

## Capítulo 2

### USOS Y FUNCIONES COSTERAS. MARCO DE ANALISIS

En este capítulo se introducen algunos conceptos básicos relacionados con diferentes aspectos involucrados en el uso y gestión de la zona costera. Así se describen los principales usos en la zona costera, las funciones que juegan las costas sedimentarias (playas) y algunas de las herramientas y/o aproximaciones existentes para la ayuda en el proceso de toma de decisiones y/o gestión costera.

#### 2.1 OCUPACION DE LA ZONA COSTERA

Uno de los aspectos comunes que nos podemos encontrar en cualquier costa del globo es la atracción que ésta ejerce sobre la población de tal forma que, en términos generales, es la zona más intensamente usada tanto para el asentamiento de la población como para la explotación de los recursos.

Para hacernos una idea de la magnitud de este fenómeno basta considerar cómo se concentra la población mundial en la zona costera. Así, Singh *et al.* (2001) han estimado que unos 2000 millones de habitantes (un 38% del total mundial) viven en la zona costera (tomada por ellos como una franja de 100 Km de ancho desde la línea de costa). Según estos autores dado que aproximadamente el 60% de las zonas costeras son inhabitables de modo permanente, esto significa que aproximadamente el 38% de la población mundial vive en el 7.6% del suelo disponible en la Tierra. Otras estimaciones recientes rebajan la población costera como Small y Nicholls (2003) que la cifran en 1200 millones, pero aun así, es una cantidad muy significativa de la población mundial.

Esta concentración de la población genera un incremento de la urbanización en dicha zona así como un creciente uso de los recursos existentes. En la medida en que este uso de la zona costera se haga sin prever el impacto que se pueda generar o, simplemente

sin tenerlo en cuenta, se dispone de todos los elementos para una degradación ambiental (en el sentido más amplio de la palabra) de esta zona.

La figura 2.1.1 sirve para ilustrar la intensidad de la presión ejercida sobre la zona costera en el litoral Mediterráneo y en ella se muestra la distribución de usos del suelo en los municipios de la Costa Brava (Girona).

En este análisis realizado por el Laboratori d'Anàlisi i Gestió el Paisatge de la Universitat de Girona, se clasifica el suelo de los municipios costeros de la provincia de Girona en espacio agrícola, espacio con vegetación espontánea y espacio urbanizado para los años 1956 y 2003. Durante ese período se produce el boom turístico en nuestro país y, como consecuencia, los cambios inducidos deberían verse reflejados en los usos del territorio (Nogué, 2004).

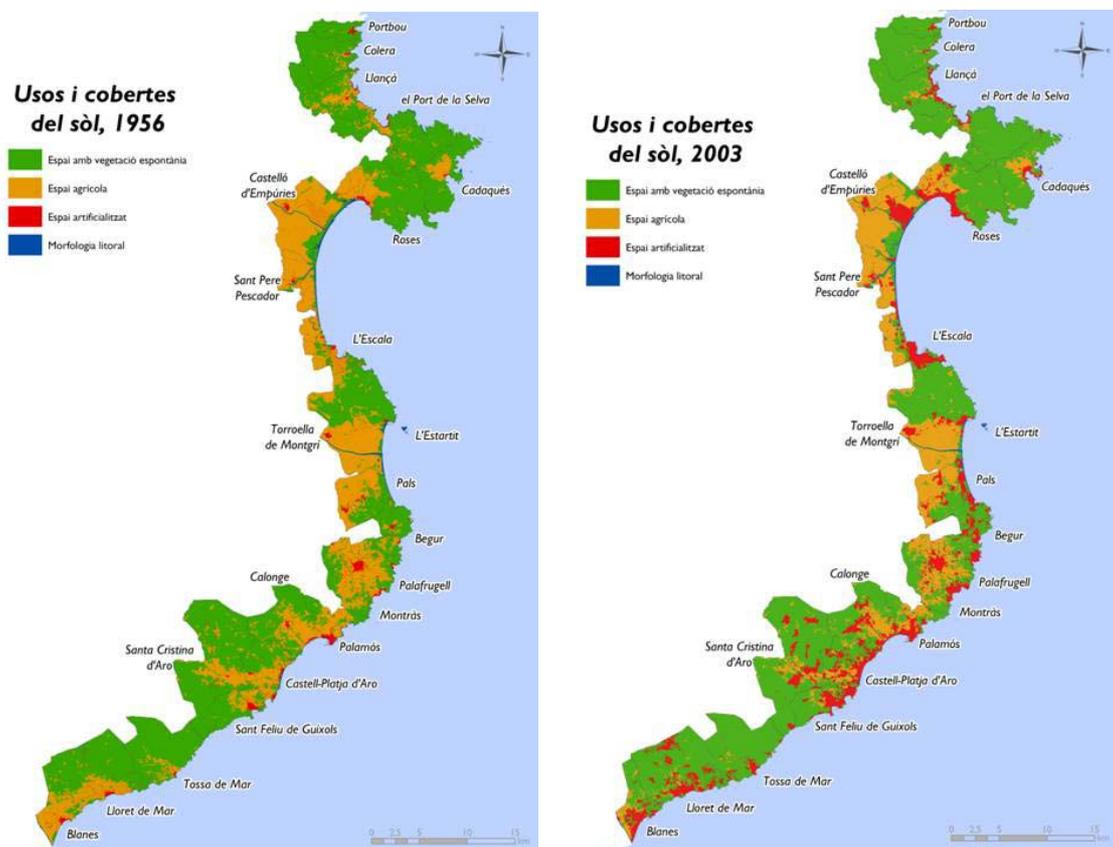


Figura 2.1.1. Principales usos del suelo en los municipios de la Costa Brava (Girona) en 1956 y 2003 (Martí y Pintó, 2004).

Así, en ese período se detecta que el suelo agrícola ha sufrido un retroceso de unas 4782 Ha lo que supone una disminución del 37.52% de la superficie cultivada, de las cuales un 37.45% van a ser ocupadas por construcciones (Martí y Pintó, 2004). Esta disminución en

el suelo agrícola, se ha visto contrarrestada por un aumento en la superficie urbanizada la cual ha aumentado en la totalidad del período un 769%, destacando el crecimiento en los municipios turísticos habiéndose producido éste a partir de la ocupación de la fachada marítima (2004).

La importancia de esta ocupación y el reconocimiento de la degradación de la calidad de la zona litoral que representa, se ve claramente reflejada en la formulación del *Pla director urbanístic del sistema costaner* (PDUSC) por la Generalitat de Catalunya aprobado el 28 de Mayo de 2004 y su posterior ampliación (PDUSC-2) en Octubre de 2004. El objetivo básico de este Plan es la preservación de las áreas más sensibles del espacio litoral que aún estén libres de ocupación, es decir, que aún no hayan sufrido un proceso de transformación urbanística significativo.

Esta situación refleja la existencia de un sistema acción-reacción en el que se intenta planificar de forma más o menos racional la urbanización de la zona costera cuando ésta ya ha sido ocupada en una gran parte, por lo que en muchos casos, se trata más de evitar una urbanización total que realmente un ejercicio de planificación.

## **2.2 USOS Y FUNCIONES COSTERAS**

### **2.2.1 Usos costeros**

Se pueden entender por *usos costeros* el conjunto de actividades que tienen lugar en la zona costera en las que se utilizan y/o explotan los recursos existentes en dicha zona. En este punto conviene hacer una distinción con los “usos en la costa”, los cuales se referirían a actividades que se realizan en la zona costera pero que no requieren de ésta (o sus características) para que se desarrollen. Un ejemplo de uso costero sería la actividad portuaria, mientras que la construcción de un zoo sería un uso en la costa.

Los usos costeros pueden agruparse en cinco categorías principales (ver e.g. Clark, 1996; Kay y Alder, 1999): (i) uso residencial del suelo; (ii) explotación de los recursos vivos y no vivos (e.g. pesca, extracción petróleo, minería); (iii) infraestructuras; (iv) turismo y actividades recreativas y (v) conservación y protección de la biodiversidad.

El primero de estos usos, el *residencial*, se introdujo ya en el apartado anterior y, consiste

básicamente en la urbanización de la zona costera para el asentamiento de la población. Hay que destacar que en el caso del litoral mediterráneo, la mayor parte del incremento de este uso en las condiciones actuales están relacionadas con la actividad turística y con la construcción de la segunda residencia, en la que una gran parte de la demanda provendría de fuera del país (ver e.g. Fraguell, 2004).

Las actividades más comunes involucradas en la *explotación de los recursos vivos* (renovables) están relacionadas con la pesca en sus diferentes vertientes y la acuicultura. La pesca puede considerarse como el uso más tradicional de los recursos vivos en la zona costera aunque debido tanto a la sobreexplotación de los stocks como a problemas ambientales, su importancia ha ido decreciendo, sobre todo en nuestro entorno. Por contra, la producción pesquera mediante la acuicultura ha ido aumentando progresivamente convirtiéndose en una de las principales actividades económicas en la zona costera. En nuestro litoral, la mayor parte de las explotaciones acuícolas se realizan en jaulas flotantes y, aunque también hay zonas donde existen instalaciones en tierra, el precio del suelo en la zona costera y la necesidad de grandes extensiones de terreno hacen que éstas queden limitadas a algunas zonas de nuestro litoral (un ejemplo de este último caso sería la utilización de los esteros en Cádiz o la reconversión de algunos campos en el delta del Ebro para el cultivo de la dorada, figura 2.2.1).



Figura 2.2.1. Granja para el cultivo de la dorada en el delta del Ebro (Institut Cartogràfic de Catalunya).

La *explotación de recursos no renovables* se refieren principalmente a actividades extractivas de petróleo, gas y en algunos casos a áridos y/o minería. Aunque en nuestro entorno estas actividades no suelen realizarse en la franja costera bien porque estén prohibidas por la Ley de Costas o bien porque no existan tales recursos que justifiquen el coste ambiental que suponen, en otros países estas actividades son habituales. Un ejemplo de ello serían los movimientos masivos de arena en playas de Sudáfrica y Namibia para la minería de diamantes (e.g Smith y Soltau, 2004).

La utilización de la zona costera para la *construcción de infraestructuras* está relacionada principalmente con el transporte marítimo, destacando en este caso la construcción de instalaciones portuarias. Estas tienen que ver tanto con actividades comerciales (transporte de mercancías y pasajeros) y pesqueras como con actividades recreativas (puertos deportivos).

El aumento de la actividad turística ha hecho proliferar la construcción de puertos deportivos generando en muchos casos problemas en la costa adyacente debido a las características de las zonas donde se han instalado. El auge de este sector económico en nuestras costas hace que la demanda de este tipo de instalaciones se incremente, sobre todo en algunas zonas, por lo que las administraciones han tenido que regular o planificar este sector a fin de que se adecue a la demanda real y se eviten daños ambientales que supongan la degradación de la zona costera. Un ejemplo de plan sectorial de este tipo es el Pla de Ports Esportius redactado por la Generalitat de Catalunya en el 2000 y que actualmente se encuentra en fase de revisión.

Otro tipo de infraestructuras que habitualmente se construyen o emplazan en la zona costera tienen que ver con el transporte en general como son carreteras, líneas ferroviarias y aeropuertos. En estos casos, estas infraestructuras utilizan las facilidades que suministra la zona costera para su emplazamiento (e.g. áreas planas sin obstáculos) o bien se deben a la existencia de núcleos urbanos ya situados en la zona que necesitan ser conectados. En algunas situaciones la existencia de estas infraestructuras aún sirviendo para sus propósitos originales genera problemas serios para el uso adecuado de la costa. Un ejemplo claro es el efecto barrera que ejerce tanto la vía del tren a lo largo de la costa del Maresme como la carretera Nacional que impiden la accesibilidad “directa” de todos los pueblos costeros de la zona con sus playas debiéndose hacer ésta por pasos soterrados (en muchos casos “insalubres”).

Por último, también se incluiría en este apartado la construcción de obras de defensa de costas cuyo objetivo sería o bien proteger o mantener las playas o bien, defender la parte trasera de éstas. Este tipo de uso viene impuesto por la existencia de un problema de erosión en la costa que determina la pérdida física de la playa y, dependiendo de la magnitud del problema y de la solución adoptada, estas infraestructuras pueden ser de pequeña dimensión (dique aislado) o extenderse en una gran parte del territorio (muro longitudinal). Un ejemplo de este último caso sería el muro longitudinal de escollera que protege la vía del tren a lo largo de la costa del Maresme (figura 2.2.2). Dado que este problema de erosión es prácticamente generalizado en todas las costas (ver e.g. Eurosion Project, 2004), este tipo de infraestructuras son muy frecuentes en todo el litoral europeo.



Figura 2.2.2. Muro longitudinal de protección de las vías del tren a lo largo de la costa del Maresme, justo aguas abajo del Port de Mataró.

El uso *turístico* y recreativo de nuestras costas se refiere básicamente en la explotación “industrial” de esta zona para actividades de placer y ocio. Dadas las características climáticas de nuestro país y la gran zona costera que disponemos donde abundan las playas de arena, el turismo se ha convertido en el uso más importante de todos aquellos que se desarrollan en la costa española. Por supuesto, la intensidad de esta actividad en nuestras costas así como el tipo de desarrollo adoptado ha generado algunos de los problemas ya citados como son la excesiva presión urbanística y la construcción de puertos deportivos entre otros. En este sentido Sardá y Fluviá (1999) identifican este uso como la presión más importante que se genera en la actualidad sobre nuestras costas y, en consecuencia, uno de los principales responsables de la degradación ambiental de la

zona costera. En el capítulo 3.5 se presentan algunas características de este uso más en detalle.

Por último, las actividades de *conservación y protección ambiental* se refieren básicamente a una regulación estricta (en muchos casos prohibición) de los usos anteriores para la preservación y/o mejora de los valores ambientales de la zona costera. Por supuesto, la necesidad de implementar este uso es el resultado de la existencia de un problema de degradación ambiental o de agotamiento de los recursos naturales por una mala o excesiva explotación. Es decir, este uso es una consecuencia directa del mal uso de la zona costera debido a cualquiera (o a todas) de las actividades antes citadas.

Este tipo de uso se implementa mediante la creación de figuras legales de protección del territorio por las que se regulan las actividades que pueden hacerse en la zona protegida.

### **2.2.2 Funciones costeras**

Estos usos se verán condicionados no sólo por la gestión y/o planificación que se haga de la zona costera sino que también lo serán por la evolución física que experimenta ésta, es decir, por la evolución costera.

Al mismo tiempo, asumiendo que los usos/recursos a planificar y/o gestionar son intrínsecamente costeros una forma alternativa de plantear el problema es a través de la introducción de las *funciones costeras*. En este contexto, se entiende por función el papel específico que juega la costa al suministrar un uso o servicio dado.

Una de las ventajas de la introducción de las funciones costeras es que se puede estimar directamente la sostenibilidad “natural” de un uso simplemente evaluando como se comporta la función respectiva bajo un escenario dado (bien sea natural o humano). En esencia, esto supone definir un óptimo para la función (basado tanto en la dinámica del sistema como en los requerimientos del uso) y evaluar como se comporta ésta en la realidad.

Aunque podrían definirse numerosas funciones costeras, tantas como usos posibles, en este trabajo se consideran tres que se introducen a continuación: función de protección, natural y recreativa. Estas funciones que pueden considerarse como las básicas que nos podemos encontrar prácticamente en cualquier costa serán aquí analizadas para costas

sedimentarias. Asimismo, dado que las costas de nuestro entorno están muy modificadas por la acción humana nos centraremos en ambientes de playa con la parte interna del territorio ocupada por actividades o recursos de interés para el hombre.

La *función de protección* de las playas es el papel que juegan éstas protegiendo la parte interna del territorio de la acción directa del oleaje. En este caso la playa actúa disipando/absorbiendo la energía del oleaje durante la acción de los temporales (principalmente) evitando o mitigando el impacto de éstos en los usos y/o recursos que se encuentren en la parte trasera de la playa. La figura 2.2.3 muestra claramente esta función para una playa de Barcelona durante el impacto de un temporal en Noviembre de 2001.



Figura 2.2.3. Playas de la Barceloneta y Sant Sebastià (Barcelona) durante el impacto de un temporal en Noviembre 2001 (Institut de Ciències del Mar, CSIC).

Como es de esperar, cuanto más ancha sea la playa mejor jugará esta función aunque hay otras variables que modularán este efecto. En el capítulo 3.4 se presenta un modelo conceptual para evaluar como juega este papel una playa en función de diferentes variables.

Desde el punto de vista del gestor/planificador los problemas comenzarán a aparecer cuando la playa deje de jugar esta función de forma adecuada y, en consecuencia, el territorio supuestamente protegido se vea expuesto a la acción directa del oleaje. Este “mal funcionamiento” de la playa puede producirse por dos motivos principales: (i) una

disminución de la capacidad de protección y (ii) la presentación de un evento que exceda la capacidad de protección.

La disminución de la capacidad de protección se refiere a un escenario en el que asumiendo un clima de temporales estacionario, la playa evolucionaría hacia un estado en el que su configuración sería insuficiente para seguir cumpliendo su papel de protección. Normalmente (o frecuentemente) esta situación se produce cuando la playa disminuye significativamente su ancho debido a la dominancia de los procesos erosivos (sea cual sea su origen). La figura 2.2.4 muestra el caso de la playa en Cabrera de Mar donde el ancho es insuficiente para proteger la parte interna y donde las vías del tren que discurren a lo largo de la costa han debido protegerse con escollera.

El exceso de la capacidad de protección de una playa se produciría cuando se presentase un evento (temporal) determinado tal que aunque la playa mantuviese su morfología habitual, ésta fuese insuficiente para proteger adecuadamente al territorio adyacente. Esta situación se produce cuando el evento que se presenta es de un gran período de retorno y, en tales circunstancias, se podría considerar como un evento extraordinario. Este escenario aunque no deseable debe ser asumido por los gestores y por la población (salvo que impliquen un riesgo inaceptable) dado que el vivir o situar servicios en la zona costera tiene sus contrapartidas naturales. La única forma de que la playa cumpliera la función de protección (total) en estas condiciones sería que su ancho fuese excesivo o/y que tuviese una cota muy elevada. En la figura 2.2.4 se muestra un ejemplo de exceso de la capacidad de protección de la playa de Lloret durante el impacto del temporal de Noviembre de 2001.



Figura 2.2.4. *Izquierda*: disminución de la capacidad de protección de la playa de Cabrera de Mar por erosión. *Derecha*: exceso de la capacidad de protección de la playa de Lloret durante el temporal de Noviembre de 2001.

La *función recreativa* de las playas es el papel que éstas juegan dando soporte físico para actividades recreativas y para su explotación turística. En este caso la playa debe cumplir una serie de condiciones, algunas de las cuales son naturales (ancho suficiente y condiciones seguras para el baño), mientras que otras deben ser suministradas por el gestor o el explotador y que se refieren básicamente a la oferta de servicios. La figura 2.2.5 muestra un tramo de la playa en Morrojable (Fuerteventura) dedicado a la explotación turística y donde se observa la combinación de superficie de playa y servicios.



Figura 2.2.5. Explotación turística en la playa de la Cebada (Morrojable, Fuerteventura).

Para evaluar como la playa juega esta función, además de las variables antes indicadas deben incluirse otras que involucren a los usuarios como es la percepción que éstos tienen de la playa y/o su grado de satisfacción de la experiencia recreativa. Esto se evalúa normalmente a través de lo que se denomina capacidad de carga recreativa de la playa. En el capítulo 3.5 se presenta en detalle esta función junto con un modelo para evaluar la variación en esta capacidad de carga debido a los cambios en la configuración de la playa.

Al igual que antes, desde el punto de vista del gestor los problemas aparecerán cuando la playa deje de jugar esta función y, la capacidad de carga de la playa disminuya o se vea excedida.

Aunque la disminución de la capacidad de carga puede producirse por diferentes motivos

(e.g. empeoramiento de los servicios), aquí se considera sólo la pérdida de capacidad por insuficiencia de la superficie de la playa para acoger a un determinado número de usuarios. Así, en un escenario de afluencia estacionaria de visitantes, la capacidad de carga disminuiría cuando la playa fuese perdiendo progresivamente superficie de playa seca. La figura 2.2.6 muestra un ejemplo límite de esta pérdida de capacidad de carga en la playa de la Bassa Rodona (Sitges).

El exceso de la capacidad de carga de la playa se produciría cuando la demanda recreativa que se produzca en un momento dado exceda los valores habituales. En este caso no se trata de que la playa haya variado su configuración en el tiempo, sino que ésta no es capaz de soportar adecuadamente ese punta de uso. Durante este escenario se produce la saturación de la playa de tal forma que la superficie disponible por usuario es mínima (e inaceptable en condiciones normales). En la figura 2.2.6 se ilustra esta situación para la playa de Lloret.

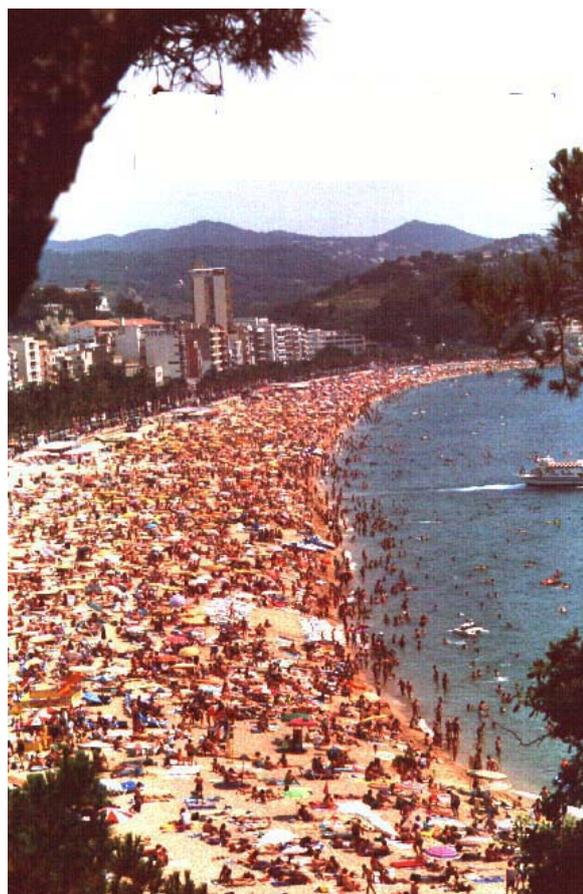


Figura 2.2.6. *Izquierda*: pérdida de la capacidad de carga recreativa de la playa de la Bassa Rodona (Sitges) por erosión. *Derecha*: exceso de la capacidad de carga de la playa de Lloret de Mar por “sobreafluencia” de usuarios.

Por último, la *función natural* de las playas se refiere al papel que éstas juegan como soporte físico para el desarrollo de ecosistemas. En este caso, la playa debe estar situada en un entorno en el que dependiendo de las condiciones ambientales a las que se vea sometida y, en función de la dinámica de la zona, se desarrollarían ecosistemas costeros adecuados para las condiciones locales. La figura 2.2.7 muestra un tramo de la playa del Prat del Llobregat en las inmediaciones de la laguna de la Magarola donde puede verse claramente la dominancia de esta función sobre cualquier otra. De los usos anteriormente citados esta función natural sería la que habría que optimizar y/o mantener para promover la conservación de los valores naturales de las costas.



Figura 2.2.7. Parte trasera de la playa del Prat del Llobregat en las inmediaciones de la laguna de la Magarola.

La evaluación del papel de la playa respecto a esta función debe considerar tanto los aspectos físicos relacionados con la playa como los biológicos que pudieran afectar a los ecosistemas. Aquí sólo nos centraremos en los aspectos físicos y en el capítulo 3.3 puede verse como éstos controlan las características de ecosistemas costeros representativos como son los humedales costeros proponiéndose un modelo que relaciona su supervivencia con las características físicas de la playa.

Desde el punto de vista del gestor (y sólo considerando aspectos físicos) los problemas aparecerán cuando las condiciones de la playa sean tales que la capacidad de soporte ecológico disminuya. Nótese que a diferencia de los dos casos anteriores no se considera como escenario probable que el desarrollo de ecosistemas sea tal que exceda la capacidad de la playa de soportarlos.

Desde el punto de vista físico, la disminución de la capacidad de carga ecológica se

produciría porque la costa que soporta a los ecosistemas se erosione y, en consecuencia, éstos desaparezcan (ver capítulo 3.3.) o, porque la actividad humana en la zona los afecte directamente. La figura 2.2.8 muestra un ejemplo de este último caso mediante la ocupación con construcciones diversas en un campo de dunas en Cádiz. Otro ejemplo más cercano y de mayor envergadura es la pérdida de algunas zonas húmedas en el Delta del Llobregat por las obras de desvío del río Llobregat y ampliación del Port de Barcelona. En este caso, la administración intentó resolver o mitigar el problema mediante medidas compensatorias (incluidas en la Declaración de Impacto Ambiental) obligando a crear una superficie de zonas húmedas en el área.



Figura 2.2.8. Disminución de la capacidad de carga ecológica en un campo de dunas en Cádiz por ocupación ilegal.

## 2.3 MARCO DE ANALISIS

### 2.3.1 Aspectos generales

Teniendo en cuenta los aspectos introducidos en los apartados anteriores, es evidente la necesidad de disponer de una serie de herramientas que permitan al gestor/planificador actuar de forma adecuada. Esta “forma adecuada” se refiere a la necesidad de conocer el

funcionamiento integrado del sistema y poder evaluar las interacciones entre los diferentes elementos que se derivarían de sus acciones.

Desde el punto de vista teórico Schwarzer *et al.*, (2001) se refieren al “desarrollo de la línea de orilla” como al conjunto de las actividades humanas que interfieren con la evolución natural de la línea de orilla así como con la evolución del ecosistema en la interfase tierra-mar.

En este contexto, las decisiones que se toman sobre el desarrollo o actuaciones en esta franja son muchas veces irreversibles (o muy difíciles de revertir) y, en consecuencia, afectarán a diferentes generaciones. El problema o parte de él radica en que: (i) hay diferentes partes involucradas en el proceso de toma de decisiones que habitualmente tienen intereses diferentes y opuestos (Green y Penning - Rowsell, 1999) y, (ii) la toma de decisiones implica elegir entre varias opciones basándose en criterios que deben tener en cuenta diferentes factores, los cuales generalmente son muy difíciles de incluir de forma precisa en un único método de valoración (*e.g.* Turner y Adger, 1996).

Si esto lo trasladamos a efectos prácticos, sobre todo pensando en como se abordan desde la administración, se debería considerar el escenario de la gestión de costas en nuestro litoral. Recientemente, Barragán (2003) ha analizado la gestión costera en España durante el período 1975-2000, poniendo de manifiesto los avances conseguidos durante ese período debido a una serie de cambios estructurales a nivel político, institucional, social y económico. Sin embargo, ese mismo análisis concluye que el sistema de gestión debe ser aun mejorado y que, sobre todo, el sistema actual no puede considerarse integrado.

Aunque Barragán (2003) pone el esfuerzo al definir las acciones para mejorar la gestión en aspectos administrativos y legislativos, esta necesidad de integración es evidente también cuando se consideran las interacciones entre las diferentes componentes y dinámicas del sistema costero. En esta línea, Capobianco *et al.* (1999) presentan un marco conceptual de análisis integrado del sistema costero basado en la estimación de la vulnerabilidad. Un ejemplo de aplicación de este tipo de aproximación integrada basado en la utilización de indicadores a nivel regional puede verse en Cendrero *et al.* (2003).

### 2.3.2 Modelo DPSIR

En este trabajo se seguirá una aproximación similar, basada en el marco DPSIR (agentes impulsores-presión-estado-impacto-respuesta). Este marco es una extensión del modelo presión-estado-respuesta (PSR) para la valoración ambiental en el que se incluyen los efectos socio-económicos explícitamente como impactos (EAA, 1998).

El modelo ayuda a analizar las interacciones entre las presiones ambientales, el estado y la respuesta ambiental basándose en el concepto de causalidad. Partiendo del modelo P-S-R se asume que las actividades humanas ejercen una presión sobre el medio produciendo cambios y la sociedad responde a estos cambios con actuaciones sobre el medio o con respuestas económicas. En este modelo se incluyen dos nuevas componentes: los agentes impulsores (D) que representan la tendencia sectorial básica que contribuye a la presión (P), y los Impactos (I) que son los efectos de los cambios sobre el ambiente, estado (S). Esta aproximación se muestra esquemáticamente en el diagrama de flujo de la figura 2.3.1. Una ventaja de este marco es que al incluir los agentes impulsores permite aislar en el análisis la contribución de un sector socio-económico específico. Al mismo tiempo, la inclusión del impacto permite separar los cambios que se produzcan en el medio de sus “consecuencias prácticas”.

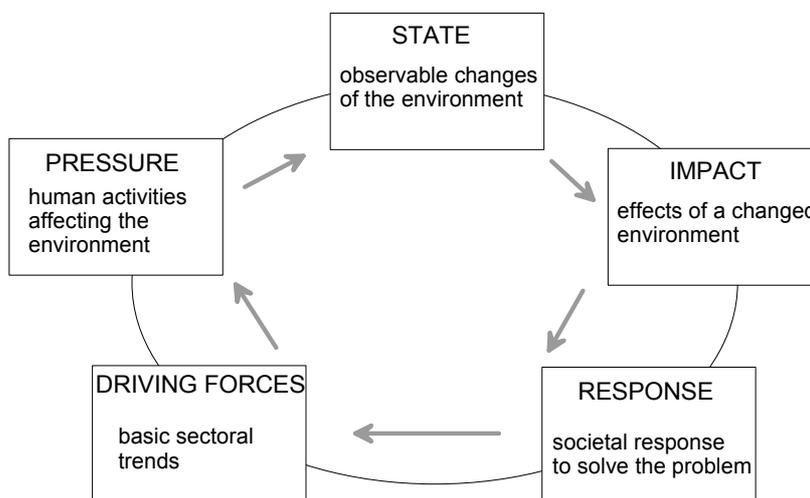


Figura 2.3.1. Modelo Agentes impulsores-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (DPSIR) (Jiménez y van Koningsveld, 2002).

En la tabla 2.3.1 se presenta un ejemplo de aplicación del modelo DPSIR para la función de protección. En esta aplicación se considera como puede verse afectada la función de

protección debido al sector “turístico”. Para ello, siendo el agente impulsor el turismo, el vector que pondría en marcha la reacción del sistema sería la construcción de puertos deportivos.

Como puede verse, la aplicación de este marco permite aislar diferentes sectores y agentes a la hora de analizar o valorar las consecuencias de las presiones sobre la zona costera a la vez que permite identificar las respuestas adecuadas a cada uno de ellos.

---

Agentes impulsores: Turismo

Presión: Bloqueo del transporte longitudinal de sedimento por la presencia de los puertos

Estado: Erosión costera aguas abajo de los puertos

Impacto: Disminución del ancho de playa emergida

Respuesta: Compromiso de instalación de sistemas de by-pass

---

Tabla 2.3.1. Ejemplo de aplicación del modelo DPSIR para la función de protección (adaptado de Jiménez y van Koningsveld, 2002).

Este marco o modelo conceptual de análisis será el adoptado en este trabajo generando en este caso un modelo específico para cada una de las funciones consideradas. Dado que aquí no se pretende gestionar el sistema sino ayudar mediante la generación de herramientas específicas, no se incluye la “respuesta” al impacto producido y, se ha hecho lo suficientemente genérico como para que pueda ser utilizado para cualquier sector que actúe como agente impulsor. Es decir, en el marco D-P-S-I-R los dos extremos (D-R) quedan a disposición del gestor mientras que el cuerpo P-S-I es el que permite el análisis de forma práctica.

### 2.3.3 Indicadores

Uno de los medios más habituales de aplicación de los modelos o métodos introducidos en el apartado anterior es el uso de indicadores.

Durante las últimas décadas, los indicadores han sido ampliamente aplicados a varias disciplinas como la valoración ambiental, la economía, el desarrollo sostenible, la valoración de la vulnerabilidad, etc. Dada la diversidad de aplicaciones, las diferentes disciplinas implicadas y las distintas aproximaciones y escalas de aplicación existen multitud de definiciones para el termino indicador (ver *e.g.* Gallopin, 1997).

De forma general, y teniendo en cuenta las diferentes perspectivas y los diferentes objetivos de su utilización, un indicador se puede definir como una señal que reproduce un mensaje complejo de forma simple y útil (e.g. Gallopín, 1997; Kurtz *et al.*, 2001).

Adaptando esta definición al ámbito costero se puede definir los indicadores como un reducido número de parámetros (las señales) que pueden describir, de forma adecuada, cuantitativa y simple, el estado y las tendencias de evolución del sistema costero (transmitiendo un mensaje complejo de forma sencilla y útil) (Jiménez y van Koningsveld, 2002).

Los indicadores proporcionan tres funciones principales: simplificación, cuantificación y comunicación. En este sentido, se han convertido en una parte esencial en el proceso de comunicación entre científicos y gestores y un modo de reducir los riesgos de fallos de un proceso (van Koningsveld, 2003).

De forma práctica, los indicadores costeros pueden considerarse como indicadores ambientales específicos siendo sus funciones principales: (i) valorar las condiciones del medio, (ii) registrar las tendencias en el tiempo, (iii) comparar distintas situaciones, (iv) anticipar/prever cambios ambientales, (v) diagnosticar la causa de un problema medioambiental, (vi) anticipar condiciones futuras y tendencias.

### ***Criterio de selección de indicadores***

La utilidad de los indicadores dependerá principalmente de una selección apropiada. En este sentido, existe una amplia experiencia para los indicadores ambientales (e.g. Kelly y Harwell, 1990; Cairns *et al.*, 1993; Pykh *et al.*, 1999; Jackson *et al.*, 2000; Dale y Beyeler, 2001), donde se identifican algunos criterios básicos que los indicadores del sistema costero deben cumplir para que fuesen útiles y consistentes. A continuación se resumen brevemente estos criterios.

*Ser relevante.* El indicador propuesto debe estar relacionado conceptualmente con la función costera de interés y este vínculo tiene que ser de primer orden, es decir, no sólo importa que una variable tome parte en el proceso sino que contribuya significativamente. Este criterio requiere un análisis de las escalas de trabajo, en las cuales las variables, los procesos y las repuestas claves se seleccionan según la importancia de su papel en la función costera.

Tomemos como ejemplo la selección de los indicadores relacionados con la protección costera, lo cual implica identificar las variables y procesos que toman parte en los cambios costeros. Así, la presencia de ripples es un indicador de algunos aspectos del régimen del transporte de sedimento, y en este sentido, de algunas características del comportamiento del sistema. Sin embargo, a la escala de interés, (escala de la gestión), dicha presencia puede considerarse como un “ruido” y, en consecuencia no será relevante.

*Ser medible fácilmente.* Los indicadores deben poder medirse de forma sencilla y económica. Este criterio incluye como requerimientos que los datos sean de calidad, y consistentes con las variables y los procesos de interés. Es decir, no tiene sentido determinar anchos de playa con una precisión de mm si ello supone incrementar significativamente la dificultad o el coste de la medida, ya que esta precisión no implica una mejor caracterización de la respuesta del sistema.

*Ser sensible a las presiones en el sistema.* El indicador tiene que ser sensible a las presiones ejercidas sobre el sistema. Aplicado a indicadores ecológicos, la situación ideal sería un indicador sensible a la acción del hombre pero con una limitada y documentada sensibilidad a la variación natural (Dale y Beyeler, 2001). Cuando este criterio se aplica a los indicadores costeros, tiene el problema que cualquier indicador seleccionado tendría tanto variaciones de procedencia natural como inducidas por el hombre. La clave sería identificar y aislar cada componente durante la toma de datos (o su análisis).

*Tener una respuesta conocida ante las perturbaciones, la presión humana y las variaciones en el tiempo.* El indicador debe tener una respuesta conocida ante la perturbación natural y las presiones antropogénicas sobre el sistema. Esto significa que algunas variables o características del sistema sólo se pueden usar como indicador siempre que haya un patrón de respuesta conocido científicamente. En otras palabras, para simplificar un sistema necesitamos saber cuales son los elementos del sistema y como estos reaccionan a la presión. En el caso de los indicadores costeros, el amplio conocimiento que se tiene en dinámica costera garantiza el conocimiento de la respuesta a las presiones ejercidas sobre el sistema.

*Ser anticipador.* Debe servir para que se pueda medir una modificación del indicador antes de que ocurra una transformación sustancial en el objetivo previsto. Esto implica la selección o definición de un umbral el cual sirve como “señal de aviso” para indicar estos cambios. En el caso de los indicadores costeros, este aspecto debe ser cuidadosamente

considerado desde un punto de vista científico (conociendo el funcionamiento del sistema) y, de gestión, (a través de discusiones con los gestores se definirán/seleccionarán los umbrales empleados para detectar la “señal de aviso” para una función costera dada).

*Ser integrado.* El conjunto de indicadores seleccionados debe proporcionar una medida de los gradientes claves a través del análisis del sistema (cambios temporales y espaciales en el estado del sistema). Por otra parte, deben permitir su agregación para generar un único indicador. En cuestiones costeras esto no es sólo un criterio que deba cumplir los indicadores sino que es el modo más común de aproximación a los procesos costeros. Así, la integración temporal y espacial de los procesos y respuestas costeras se han identificado en gran parte como una tarea clave en el análisis de la dinámica costera a escalas útiles para los propósitos de gestión (e.g. De Vriend, 1991; De Vriend *et al.*, 1994).

Aquí clasificaremos los indicadores en función de su origen. Así, un indicador de primer orden será aquel que consiste en una variable que es medida directamente en el sistema costero. El análisis de una serie de datos generará lo que denominamos indicadores de segundo orden, es decir, que se obtienen de los anteriores. Por último tenemos los indicadores de tercer orden que consisten en aquellos que son derivados de la utilización de modelos numéricos. La coexistencia de indicadores de tan diverso tipo en nuestras aplicaciones se debe a la naturaleza del problema a abordar donde el sistema es altamente dinámico (necesidad de analizar datos actuales para ver hacia donde va el sistema) y donde algunas de las respuestas posibles no han sido registradas (necesidad de utilizar modelos para predecir como se comportaría el sistema).

Por último, queda el problema o la cuestión de la agregación de los indicadores, es decir, como podemos combinar indicadores de diferente tipo dentro del marco de análisis escogido para poder reproducir apropiadamente la función costera de interés. En esencia, este proceso debe estar orientado de forma particularizada a cada problema dado que este valor agregado debe servir al gestor/planificador para abordar su solución. Existen diferentes métodos de integración de indicadores (ver e.g. Andreasen *et al.*, 2001) y aunque este debería ser lo más simple posible, la verdadera imposición es que el método que se seleccione sea “entendible” y “directo” para los gestores.

De todos los modelos existentes, uno de los más realistas sería la construcción de modelos conceptuales. De esta manera el índice o indicador se integraría basándose en

el funcionamiento del sistema de tal forma que, a efectos prácticos, consistiría en modelar de forma sencilla la función costera de interés mediante la simulación de las interacciones de las variables involucradas. Este es el tipo de aproximación seguida en este trabajo para las tres funciones costeras consideradas: función natural, función de protección y función recreativa.