clara la discusión sobre los posibles daños que una acción (obra marítima, vertido, etc.) puede ocasionar en la *Posidonia*. En este contexto, **POSICOST** (2000-2001) es un proyecto de investigación multidisciplinar que pretende establecer la metodología adecuada para definir: (1) la extensión (especialmente el límite superior) de las praderas de *Posidonia oceanica* en las costas valencianas y de las islas Baleares, (2) su estado de conservación y (3) los indicadores de seguimiento adecuados para integrarlos en los SIG costeros de la Administración. **POSICOST** analizará los efectos de algunas regeneraciones artificiales realizadas sobre las praderas de *Posidonia oceanica* e intentará definir métodos eficaces para evaluar los efectos positivos y negativos de las actuaciones en el litoral sobre las praderas. Se han escogido tres zonas piloto en el litoral valenciano y balear para estudiar y comparar situaciones: (1) Calpe (Alicante) con una playa estable y otra regenerada con pradera de *Posidonia oceanica* desde h=3 metros, (2) Chilches y Cabanes (Castellón) con playas en erosión y pradera debilitada y (3) Magaluf (Mallorca) con una gran pradera y una playa, de gran interés económico, en la que se han realizado regeneraciones artificiales.

Este artículo describe brevemente el punto de partida técnico y científico del proyecto **POSICOST**. El primer debate general entre los diversos grupos de investigadores que participan en **POSICOST** ha puesto de relieve algunos aspectos convergentes desde paradigmas distintos que pueden resultar de utilidad a la sociedad si se explican con claridad y se resumen en reglas fáciles de aplicar. Por el contrario, otros aspectos considerados desde diferentes paradigmas no son convergentes en este momento y tendrán que dilucidarse a lo largo del desarrollo de **POSICOST**. Así pues, se van a describir aquellos aspectos de la ecología de la *Posidonia oceanica* en



Figura 1: Foto de pradera de *Posidonia oceanica*

relación a la regeneración de playas en los que existe un amplio consenso dentro del equipo multidisciplinar señalado. En el capítulo 2 se describe esquemáticamente la *Posidonia oceanica* y sus características. En el capítulo 3 se analizan las diferentes técnicas de protección de costas, especialmente la regeneración artificial de playas. En el capítulo 4 se analizan las actuaciones que pueden afectar a la *Posidonia oceanica*. Finalmente, se describen las conclusiones y se resumen los principales aspectos desarrollados en el presente artículo.

2. POSIDONIA OCEANICA

La *Posidonia oceanica* es una de las aproximadamente 50 especies de fanerógama marina de la familia *Potamogetonaceae*. Se trata de un endemismo mediterráneo muy importante que cubre aproximadamente el 60% del fondo marino del litoral mediterráneo hasta h=40 metros de profundidad. Las praderas de *Posidonia oceanica* constituyen el ecosistema más

extendido en las costas mediterráneas españolas, donde ocupa una extensión de unos 2800 km² (calculado a partir de Mas et al. 1993) y desarrollan ecosistemas sumamente productivos; en la Fig. 1 puede verse el aspecto de una pradera. Las praderas de *Posidonia* se cuentan entre los ecosistemas más productivos de la biosfera ya que, además de la *Posidonia*, tanto las comunidades de microalgas asociadas, como las de invertebrados, peces e incluso las de bacterias (responsables de la regeneración de nutrientes) contribuyen de forma decisiva a la producción. Por ello, y por su fragilidad, las praderas de *Posidonia* son elementos esenciales de protección preferente (Directiva 92/43 CEE del 21/5/1992 y BOE del 28/12/1995). Las praderas de *Posidonia oceanica* están también protegidas por la legislación de varias comunidades autónomas (DOGC del 12/8/1991, DOGV del 23/2/1992, etc.) así como la de distintos países del Mediterráneo. Su protección se considera como prioritaria en el Convenio Internacional para la Diversidad Biológica y su valor se ha reconocido también en la Declaración de la Isla de Ibiza como Patrimonio de la Humanidad. Así pues,

existe un elevado consenso científico y social acerca del gran valor de las praderas de *Posidonia oceanica* y de la necesidad de protegerlas.

La *Posidonia oceanica* es una de las especies vegetales adaptadas a vivir en el fondo marino litoral evolucionadas a partir de plantas terrestres. Un caso evolutivo con cierta semejanza al de los mamíferos marinos (ballenas, focas, etc.) adaptados a vivir en el mar evolucionados desde animales terrestres. No son algas, sino hierbas o plantas marinas que producen flores y semillas de manera análoga a la mayoría de las plantas terrestres. La *Posidonia oceanica* es una planta clonal, articulada en torno a un eje principal (rizoma) que se extiende horizontal y verticalmente formando una

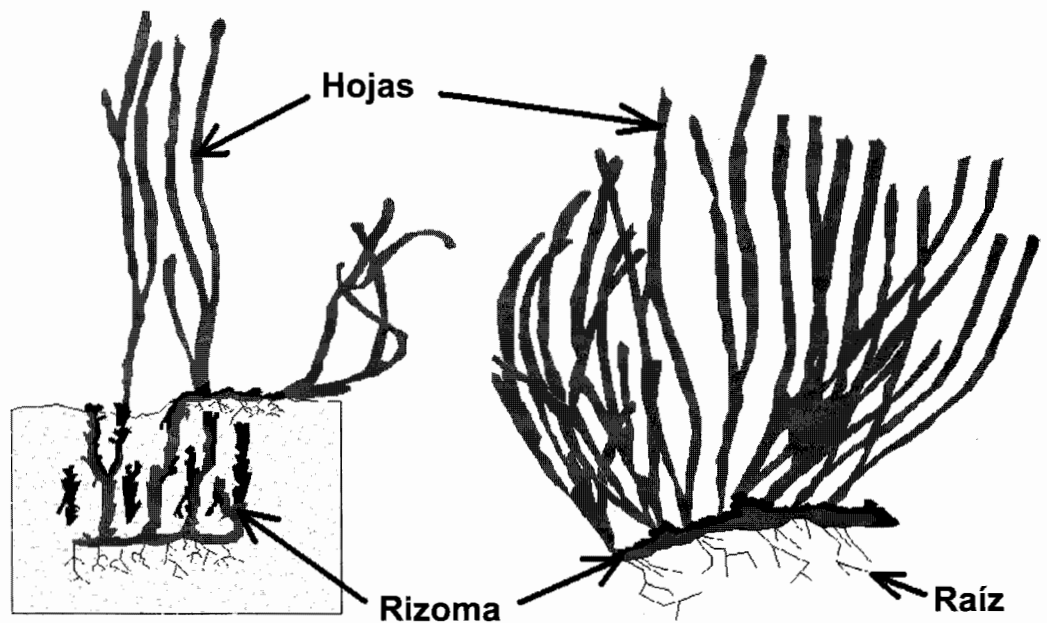


Figura 2: Dibujo esquemático de *Posidonia oceanica*

estructura reticular leñosa (mata de rizomas) con hojas que salen al exterior para tomar luz y alimentar a la planta tomando minerales del agua marina y raíces que penetran en el sustrato arenoso para fijarla y alimentarla; la Fig. 2 muestra un dibujo esquemático de la *Posidonia* con rizomas, hojas y raíces. Estas plantas marinas tienen algunas características que las hacen muy sensibles a determinadas actuaciones que el hombre desarrolla en el litoral; entre ellas cabe destacar:

Longevidad milenaria.- La *Posidonia oceanica* suele vivir formando praderas extensas con edades que se han calculado de dos a cinco mil años (Mateo et al. 1997) donde los tallos individuales pueden vivir más de 50 años (Marbá et al. 1996). Se trata pues de la angiosperma marina, y posiblemente del organismo marino, más longevo del planeta. Las praderas son comparables a los bosques de árboles milenarios a los que estamos más acostumbrados a valorar en ecosistemas terrestres. Lo que ha costado miles de años en formar y constituye el sustrato básico del ecosistema marino mediterráneo puede ser destruido en pocos años. Por ejemplo, la pradera de *Posidonia oceanica* de San Pedro del Pinatar (Murcia), con una extensión de varios kilómetros cuadrados, desapareció completamente tras instalar un emisario submarino (Marbá et al., 1996).

Luz y aguas transparentes.- La *Posidonia oceanica* necesita mucha luz para sobrevivir (se trata de una planta evolucionada desde plantas terrestres), pues a diferencia del resto de las plantas marinas, las angiospermas marinas tienen órganos

no fotosintéticos (raíces y rizomas) cuyo metabolismo se ha de mantener a partir del de las hojas. Esta necesidad vital implica disponer de aguas transparentes y no demasiada profundidad (máximo $h=40$ o 50 metros), de forma que la profundidad máxima alcanzada por la pradera de *Posidonia oceanica* equivale aproximadamente a la profundidad a la que se recibe el 10 % de la luz en superficie. Cualquier alteración persistente de la cantidad de luz que recibe la pradera puede significar cambios drásticos en su crecimiento y su posible muerte, perdiéndose sobre todo las partes más profundas de la pradera.

Crecimiento horizontal lento (5 cm/año).- La *Posidonia oceanica* crece horizontalmente ocupando nuevos espacios a una velocidad máxima de unos 5 cm/año (Marbá y Duarte 1998). Esto significa que se necesitan siglos para cubrir unos decámetros y milenios para formar una pradera (Duarte 1995).

Crecimiento vertical lento (1 cm/año).- La *Posidonia oceanica* puede crecer ascendiendo para adaptarse a procesos de sedimentación débiles y moderados de carácter persistente, de forma que las hojas jóvenes no queden enterradas en el sedimento. La tasa de crecimiento vertical promedio se ha evaluado en 1 cm/año en el Mediterráneo (Marbá y Duarte 1998), variando entre un mínimo de 0.1 y un máximo de 4 cm/año (Marbá y Duarte 1998). Si la deposición de sedimentos es muy fuerte y persistente (varios años), la planta puede tener dificultades para crecer a la suficiente velocidad, y morir la zona de la pradera sepultada. La planta puede resistir deposiciones in-

tensas de corta duración (e.g. las asociadas al tránsito de ondas de arena) pero no deposiciones muy intensas y persistentes superiores a 1 cm/año. Aunque esto es así en teoría, los autores no conocen ningún informe en la literatura que pruebe la mortalidad de *Posidonia oceanica* por enterramiento, lo que no es sorprendente dado que tasas de deposición de sedimentos netas a largo plazo superiores a 1 cm/año son muy poco frecuentes en el litoral Mediterráneo.

No soporta erosiones persistentes.- La *Posidonia oceanica* no puede resistir procesos erosivos persistentes. Si falta el sustrato arenoso al erosionarse la playa sumergida, los rizomas y las raíces quedan expuestas y las corrientes tienden a arrancar la planta que muere en la zona erosionada. Así mismo, los rizomas y raíces expuestos son colonizados por organismos incrustantes que los perforan causando la muerte de la planta. Por estas razones, la *Posidonia oceanica* no suele colonizar la zona de baños en las playas ya que los cambios bruscos del perfil de la playa sumergida arrancan la planta que eventualmente pueda entrar en la zona. La imposibilidad de adaptarse a un escenario de erosión persistente es lo que hace de la erosión de la costa uno de los peores enemigos de la *Posidonia oceanica* que finalmente tiende a correr la misma suerte que la playa próxima. Así, las variaciones en crecimiento de *Posidonia oceanica* a gran escala en el Mediterráneo están asociadas a episodios de erosión (Marbá y Duarte 1997). Mantener la estabilidad de la playa próxima parece una condición necesaria (no suficiente) para garantizar la salud de la pradera.

Reproducción lenta.- La *Posidonia oceanica* florece en Otoño y sus semillas (de las que existen ya descripciones en siglo IV antes de Cristo) maduran y se esparcen en Enero-Marzo. Sin embargo, la producción de semillas y la supervivencia de las plántulas de *Posidonia oceanica* nacidas de éstas son poco frecuentes (aunque parece haber excepciones a esta regla en algunas zonas del Sur de Italia y en las Islas Baleares). Por ello, la reproducción sexual y la dispersión de *Posidonia oceanica* tienen una eficacia muy baja, lo que es coherente con el hecho de que los análisis de DNA de la planta muestran una variabilidad genética muy baja. En consecuencia, la colonización de un espacio nuevo por semillas puede considerarse un fenómeno muy raro en la actualidad.

Sustrato arenoso y arrecifes.- La *Posidonia oceanica* necesita un sustrato arenoso para colocar sus raíces y crecer. Los rizomas horizontales y verticales tienden a crear un armado natural del suelo arenoso que con el paso de los milenios puede cementarse y formar arrecifes similares a los de coral. Esta cementación del sustrato arenoso hace que, en algunos lugares, la *Posidonia oceanica* tenga la apariencia de planta que crece sobre fondo rocoso. A veces esta mata cementada de rizomas queda desprovista de plantas vivas en la zona somera más próxima a la playa,

Resistencia y ritmos anuales.- La *Posidonia oceanica* es una planta muy resistente que puede soportar sin problemas agresiones importantes (enterramiento, falta de luz, etc.) durante meses, al ser capaz de un importante almacenamiento interno de recursos. Sin embargo, si la agresión es persistente (más de un año) el crecimiento de la planta se verá afectado significativamente.

Estabilización de perfiles de playa.- La estructura tridimensional de los rizomas de la *Posidonia oceanica* constituye un cierto armado del sedimento arenoso de la playa sumergida que, junto con las raíces y hojas, frenan los movimientos sedimentarios del fondo marino haciendo que los cambios de perfil de la playa sumergida sean mucho más lentos de lo que serían en ausencia de pradera. Además del armado del suelo arenoso, el follaje de la pradera aumenta la rugosidad del fondo favoreciendo la disipación de energía del oleaje y favoreciendo los procesos de sedimentación y estabilización de perfiles.

Propagación del oleaje.- Las praderas de *Posidonia oceanica* aumentan la rugosidad del fondo marino (dependiendo de la época del año) alterando la propagación del oleaje que alcanza la costa. Un ejemplo típico de los efectos de la pradera sobre el oleaje y la costa es el hemitómbolo de El Puig (Valencia), donde una gran pradera de *Posidonia oceanica* formó en el pasado un hemitómbolo de gran escala. La pradera de *Posidonia oceanica* del Puig era todavía importante durante la década de los 70 pero degeneró rápidamente durante la década de los 80 para no quedar nada más que matas muertas a finales de la década (García-Carrascosa, comunicación personal). Esta degeneración progresiva durante las últimas décadas, entre otras causas, aumenta la capacidad de transporte de sedimentos y reduce el tamaño del hemitómbolo provocado fuertes erosiones locales que tienden a producir daños en cadena si se responde con técnicas duras de protección de costas (espigones, erosión de la playa sumergida, erosiones en playa seca, más espigones,...).

Caída de hojas en otoño (10 a 20 tn/Ha).- La *Posidonia oceanica* deja caer la mayor parte de sus hojas en otoño después de extraer la mayor parte de nutrientes que estas contienen. Esta hojarasca (de 10 a 20 tn/Ha) tiene una densidad ligeramente superior a la del agua marina, debida principalmente a los depósitos minerales (carbonatos, etc.) en sus superficies, por lo que se depositan en el fondo y son arrastradas a las playas próximas durante los temporales. En la playa seca, estos restos se pudren con mucha dificultad ya que están compuestos fundamentalmente por compuestos de carbono difícilmente degradables que incluyen fenoles de acción bactericida y fungicida. La cantidad anual de hojas de *Posidonia oceanica* acumulada en la playa seca en otoño, que viene a representar entre un 10% y un 25% de su producción anual,

proporciona una indicación de la superficie de la pradera próxima y su vitalidad.

Cimiento del ecosistema litoral.- Las praderas de *Posidonia oceanica* constituyen un excelente cimiento del ecosistema marino mediterráneo ya que permiten el abrigo de numerosas especies y colonizan áreas donde la pesca está restringida. Si consideramos su longevidad y su lentitud para colonizar nuevos espacios, que puede conllevar escalas temporales de siglos para la recuperación de praderas perdidas, resulta imperiosa la necesidad de proteger las praderas que todavía tenemos. A título indicativo, durante los estudios preliminares del proyecto POSICOST se ha podido constatar que la *Posidonia oceanica* descrita por García-Carrascosa (1989) hace una década ha sufrido un fuerte deterioro en zonas como Chilches, Nules y Cabanes (Castellón), posiblemente asociado a los vertidos y procesos erosivos de las playas adyacentes. Esta situación de degradación progresiva parece que afecta a los pocos restos de praderas que quedan en la unidad morfodinámica del Golfo de Valencia, aunque la mayor depuración y control de vertidos de los últimos años parece que está frenando el deterioro acelerado de las últimas décadas (García-Carrascosa, comunicación personal). La aparente regresión de *Posidonia oceanica* en el litoral del Golfo de Valencia es extensible a gran parte del litoral del Mediterráneo noroccidental, cuyas causas principales parecen ser la intensa presión antrópica, los vertidos y los procesos erosivos generalizados en la costa Mediterránea. Esta degradación se debe considerar como aparente debido a la inexistencia de indicadores de control y de un seguimiento sistemático de las praderas de *Posidonia oceanica* que permitan alcanzar conclusiones robustas sobre su estado y dinámica

3. TÉCNICAS DE PROTECCIÓN DE COSTAS

Medina(1998) describe las técnicas y estrategias de protección de costas atendiendo a distintos criterios. La clasificación más extendida es la que considera el efecto sobre la dinámica litoral en su conjunto; se puede definir como técnica de protección blanda aquella actuación que no reduce significativamente las aportaciones sedimentarias naturales en las zonas litorales adyacentes (regeneración artificial) y técnica dura la que siendo difícilmente reversible reduce significativamente las aportaciones sedimentarias naturales a otras zonas del litoral (defensas longitudinales). En general, las técnicas de protección blandas se usan localmente pero mantienen el flujo sedimentario en las zonas próximas, con lo que la mejora en una zona concreta (lucha contra la erosión de la playa) no afecta negativamente a otra playa próxima, sino que tiende a mejorar su posición frente a la erosión. Por el contrario, las técnicas duras se usaban habitualmente para solucionar un problema local de erosión, pero al reducirse el transporte lon-

gitudinal de sedimentos a las zonas próximas se provocan problemas en cadena muy difíciles de resolver a largo plazo. Los grandes campos de espigones y las grandes defensas longitudinales que jalonan nuestra costa son testigos de los resultados nefastos de la aplicación de estrategias basadas en técnicas duras de protección de costas.

Para analizar en sus justos términos las diferentes técnicas y estrategias de protección de costas, es necesario considerar las fuertes presiones económicas y sociales que puede generar toda intervención en la costa. Yepes(1995) demuestra que la extensión de la playa seca es, en muchas zonas litorales, el factor crítico de producción de la industria turística. Los procesos erosivos no sólo provocan problemas ambientales sino que tienden a generar reacciones económicas y sociales muy fuertes en algunos puntos. La influencia de los poderosos grupos de presión que confluyen en la costa, con intereses económicos, sociales y ambientales muy diversos, tienden a favorecer soluciones locales y de corto plazo o a la inacción absoluta. Durante los últimos años se ha podido comprobar como conceptos de moda del tipo "gestión integrada del litoral" se han utilizado para justificar actuaciones localizadas con un grado de dureza elevado que pueden significar la cristalización del flujo sedimentario. La metodología de encontrar el punto de equilibrio de los intereses de los grupos de presión dominantes en un espacio puede ser la mejor para ordenar urbanísticamente un cierto territorio; sin embargo, aplicada a las grandes unidades morfodinámicas del litoral mediterráneo nos puede devolver a la utilización de las viejas estrategias duras del pasado. La retención de sedimentos por los embalses y puertos, la extracción e inmovilización de sedimentos en el litoral y los cauces fluviales y la presión urbanística sobre las playas mediterráneas constituye un conjunto de causas y responsables complejo. Así pues, la solución global a los problemas erosivos resulta socialmente muy difícil de formular e implementar debido a los poderosos intereses en juego y, por consiguiente, se tiende a la inacción o a parchear con soluciones que resuelven solamente algunos problemas locales, con un elevado coste ambiental, económico y social a largo plazo.

La Tabla 1 presenta las características generales de diferentes técnicas convencionales de protección de costas ordenadas por el grado de dureza, es decir por la gravedad e intensidad de los problemas que se producen en el litoral y se desencadenan a largo plazo. Las características más importantes de las diferentes técnicas de protección de costas son:

Retirada Planeada.- Si existen suficientes reservas sedimentarias en una zona (campos de dunas) para alimentar durante décadas el flujo natural de sedimentos en una zona, la retirada planeada puede ser la mejor opción a medio plazo. El litoral erosionado debe reordenarse urbanísticamente, aumentando el espacio para el retroceso de la línea de orilla y liberando generalmente los volúmenes de sedimentos depositados en la zona dunar próxima. Esta estrategia puede plantear

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE DIFERENTES TÉCNICAS Y ESTRATEGIAS DE PROTECCIÓN DE COSTAS

TÉCNICA / ESTRATEGIA	Retirada Planeada	Alimentación Artificial Marina	Alimentación Artificial Terrestre	Diques Exentos Rebasables	Espigones y Diques Exentos	Defensas Longitudinales	Abandono
Grado de dureza	Muy bajo	Muy bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Desconocido
Necesita para aplicarse...	Depósitos litorales	Depósitos marinos	Depósitos fluviales ó canteras adecuadas	Canteras adecuadas	Canteras adecuadas	Ciudadanos pacientes	Ciudadanos ignorantes
Ventajas	Pocas obras. Ajuste lento del biotopo	Más y mejor playas a corto y largo plazo	Más playas a corto y largo plazo.	Creación de hemitómbolos y aspecto estético	Creación de tómbolos y playas encajadas	Facilidad de construcción y defensa inmediata	mínimo coste a corto plazo
Inconvenientes	Daños locales en la zona en regresión. Onda erosiva.	Reducción de calados en puertos. Deposiciones en biotopo marino.	Consumo de energía, generación de polvo. Reducción de calados en puertos. Molestias en usuarios si la arena es de cantera.	Reducción del flujo natural de sedimentos	Alteración del paisaje litoral. Cristalización de la playa.	Ineficacia a largo plazo Destrucción del medio litoral natural. Alteración del paisaje, etc.	Pérdida de control. Costes ambientales y económicos imprevisibles a largo plazo

problemas sociales (expropiaciones) y suele exigir actuaciones en la costa para devolverla a un estado semejante al natural con grandes zonas dunares de reserva y elevada calidad ambiental. Por otro lado, permite un ajuste lento del biotopo que tiende a resultar beneficiado por un espacio mejor acondicionado para el desarrollo de los ecosistemas litorales. El inconveniente a largo plazo es la extensión lenta y una cierta onda erosiva a sotamar de la zona en retroceso; sin embargo, este problema puede considerarse el más pequeño de los posibles cuando nos enfrentamos a un problema erosivo en el litoral. Un ejemplo de aplicación de la técnica de retirada planeada lo tenemos en las actuaciones realizadas en la playa de El Saler al Sur del Puerto de Valencia (ver Reyes y Almenar, 1993). Esta opción es, sin embargo, inviable en gran parte de nuestro litoral, donde han proliferado los paseos marítimos y construcciones en "primera línea de mar" asentadas directamente sobre depósitos de sedimentos que hubiesen actuado naturalmente como tampones de los procesos erosivos, pero que han quedado inmovilizados bajo las construcciones e infraestructuras viarias.

Alimentación Artificial Marina.- Si existen depósitos de sedimentos marinos adecuados en las proximidades de una zona en erosión, con granulometría mayor o igual que la natural, profundidad y distancia económica de extracción, desprovistos de recubrimiento de pradera de *Posidonia oceanica* ni otros elementos ecológicos a conservar, el dragado de grandes volúmenes de sedimentos y su vertido directo o indirecto en la zona es una excelente solución. Por un lado, se consigue recuperar de inmediato una playa y por otro se proporciona un punto con las suficientes reservas para alimentar durante años el flujo natural de sedimentos de un tramo litoral mayor previniendo otros problemas erosivos en las zonas litorales colindantes. Esta técnica puede plantear algunos problemas a muy corto plazo derivados del aumento del flujo sedimentario en puertos con reducción de calados y en el ecosistema marino. Normalmente requiere a largo plazo repetir la alimentación para reponer las reservas y mantener el flujo natural de sedimentos. La alimentación artificial natural o regeneración artificial es considerada internacionalmente en la actualidad una técnica cara pero recomendable frente a las técnicas duras para la protección ambiental del litoral a largo plazo. Un ejemplo de aplicación de la técnica de alimentación artificial marina o regeneración artificial con arena de fondos marinos y los seguimientos posteriores lo tenemos en las actuaciones en las playas del Maresme (ver Castañeda y Díez, 1995).

Alimentación Artificial Terrestre.- En la ausencia de depósitos de sedimentos marinos adecuados que puedan alimentar una zona en erosión, los depósitos marinos pueden sustituirse por terrestres. Si se extraen de cauces fluviales, podemos considerar que estamos adelantando el proceso natural de alimentación de playas desde cauces fluviales, pero a

costa de consumir energía en el transporte, generar polvo, aumentar el tráfico y la seguridad de las carreteras y alterar el depósito fluvial. Si se producen de cantera por machaqueo de roca, además de los problemas anteriores, gastaremos más energía en voladuras y machaqueo, generaremos más polvo y finalmente introduciremos en el circuito litoral un sedimento no natural que no suele gustar a los usuarios de playa durante los primeros años debido al color, la textura y la granulometría del sedimento de machaqueo. Un ejemplo de sustitución de alimentación artificial marina por terrestre de machaqueo lo tenemos en las obras de regeneración de playas en Benicarló-Peñíscola.

Diques Exentos Rebasables y Pequeñas Aportaciones.-

Cuando se desea frenar la erosión de un punto de una unidad morfodinámica y no se dispone de depósitos de sedimentos abundantes adecuados en las inmediaciones, una opción de poco impacto consiste en construir diques exentos rebasables (sumergidos o con pequeña cota) que tienen nulo o pequeño impacto visual. Es necesario normalmente complementar las obras con pequeñas aportaciones de áridos naturales o de machaqueo a la playa. Los diques frenan el flujo de sedimentos favoreciendo que las aportaciones resistan un cierto tiempo, después del cual será necesario reponerlo. Esta técnica no restablece el caudal natural de sedimentos, pero sí un cierto caudal aportado artificialmente y tiene además un pequeño impacto visual. Medina y Serra(1987) y Serra y Medina(1988) describen la propuesta de utilizar arrecifes artificiales prefabricados reflotables para un doble uso, de protección de costas y mejora de la productividad pesquera, que podrían utilizarse como diques sumergidos.

Diques Exentos y Espigones.- Cuando una playa está aislada de forma natural de su entorno o se considera necesario frenar la erosión de una zona y no se quiere aportar áridos periódicamente, una opción es cristalizar la costa frenando casi por completo el flujo natural de sedimentos a lo largo de la unidad morfodinámica utilizando diques exentos y espigones. Pueden tener formas especiales para mejorar su aspecto estético y pueden realizarse pequeñas aportaciones de áridos para mejorar su aspecto, pero la finalidad última es formar playas encajadas entre los diques y no favorecer el flujo natural de sedimentos. Esta es una técnica dura si se aplica en grandes unidades morfodinámicas; puede resolver un problema en un punto del litoral pero suele provocar ondas erosivas trasladando el problema erosivo de un lugar a otro y generando dinámicas de efecto dominó muy costosas o imposibles de resolver a largo plazo. Un ejemplo de uso de diques para estabilizar una playa aislada lo tenemos en Zurriola (ver Díez y otros, 1995). La playa de Meliana, en la Playa Norte de Valencia, es un ejemplo de cristalización parcial con espigones de un tramo de costa cuya erosión amenazaba directamente a la autopista y que ha servido para recomponer un espacio litoral extremadamente deteriorado con una pequeña duna cristalizada y aparcamientos.

Defensas Longitudinales.- Cuando la erosión de la playa alcanza un punto fijo importante (edificios, carreteras, etc.) y se desprecia el valor económico y ambiental del litoral, una opción aparentemente barata a corto plazo es construir defensas longitudinales. Estas defensas frenan temporalmente la erosión del litoral hasta que, generalmente, la erosión de la playa sumergida las hace colapsar necesitando reconstrucciones sucesivas. El ecosistema marino queda modificado de manera casi irreversible ya que la playa natural queda sustituida por un muro o un escollerado lineal que sólo parece bueno para los pescadores deportivos de ribera. Es una técnica muy dura, con un gran impacto ambiental, visual y económico a largo plazo que suele reflejar improvisación y una falta total de planificación y respeto al medio litoral; es una técnica que propaga los fenómenos erosivos y ni siquiera suele resolver el problema local de erosión. Un ejemplo de este tipo de defensas lo tenemos en la denominada Playa Norte de Valencia, al Sur de Puebla de Farnals, donde un escollerado irregular tiene que ser reparado con frecuencia para impedir que los temporales corten la autopista de la salida Norte de Valencia. En este caso, conviene resaltar una vez más el absurdo técnico, económico y ambiental que representa tener la Playa Norte de Valencia en las presentes condiciones de degradación.

Abandono.- De todas las estrategias de protección de costas, el abandono es sin duda la peor opción posible. Esta estrategia tiene la ventaja de no costar dinero ni esfuerzo de gestión; tiene también la ventaja de ser una estrategia que no realiza obras en el litoral con lo que se ahorran las declaraciones de impacto ambiental de las obras y las tensiones sociales y políticas que se generan siempre. Sin embargo, a medio y largo plazo, la fuerte presión urbanística del litoral y los errores del pasado generan tal cúmulo de problemas económicos y ambientales que la intervención se hace inevitable. En algunos puntos es posible observar como los particulares amenazados por la erosión construyen por su cuenta improvisadas obras de defensa del tipo longitudinal que deterioran la calidad ambiental de la costa; al final, la estrategia de abandono que puede parecer a corto plazo la menos impactante sobre el litoral, es sin duda la que peores resultados proporciona. Implica la pérdida del control, quedando la costa a merced del azar y de los múltiples intereses económicos desordenados que siempre acaban por deteriorar la situación a largo plazo, tanto desde el punto de vista ambiental como económico. Esta estrategia conduce a disfrutar de una situación de poco gasto y esfuerzo de gestión a corto plazo y de grandes pérdidas imprevisibles y súbitas a medio y largo plazo.

Aunque sea frecuente confundir los términos, existe una gran diferencia conceptual entre la estrategia de abandono y la de retirada planeada. La retirada planeada es una técnica cuidadosamente seleccionada entre las posibles alternativas, sólo aplicable en zonas que disponen de grandes reservas de arena y poca presión urbanística (por ejemplo las playas de "Pinedo" y "El Saller" al Sur del puerto de Valencia). La estrategia de abandono se

puede aplicar fácilmente sobrevalorando los inconvenientes de las posibles actuaciones en la costa y minimizando los inconvenientes de la inacción. La retirada planeada requiere cuidadosos estudios del medio físico y sistemas de seguimiento que permitan garantizar el éxito, mientras que la estrategia de abandono no requiere ni estudios ni seguimiento del medio ya que sólo con enfatizar los inconvenientes de las actuaciones en la costa suele ser suficiente. En resumen, la retirada planeada es fruto del conocimiento y es sostenible a largo plazo y el abandono se nutre de la ignorancia y es insostenible a largo plazo.

4. ACTUACIONES QUE PUEDEN AFECTAR A LA *POSIDONIA OCEANICA*

En el capítulo 2 se describen brevemente las características de la *Posidonia oceanica* y en este capítulo van a señalarse las principales amenazas sobre la misma derivadas del conflicto entre los usos habituales del litoral y las necesidades de la *Posidonia oceanica* ya indicadas. Las acciones y procesos más importantes son:

Vertidos al mar (contaminantes y falta de luz).- La instalación de emisarios submarinos y puntos de vertido en la costa constituyen la principal amenaza para las praderas de *Posidonia oceanica*. Además de la introducción de contaminantes específicos, los vertidos localizados en la costa pueden (directa o indirectamente) alterar significativamente y persistentemente la claridad de las aguas y la luz disponible para la pradera así como generar depósitos de materia orgánica en el sedimento que resulten en su anoxia y la mortalidad de la planta por el acúmulo de sustancias tóxicas, como el sulfídrico, en el sedimento. Al no existir una relación evidente causa-efecto entre el vertido y la muerte de la pradera y no ser fácil la previsión de los efectos de un nuevo punto de vertido sobre las praderas próximas, es muy fácil cometer errores fatales de este tipo. Por ejemplo, la extensa pradera de *Posidonia oceanica* de San Pedro del Pinatar (Murcia) que gozaba de buena salud, desapareció bruscamente durante los dos años siguientes a la instalación de un emisario submarino en la zona. Sin duda los vertidos litorales son los principales responsables de la desaparición repentina y la degradación de las praderas de *Posidonia oceanica* en grandes unidades morfodinámicas mediterráneas como en el Golfo de Valencia.

Procesos erosivos.- La *Posidonia oceanica* no puede soportar procesos erosivos persistentes en el sustrato arenoso en el que tiene sus rizomas y raíces. La erosión persistente de la playa sumergida acaba por dejar los rizomas a merced de las corrientes de fondo que arrancan y matan la planta. A esto contribuye también la colonización de los rizomas y raíces de *Posidonia oceanica* por esponjas y otros organismos incrustantes que los perforan causando su muerte. La pérdida de

praderas por procesos erosivos parece ser una causa frecuente de declive en las praderas del litoral peninsular español (Marbá y Duarte 1997), explicando el declive de praderas alejadas de cualquier impacto antrópico directo. Dado que la erosión de la playa seca y sumergida están íntimamente relacionadas, la mejor manera de evitar daños a la pradera por esta causa es mantener estable la playa seca próxima (proceso fácil de verificar y controlar). En este sentido, la necesidad de proteger las playas es un punto de convergencia del ecosistema terrestre, del ecosistema marino y también del sector turístico que depende de la extensión de la playa seca.

Dragados (destrucción directa).- Si se realizaran dragados en un fondo colonizado por una pradera de *Posidonia oceanica*, la destrucción de la misma sería inmediata e irreversible. A pesar de la gravedad de esta potencial amenaza, el dragado directo no constituye una amenaza real ya que al resultar evidente la relación causa-efecto, nunca se realizan dragados directos conscientes ya que los estudios de impacto ambiental que se exigen impiden esta posibilidad. Por consiguiente, la amenaza real no reside en el dragado sino en la fiabilidad de los preceptivos estudios de impacto ambiental asociados a los dragados que se realizan en zonas que puedan estar colonizadas por *Posidonia oceanica*.

Dragados (erosión indirecta).- Los dragados en zonas próximas a una pradera de *Posidonia oceanica* pueden provocar erosiones persistentes en las zonas adyacentes que, eventualmente, pueden afectar a la *Posidonia oceanica* de una manera similar a la erosión de playas. El cartografiado preciso de la *Posidonia oceanica* en nuestro litoral aparece pues como una imperiosa necesidad si se desea proteger de verdad ese patrimonio ambiental escaso que es la *Posidonia oceanica* mediterránea española.

Pesca ilegal (arrastre).- Aunque la pesca de arrastre está prohibida dentro de la batimétrica de h=50 metros, donde se desarrolla la *Posidonia oceanica*, es una realidad la penetración de arrastreros a zonas con menos de 50 metros de profundidad. Si no es posible hacer cumplir la normativa de pesca en todo el litoral mediterráneo, parece razonable exigir que se extreme la vigilancia y la dureza de las sanciones en las zonas donde aún sobreviven las praderas de *Posidonia oceanica*. Además de dañar la pradera, el arrastre destruye las zonas de cría que son las que garantizan la sostenibilidad a largo plazo del recurso pesquero que los propios arrastreros necesitan.

Pesca artesanal.- La pesca con determinadas artes (trasmayo,...) está permitida dentro de la batimétrica de h=50 metros. Aunque mucho menos conocida que la técnica de arrastre por fondo, las diferentes técnicas artesanales exigen lanzar al fondo anclas, muertos, artes, etc. que si caen en la pradera pueden producir daños puntuales al tratar de recuperar lo lan-

zado. Si la pesca no es muy intensiva, la pradera puede recomponer los desperfectos puntuales a razón de 10 cm/año, lo que significa que si se han dañado unos pocos metros cuadrados se tardarán unas décadas en reparar lo dañado. Si la pesca es intensiva y se supera la capacidad de regeneración natural de la pradera, el deterioro puede ser irreversible.

Fondeo de embarcaciones.- Las operaciones de fondeo de embarcaciones utilizan habitualmente anclas que penetran en el fondo arenoso y al ser extraídas pueden arrancar la estructura de rizomas de la *Posidonia oceanica*. Las embarcaciones de recreo plantean problemas similares a los de la pesca artesanal, si la presión de fondeo de embarcaciones de recreo en una zona es demasiado grande, la pradera degenera. Un ejemplo lo constituye la bahía de Port Lligat (Girona), donde el examen de fotos aéreas muestra una reducción de la cobertura de *Posidonia oceanica* relacionada con el aumento de las embarcaciones fondeadas. En este punto hay que señalar la importancia y crecimiento de la flota de embarcaciones de recreo en el mediterráneo español; las costas de Baleares, Cataluña y la Comunidad Valenciana no sólo cuentan con la casi totalidad de las praderas de *Posidonia oceanica* españolas sino que tienen también el 67% de los amarres, más de 54.600 (ver Esteban, 1998). Una solución empleada con éxito en áreas muy frecuentadas por embarcaciones de recreo consiste en la colocación de líneas de amarre y la prohibición de fondeo al ancla, medida que ha dado buenos resultados en, por ejemplo, la regeneración de la cobertura de *Posidonia oceanica* del Puerto de Cabrera (Islas Baleares). Las fuertes expectativas de crecimiento de la náutica de recreo plantea una preocupación general acerca de los efectos sobre las praderas de *Posidonia oceanica* y exigen una ordenación de muchas áreas de fondeo descontroladas en la actualidad. Por otro lado, el fondeo de grandes buques no suele plantear problemas a la *Posidonia oceanica* porque grandes áreas alrededor de los grandes puertos comerciales carecen de *Posidonia oceanica* que pueda ser afectada.

Descarga de sedimentos.- Si sobre una pradera de *Posidonia oceanica* se descargan sedimentos (directa o indirectamente), la *Posidonia oceanica* aumentará su ritmo de crecimiento vertical intentando ganar la superficie del sustrato arenoso. La fracción más fina de sedimentos vertidos (limos y arcillas) serán lavados por las corrientes marinas y la fracción más gruesa (arenas) permanecerá pudiendo sepultar la *Posidonia oceanica* si el volumen es excesivo. Dado que la *Posidonia oceanica* puede resistir meses sepultada en los sedimentos, sólo un vertido muy intenso o reiterado puede matar a la *Posidonia oceanica*, mientras que las aportaciones indirectas difícilmente pueden rebasar la capacidad de ascensión y asimilación de sedimentos de la *Posidonia oceanica*, que alcanza un crecimiento vertical hasta 4 cm/año (Marbá and Duarte 1998). Así, el lavado progresivo de arenas de playas alimenta-

das artificialmente difícilmente puede alcanzar tasas de deposición en exceso de 1 cm anual en la zona submarina adyacente habitada por la *Posidonia oceanica* (generalmente a partir de $h = 3$ m), por lo que su impacto sobre las praderas de *Posidonia oceanica* es, en contra de la creencia popular, probablemente pequeño. Es más, el aumento moderado de la deposición de sedimentos puede tener un efecto incluso beneficioso para la *Posidonia oceanica* en aquellas zonas donde esta ha sufrido procesos erosivos, como es probablemente el caso en las praderas adyacentes a playas erosionadas, donde se suelen llevar a cabo las alimentaciones artificiales. Parece pues recomendable que las alimentaciones artificiales de la playa se realicen mediante el vertido de sedimentos en la playa seca, para que los sedimentos fluyan lentamente hacia la playa sumergida.

Construcción de obras marítimas.- La construcción de obras marítimas (diques, espigones, etc.) puede dañar a la *Posidonia oceanica* de diversas formas. Resulta evidente el daño que puede ocasionarse a las plantas que queden enterradas o cubiertas por la obra, pero esta situación similar al del dragado directo no es una amenaza real porque resulta evidente la relación causa-efecto. Los efectos indirectos relacionados con erosiones y depósitos intensos causados por las obras y las nuevas corrientes inducidas sí son una amenaza real, como también lo son las alteraciones de luminosidad y claridad de las aguas que las obras y su explotación pueden ocasionar.

Ignorancia.- La inexistencia de una cartografía detallada de la *Posidonia oceanica* dificulta el establecimiento de políticas eficaces de protección y limita la eficacia de la necesaria colaboración ciudadana en la reducción de la presión sobre la *Posidonia oceanica* mediterránea española. Además del emplazamiento de las praderas, es necesario conocer su estado de salud y ritmos decrecimiento o retroceso con objeto de concentrar los escasos recursos de vigilancia y control en las praderas más críticas.

La Tabla 2 describe las principales características de las amenazas que afectan la *Posidonia oceanica* en las costas mediterráneas españolas y posibles respuestas técnicas para reducir los efectos negativos sobre la misma.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este artículo se han descrito brevemente algunos aspectos de la problemática que afecta el futuro de la *Posidonia oceanica* en nuestro litoral mediterráneo derivados de los trabajos preliminares del proyecto POSICOST. En algunas zonas, las praderas de *Posidonia oceanica* parecen gozar de buena salud, mientras que la degradación progresiva parece evidente en otras zonas del litoral mediterráneo español. Al margen de

TABLA 2. DESCRIPCIÓN DE AMENAZAS ANTROPICAS, CARACTERÍSTICAS DE LA POSIDONIA OCEANICA Y MEDIDAS CORRECTORAS

Amenaza	Efecto	Características de la <i>Posidonia oceanica</i> a considerar	Respuesta y/o medida preventiva
Vertidos al mar. Emisarios submarinos Contaminación litoral	Reducen la claridad de las aguas. Añaden contaminantes específicos. Inducen inestabilidad al sistema. Inducen anoxia en los sedimentos	Longevidad milenaria. Necesita luz y aguas transparentes. Cimiento del ecosistema litoral.	Estudios de corrientes. Seguimiento de las praderas y de la calidad de las aguas y sedimentos litorales.
Procesos erosivos litorales	Erosión de la playa sumergida	No soporta erosiones persistentes. Estabilización de perfiles de playa	Seguimiento de playas y praderas. Alimentación artificial.
Dragados (destrucción directa)	Destrucción directa de la pradera	Longevidad milenaria. Crecimiento horizontal lento.	Garantizar la fiabilidad de los estudios preceptivos de impacto ambiental.
Dragados (erosión indirecta)	Erosión del sustrato arenoso	No soporta erosiones persistentes.	Elaborar cartografía de precisión de la <i>Posidonia oceanica</i> . Seguimiento de praderas próximas a zonas de dragado.
Pesca de arrastre	Daños directos a la pradera	Longevidad milenaria. Crecimiento horizontal lento. Cimiento del ecosistema litoral.	Concentrar la vigilancia y extremar las sanciones en las zonas donde sobreviva la <i>Posidonia oceanica</i>
Pesca artesanal	Daños puntuales reversibles	Crecimiento horizontal lento. Capacidad de regeneración limitada. Cimiento del ecosistema litoral.	Seguimiento de praderas y de la presión de fondeo. Establecimiento de zonas de exclusión pesquera total.
Fondeo de embarcaciones	Daños puntuales reversibles	Crecimiento horizontal lento. Capacidad de regeneración limitada. Cimiento del ecosistema litoral.	Seguimiento de praderas. Ordenación de fondeos con puntos de amarre y zonas de exclusión.
Descarga de sedimentos	Posible enterramiento de plantas	Necesita luz y aguas transparentes. Crecimiento vertical lento.	Seguimiento de praderas. Vertidos a poca profundidad.
Construcción de obras marítimas	Erosiones y depósitos intensos Reducción de la claridad de las aguas	Longevidad milenaria. Necesita luz y aguas transparentes. No soporta erosiones persistentes.	Estudios de corrientes y procesos de erosión y sedimentación. Seguimiento de praderas
Ignorancia	Dificulta fijar directrices. Reduce la eficacia de la necesaria colaboración ciudadana.	Longevidad milenaria. Cimiento del ecosistema litoral. Especie de protección preferente.	Cartografía de la <i>Posidonia oceanica</i> . Indicadores de seguimiento sobre el estado de salud de las praderas.

los resultados de estudios más detallados, se pueden avanzar algunas ideas y recomendaciones que resultan evidentes en el estado presente de conocimiento del tema. Estas ideas generales y recomendaciones pueden agruparse en tres bloques correspondientes a (1) Características de la *Posidonia oceanica* que conviene tener presentes para su correcta protección, (2) Técnicas y estrategias de protección de costas que pueden ocasionalmente afectar la *Posidonia oceanica* y (3) Acciones antrópicas que pueden afectar la *Posidonia oceanica* y posibles medidas correctoras.

Las características de la *Posidonia oceanica* referidas en este artículo son las siguientes: (1) longevidad milenaria, (2) necesidad de luz y aguas transparentes, (3) crecimiento horizontal del orden de 5 cm/año, (4) crecimiento vertical del orden de 1 cm/año, (5) no soporta erosiones persistentes, (6) tiene un sistema de reproducción por semillas muy poco eficaz a corto y medio plazo, (7) necesidad de un sustrato arenoso y tendencia a formar arrecifes, (8) gran resistencia a las agresiones poco duraderas y ritmo biológico anual, (9) estructura reticular de rizomas que estabiliza el perfil de la playa sumergida, (10) altera la propagación de oleaje moldeando la costa, (11) pierde de 10 a 20 tn/ha. de hojas en otoño y (12) constituye el cimiento básico del ecosistema marino del litoral mediterráneo.

Las técnicas y estrategias de protección de costas clasificadas en este artículo según su dureza son las siguientes: (1) *retirada planeada* aprovechando depósitos litorales, (2) *alimentación artificial marina* utilizando depósitos marinos, (3) *alimentación artificial terrestre* con depósitos fluviales ó utilizando roca de cantera machacada, (4) *diques exentos rebasables* con pequeñas aportaciones generalmente terrestres, (5) *espigones y diques exentos* para fijar playas locales, (6) *defensas longitudinales* y (7) *abandono*. Desde el punto de vista de la dinámica litoral, las técnicas más duras son inaceptables en las grandes unidades morfodinámicas ya que tienden a generar problemas erosivos en cadena. Por otro lado, los problemas erosivos tienden a producir tensiones sociales y económicas muy intensas y localizadas en el espacio y el tiempo que no favorecen la adopción de las mejores soluciones globales desde el punto de vista económico, social y ambiental a largo plazo. En este contexto, los trabajos sistemáticos de seguimiento de playas y ecosistema son indispensables para evitar daños irreversibles por ignorancia y racionalizar las pretensiones de los diferentes grupos de presión que se manifiestan en el litoral.

Las actuaciones en el litoral que pueden afectar en mayor medida el desarrollo de la *Posidonia oceanica* son: (1) los vertidos al mar que introducen contaminantes y reducen la claridad de las aguas y acentúan la anoxia de los sedimentos, (2) los procesos erosivos continuados que reducen el sustrato arenoso de la *Posidonia oceanica* y dejan al descubierto los rizomas, (3) la fiabilidad de los estudios de impacto ambiental en dragados ya que un error en los dragados con

acción directa destruye la *Posidonia oceanica*, (3) los dragados que pueden provocar erosiones indirectas de la playa sumergida próxima, (4) la pesca ilegal de arrastre a menos de h=50 metros, (5) la pesca artesanal intensiva, (6) el fondeo de embarcaciones de recreo, (7) la descarga de gran volumen de sedimentos que pueden tapar la pradera, (8) la construcción de obras marítimas con erosiones, depósitos y cambios de claridad de aguas y, especialmente, (9) la ignorancia sobre la localización y estado de las praderas de *Posidonia oceanica* en las costas mediterráneas españolas.

De las características de la *Posidonia oceanica*, las técnicas de protección de costas disponibles y las amenazas de las acciones en el litoral sobre la *Posidonia oceanica* se deducen las siguientes recomendaciones:

▼ **Recomendación 1º.**- La instalación y gestión de emisarios submarinos y puntos de vertido al mar parece el tema más crítico para el futuro de la *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo español. El control de los vertidos, de la calidad de las aguas, de los sedimentos, y el conocimiento de las corrientes costeras son esenciales para evitar daños a la *Posidonia oceanica*.

▼ **Recomendación 2º.**- Mantener la estabilidad de las playas parece la mejor estrategia para proteger también a la pradera de *Posidonia oceanica* que se sustenta en la playa sumergida. Hay que evitar los procesos erosivos persistentes de la playa sumergida lo que obliga a utilizar técnicas de protección de costas blandas ya que las duras no impiden y, en ocasiones aceleran, la erosión de la playa sumergida que necesita la *Posidonia oceanica*.

▼ **Recomendación 3º.**- Hay que garantizar la fiabilidad de los estudios de impacto ambiental de los dragados en zonas que puedan tener *Posidonia oceanica*.

▼ **Recomendación 4º.**- Hay que garantizar que los dragados no erosionarán indirectamente la playa sumergida en la que se apoya la *Posidonia oceanica*. El seguimiento de las zonas de dragado con praderas próximas es imperativo.

▼ **Recomendación 5º.**- Debe extremarse la vigilancia y las sanciones sobre la pesca de arrastre ilegal en las zonas que contengan *Posidonia oceanica*.

▼ **Recomendación 6º.**- Debe estudiarse la presión de la pesca artesanal sobre las praderas y, en su caso, fijar zonas de exclusión para evitar una excesiva presión.

▼ **Recomendación 7º.**- Deben ordenarse muchas de las áreas de fondeo descontroladas en la actualidad y establecer puntos de amarre fijos y zonas de exclusión donde la presión del fondeo resulte excesiva.

▼ **Recomendación 8º.**- La descarga de sedimentos masiva (alimentación artificial) debe realizarse alejada de la *Posidonia oceanica* para evitar un flujo excesivo de sedimentos que pueda enterrarla. El seguimiento del proceso de adaptación de perfiles es imperativo en los proyectos de alimentación artificial con *Posidonia oceanica* próxima.

▼ **Recomendación 9º.**- Es necesario cartografiar la *Posidonia oceanica* superviviente en el litoral mediterráneo español, estableciendo indicadores de seguimiento eficaces y programas sistemáticos de seguimiento para evitar que se nos siga muriendo en el anonimato un elemento esencial de nuestro patrimonio natural.

▼ **Recomendación 10º.**- A la vista de lo señalado anteriormente en un entorno erosivo, la regeneración artificial vertiendo sobre playa seca y la *Posidonia oceanica* parecen buenos aliados, ya que la alimentación artificial garantiza el sustrato arenoso de la *Posidonia oceanica* y ésta tiende a estabilizar la playa sumergida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Prof. Manuel García-Carrascosa de la Universidad de Valencia y al anterior Ing. Jefe de la Demarcación de Costas de Baleares D. Carlos Garau la valiosa información y comentarios aportados. También es necesario resaltar la colaboración del resto del equipo científico y técnico de POSICOST (José Serra, José Aguilar, José Alberto González-Escrivá, Vicente Conesa y Santiago Erans del LPC-UPV; Alejandro Orfila, Benjamín Casas, Núria Marbà, Jorge Terrados y Regino Martínez del IMEDEA; Vicente Cerdá e Ignacio Gil de la GV-COPUT; Enrique y M^a Pilar Martín de CIVE e Isidoro Villar de INVASA), cuya ayuda, ideas y comentarios realizados han permitido mejorar sustancialmente el texto original. Este artículo se ha desarrollado dentro de los trabajos del proyecto POSICOST (1FD97-1654) cofinanciado con fondos FEDER y del Plan Nacional I+D.

REFERENCIAS

- Castañeda, A. y Díez, G. (1995).** Recuperación de un tramo del litoral del Maresme. *Libros de las III Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*, Universidad Politécnica de Valencia, SPUPV-95.3017, Vol. III:786-821.
- Díez, G., Gómez, G., Ramírez, J.L., Echániz, N. y Esteban, V. (1995).** Actuación en la Nueva Playa de la Zurriola en San Sebastián. *Libros de las III Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*, Universidad Politécnica de Valencia, SPUPV-95.3017, Vol. III: 822-840.
- Duarte, C.M. (1995).** Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. *Ophelia* 41: (Dinamarca) 41: 87-112.
- Esteban, V.(1998).** *Náutica de recreo y turismo en el Mediterráneo: La Comunidad Valenciana*. Editorial Síntesis, 423 p.
- Ferrer, M. (1998).** El jefe de Costas aconseja regenerar Es Trenc con arena extraída del mar. *Diario de Mallorca*, 13 OCT 1998, pp. 1 y 3.
- García-Carrascosa, M.(1989).** Estudio de la Zona Litoral de la Comunidad Valenciana: Datos para la Gestión Medioambiental y Evaluación de su Patrimonio Natural. Informe para Dirección General de Urbanismo de la COPUT de la Generalitat Valenciana.
- Marbà, N., y C.M. Duarte. (1997).** Interannual changes in seagrass (*Posidonia oceanica*) growth and environmental change in the Spanish Mediterranean littoral. *Limnology and Oceanography* 42: 800-810.
- Marbà, N., y C.M. Duarte. (1998).** Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Marine Ecology Progress Series* 174: 269-280.
- Marbà, N., C.M. Duarte, J. Cebrián, S. Enríquez, M.E. Gallagos, B. Olesen, K. Sand-Jensen. (1996).** Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. *Marine Ecology Progress Series* 137: 203-213.
- Mas J., Franco I., Barcala E.(1993).** Primera aproximación a la cartografía de las praderas de *Posidonia oceanica* en las costas mediterráneas españolas. Factores de alteración y de regresión. Legislación. Publ. Espec. Inst.Esp. Oceanogr. 11:111-122.
- Mateo, M.A., Romero, J., Pérez, M., Littler, M.M. & Littler, D.S. (1997).** Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44, 103-10.
- Medina, J.R. y Serra, J.(1987).** Arrecifes artificiales (I). Problemas pesqueros y de protección de costas. *Revista de Obras Públicas*, Nov. 1987, 725-735.
- Medina, J.R.(1998).** Clima Marítimo y Dinámica Litoral, en *Náutica de recreo y turismo en el Mediterráneo: La Comunidad Valenciana* (Dir. V. Esteban). Editorial Síntesis, 159-188.
- MOPTMA(1995).** *Recuperando la Costa*. Dirección General de Costas del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 61 p.
- POSICOST(2000-2001).** Estudio de la *Posidonia oceanica* y su interacción con la circulación costera y los procesos litorales en la costa valenciana. Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación Científica del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Reyes, M. Y Almenar, J. (1993).** Actuaciones en la costa al Sur del Puerto de Valencia. Regeneración de la Playa en El Saler, F-1. *Libro de las II Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*, Universidad Politécnica de Valencia, SPUPV-96.3032-Vol. II: 491-500.
- Serra, J. y Medina, J.R.(1997).** Arrecifes artificiales (II). Arrecifes artificiales en el litoral español. Experiencia valenciana. *Revista de Obras Públicas*, Marzo 1988, 211-220.
- Yepes, V.(1995).** Gestión integral de las playas como factor productivo de la industria turística. El caso de la Comunidad Valenciana. *Libros de las III Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*, Universidad Politécnica de Valencia, SPUPV-95.3017-Vol. III: 958-976. ■