



LA VULNERABILIDAD DEL LITORAL Y SU SUSTENTABILIDAD, EN RELACION CON LA EXPLOTACION DE LA CAMARONICULTURA COMO RECURSO COSTERO

AUTORES

Jesús Martínez Martínez
Diego Casas Ripoll
Juan Antonio Gómez H.

EDITORES

Jesús Martínez Martínez
José Enrique Andrade

ÍNDICE

	Páginas
Prólogo.	5
Reconocimientos.	7
Capítulo 1: La calidad ambiental de unidades territoriales.	8
Conceptos básicos previos.	
Metodología estándar, con sus fundamentos.	
Cálculo de calidades.	
Ejemplos de calidades, en determinados escenarios, susceptibles de soportar camarонерas.	
Estimaciones de caídas de calidades, por actuaciones antrópicas. El caso de las camarонерas.	
Capítulo 2: La vulnerabilidad de las unidades territoriales.	19
Descriptores de vulnerabilidad: Conceptos y metodología de cálculo.	
Ejemplos de descriptores de vulnerabilidad, válidos para las camarонерas.	
Indicadores de vulnerabilidad: Conceptos y metodología de cálculo.	
Ejemplos de cálculo de indicadores de vulnerabilidad.	
Capítulo 3: Índices de uso de las camarонерas.	33
Concepto de índice de uso y metodología para su cálculo.	
Ejemplos de cálculos y de sus interpretaciones.	
Propuesta de índices de uso, respecto a camarонерas.	
Capítulo 4: Medidas de los impactos ambientales de las camarонерas.	44
Introducción: El “escenario” de los impactos y la fragilidad del medio ambiente.	
Las matrices causas - efectos.	
La matriz simplificada operativa, con su metodología peculiar en sus cálculos.	

Diseño de matrices operativas causas - efectos, específicas para camaroneras.

Aplicación de las matrices diseñadas.

Capítulo 5: El paisaje y la instalación y explotación de camaroneras. 58

Introducción.

Conceptos básicos del paisaje.

Metodologías para el estudio del paisaje.

La calidad del paisaje.

Los impactos paisajísticos.

La fragilidad del paisaje.

Capítulo 6: Las obras marítimas y la dinámica del litoral. 74

Introducción.

Conceptos básicos de partida, respecto a los procesos físicos en el litoral, en relación con las obras marítimas.

Capítulo 7: Los impactos ambientales en el litoral, por obras marítimas. Sus relaciones con las camaroneras. 82

Clasificación de las obras marítimas.

Causas - efectos de impactos físicos en el litoral, por obras marítimas.

Los impactos en los procesos y efectos físicos del litoral, por obras inherentes a la instalación y explotación de camaroneras.

Secuencias significativas concatenadas de procesos naturales, actuaciones antrópicas y sus efectos inducidos.

Capítulo 8: Los descriptores de la sustentabilidad. Sus aplicaciones al caso de las camaroneras. 94

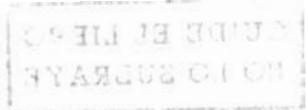
Introducción.

Descriptores de sustentabilidad: Conceptos, clasificaciones y evoluciones.

Los procesos y efectos geodinámicos, con sus causas, para la definición y configuración de los geodescriptores de sustentabilidad en ecosistemas.

Lista base de descriptores de sustentabilidad.

Ejemplos de aplicabilidad de descriptores generales de sustentabilidad.



Capítulo 9: Los indicadores de sustentabilidad. Sus aplicaciones al caso de las camaroneras.	110
Descriptores de sustentabilidad: Conceptos y clasificaciones.	
Metodología de cálculo de indicadores específicos.	
Ejemplo de estimación de un indicador de sustentabilidad, en un ecosistema dado.	
Diseño de un prototipo de camaronera, para un escenario geográfico específico, y estimación de su indicador de sustentabilidad.	
Bibliografía.	127

PRÓLOGO

(A manera de objetivos y de hilo conductor de los tópicos a desarrollar)

Los contenidos, que se presentan, forman dos grandes módulos, que comprenden, sucesivamente:

- tópicos sobre el territorio a intervenir,
- y tópicos en relación con un proyecto de intervención, o con un uso ya existente.

En las delimitaciones de estos tópicos, se tienen en cuenta los requerimientos de un anteproyecto y de su proyecto en cuestión.

Los requerimientos de un anteproyecto se basan en preselecciones apropiadas, en una primera aproximación, de los escenarios geográficos de ubicación de las instalaciones, y en la justificaciones ambientales y socioeconómicas de la actuación.

En las preselecciones, se identifican y se tienen en cuenta las características generales de las unidades ambientales o territoriales relacionadas directa, o indirectamente (áreas de influencia), con un proyecto. A modo de ejemplo, para la camaronicultura, se juega con:

- los manglares,
- las playas arenosas,
- los acantilados, o relieves erosionables, fuentes de aportes sedimentarios, en una dinámica marina.,
- y arrecifes.

Los requerimientos de un proyecto se centran en tres aspectos de partida:

- En la preparación de los inventarios necesarios de información ambiental, para hacer estimaciones específicas y detalladas de diagnosis ambientales.
- En el diseño del estudio ambiental, de acuerdo con el proyecto a discutir.
- Y en análisis y evaluaciones de la viabilidad del proyecto en su conjunto, donde se consideren los aspectos socioeconómicos, los impactos ambientales y la sustentabilidad del mismo.

Con el conjunto de estos requerimientos, se está en condiciones de configurar un proyecto determinado.

Según todas las anteriores premisas, los contenidos abordan, de entrada, los conceptos indispensables y las metodologías más operativas, potencial o realmente estandarizables, para:

- identificar y delimitar unidades ambientales a intervenir.
- estimar calidades ambientales, en las unidades territoriales en cuestión, e
- identificar y valorar vulnerabilidades de los sistemas afectados,

que pudieran soportar las intervenciones previstas, como podrían ser las instalaciones y explotaciones de camarónicas.

La modificación de estas estimaciones, identificaciones y valoraciones, y sus repercusiones, ante proyectos o usos ya existentes, se contemplará en el capítulo de las sustentabilidades.

Los tópicos, hasta ahora contemplados, cubren el primer módulo, y serían el “recipiente” que daría paso, con cohesión, a los restantes contenidos.

El segundo bloque se inicia con un análisis, valoración e interpretación de la integración global del proyecto, en los diferentes posibles tipos de ambientes a intervenir, ya estudiados. Para ello, se precisa definir un prototipo de instalaciones, y calcular y discutir los índices de uso, respecto a los ambientes en consideración.

Para corregir los aspectos indeseables de una intervención, que pudieran hacer que la intervención no fuese adecuada, o incluso rechazable, se necesita utilizar una herramienta apropiada, en la identificación, medida e interpretación de impactos ambientales. Además de calcular un índice de impacto global, tal herramienta debe discriminar:

- Tanto alteraciones, positivas y/o negativas, que provoquen cada una de las acciones de la instalación y explotación del proyecto, en el conjunto de procesos y efectos ambientales.
- Como las alteraciones, asimismo positivas y/o negativas, en los distintos procesos y efectos ambientales, por el conjunto de acciones.

La herramienta, que se ajusta a estas exigencias, es una matriz causas - efectos, debidamente modificada. Aquí se aplicaría una simplificación operativa de matriz, que se ha verificado en diversos estudios ambientales. Por otra parte, se presentan modelos de matrices, que contienen las acciones específicas de una instalación y de una explotación estándar de camaronera, para los ambientes más comunes de intervención.

Ya se está en el momento oportuno para estudiar aspectos específicos de impactos de las camaroneras, con todas sus circunstancias. A títulos de ejemplos, se discuten las incidencias que podrían producir las camaroneras en el paisaje y en los procesos físicos del litoral.

Los impactos ambientales de los proyectos pueden conducir a discusiones tendentes a la sustentabilidad de los territorios a intervenir. Las deducciones y valoraciones de las medidas, en que se hipotecan los territorios a soportar actuaciones antrópicas, se hacen mediante correctos descriptores de sustentabilidad. Estos se configuran conforme con el diseño de proyecto y de la explotación, y con las características concretas del territorio, hechos que se han tenido en cuenta en sus momentos oportunos. Con los descriptores, se llegan a indicadores de sustentabilidad, que sufrirán las discusiones pertinentes.

RECONOCIMIENTOS

Muy valiosa ha sido la información de base de Moreno y Castro (1995), para la ejemplarización de cómo se calcula el indicador de sustentabilidad, en el supuesto de una charca costera, frente a un determinado proyecto.

También ha tenido importancia, y en muy buena medida, la fuente de sugerencias de Fernández-Palacios et al. (1992), en el diseño de un prototipo de camaronera, que permitiera aplicar los tópicos desarrollados en este libro.

Los aportes de Gómez et al. (1995) han constituido otros pilares de información de base, para un posterior tratamiento y verificación de metodologías de vulnerabilidad y de sustentabilidad, en ambientes de manglares. Estos medios definen escenarios litorales muy codiciados, para la redacción y ejecución de determinados proyectos de desarrollo, como podrían ser los de la camaronicultura.

En relación con los impactos de las obras marítimas, necesarias en muchos proyectos de intervención en el litoral, es de obligada referencia los trabajos de Enríquez y Berenguer (1986). Sus ideas básicas se reproducen aquí.

CAPÍTULO 1

LA CALIDAD AMBIENTAL DE UNIDADES TERRITORIALES.

ESQUEMA:

1. Conceptos básicos previos.
2. Metodología estándar, con sus fundamentos.
3. Cálculo de calidades.
4. Ejemplos de calidades, en determinados escenarios, susceptibles de soportar camaroneras.
5. Estimaciones de caídas de calidades por actuaciones antrópicas. El caso de las camaroneras.

1. CONCEPTOS BÁSICOS PREVIOS.

En este capítulo. se pretenden estimar calidades ambientales, o naturales, contrastables, para unidades territoriales particulares, que se puedan homologar en diferentes entornos regionales. Esto sería el punto de arranque para el análisis de sustentabilidades, de proyectos de desarrollo, como pueden ser los de camaroneras.

Se entiende por calidad ambiental aquella que se basa, conjuntamente, en parámetros, o componentes, de una serie de calidades, tales como la calidad natural, la calidad para el hombre, la calidad de recursos potenciales, entre otras.

La *calidad natural* mide el conjunto de propiedades específicas del territorio, independientes de la intervención directa del hombre.

La *calidad para el hombre* se sustenta en aquellas propiedades del territorio que, de alguna manera, tienden a satisfacer las necesidades humanas.

La *calidad de recursos potenciales* corresponden al conjunto de propiedades intrínsecas de un territorio, que pueden proporcionar al hombre algún beneficio con su explotación.

Se define como *unidad territorial*, o *ambiental*, a una porción de territorio delimitado por barreras físicas, naturales o artificiales:

- que presenta unas características climáticas determinadas, con un posible gradiente continuo,
- en el que tienen lugar unos procesos y efectos físicos propios,
- en el que se asienta un conjunto de individuos pertenecientes a diversas especies,
- y donde se establecen una serie de interacciones, con dinámicas propias, entre los organismos y el medio.

Este concepto conviene contemplarlo dentro de una perspectiva de sistema.

Las unidades ambientales se delimitan, en una primera aproximación, por consideraciones morfodinámicas, aunque en ciertos casos será necesario recurrir:

- a los límites de las cuencas visuales del paisaje,
- a los contenidos biológicos,
- a las transformaciones inducidas por el hombre, por ejemplo, la existencia de determinadas invariantes significativas, que representen barreras
- o a otros rasgos del territorio.

***** *****

Los *componentes ambientales* corresponden a las variables o parámetros más representativos, que sirven para caracterizar a una unidad ambiental determinada, independientemente del entorno geográfico donde se encuentre.

La evaluación de los componentes se hará conforme con unos criterios, elaborados previamente por un equipo multidisciplinar, los más amplios posible. Se utilizarán, con prioridad, medidas obtenidas de forma precisa, con el instrumental adecuado y con el empleo de tablas, preferentemente estandarizadas.

La cuantificación numérica llevará implícita coeficientes:

- de importancia,
- espaciales,
- temporales, y
- de probabilidad de presentación,

en tantos por uno.

Los componentes ambientales se distribuyen en varios niveles de síntesis:

1. biotopo,
2. aire,
3. agua,
4. biocenosis,
5. procesos, y
6. recursos.

Muchos de estos componentes, por no decir todos, son descriptores de vulnerabilidad y/o de sustentabilidad.

El componente biotopo se centra en el recipiente “físico” de la unidad ambiental. Básicamente, incluiría el suelo, en sentido edáfico, y la Geomorfología, en el sentido de degradación o revalorización de relieves, en lo referente a riesgos, tanto para la seguridad humana como para las obras ya construidas.

El componente aire considera la contaminación (en p.p.m.) y los ruidos (medidos en decibelios).

El componente agua se refiere a las masas acuosas marinas, salobres y dulces (tanto superficiales como subterráneas). En las aguas, se considerarán la contaminación química, el contenido bacteriológico patógeno, el contenido en sólidos y el contenido en nutrientes y la eutroficación.

El componente biocenosis considera, de forma prioritaria, la biomasa y la biodiversidad.

Los procesos constituyen un conjunto complejo que aborda:

- La erosión geomorfológica, entendida como la destrucción de relieves.

- La creación de depósitos sedimentarios.
- Las alteraciones en la dinámica sedimentaria, por causas ajenas a los agentes de transporte, por ejemplo, por movimientos eustáticos.
- Las modificaciones en los agentes de transporte sedimentario.
- La estabilidad de la orilla, para el caso concreto del litoral.
- La creación, mantenimiento, perturbación o destrucción de ecosistemas.
- Los cambios socioeconómicos, derivados del usufructo de la unidad ambiental por el hombre.
- La regulación de la estabilidad, entendida ésta como la medida del equilibrio entre todo lo que constituye la unidad ambiental.

Los recursos consideran en qué medida se puede llevar a cabo explotaciones, sin que se atenten a las reservas disponibles de los mismos. En realidad, los recursos son aquellos elementos del sistema, que salen o que se pierden del mismo, y que se pueden aprovechar sin ocasionarle quebrantos. En cambio, las reservas corresponden a esos elementos, cuando intervienen en el mantenimiento del equilibrio del sistema. Su explotación provocaría la rotura del equilibrio.

Todo esto queda muy bien ilustrado en el caso de una explotación de un banco de áridos sumergidos, en una plataforma litoral, cuyo fondo está en equilibrio, en relación con los procesos de erosión, transporte y depósito. Si se explotan los áridos en esa plataforma, se rompería el equilibrio, y se atentaría a las reservas disponibles de sedimentos. Por lo contrario, si la explotación se hiciera tras un talud, que actuara de sumidero sedimentario, se aprovecharían unos recursos, sin que se atentaran a las reservas.

En general, los recursos se clasifican ,básicamente y en un primer intento, en:

- No renovables, como las explotaciones mineras y de cantería.
- Renovables, como sería el caso de una pesca controlada. Dentro de este último marco, se encontrarían, en cierta medida, las explotaciones agropecuarias.

Ciertamente también son recursos, más o menos potenciales, o reales:

- El paisaje y las playas, cuando están ubicadas en regiones con climatologías apropiadas para sus usufructos (recursos de ocio y de la industria turística).
- La potencialidad urbana, en relación con las características topográficas del terreno, la proximidad geográfica a núcleos urbanos de referencia y la accesibilidad.
- La potencialidad del territorio para el desarrollo:
 - a). de polos industriales, en dependencia con las fuentes de materias primas y de medios de comunicación - distribución.
 - b). y de centros de transformación, en situaciones puente, entre grandes áreas de consumo. Sea el caso de las Islas Canarias, en la industria - comercio Sur-Sur.

No se deben olvidar los recursos necesarios para la obtención de energías blandas, no contaminantes, como la eléctrica a partir de parques de aereogeneradores.

2. METODOLOGÍA ESTÁNDAR, CON SUS FUNDAMENTOS.

Se desarrolla una metodología conforme:

- a la definición y delimitación de unidades territoriales o ambientales.
- a la identificación de sus componentes significativos de caracterización.
- a la cuantificación numérica de estos componentes,
- y a la combinación de los componentes ambientales, mediante la opción operacional adecuada.

Los valores óptimos de los componentes, en una unidad ambiental específica, alcanzarían un valor de 10. A medida que los parámetros se alejan de los valores óptimos, disminuye la calidad de la unidad ambiental.

Se tienen que definir criterios y operaciones, de forma tal, que la estimación que se obtenga, para una determinada unidad ambiental, se pueda contrastar con las de otras unidades homologables, situadas en diferentes regiones.

La sustentabilidad de un proyecto de desarrollo se analizará en función de la caída de calidad ambiental, en la unidad territorial en cuestión. Las caídas de calidades tendrán significados diferentes, según las calidades de partida. Además, habrá de tenerse en cuenta si ese proyecto afecta a parámetros excluyentes, entre los de permisibilidad, del índice de uso.

3. CÁLCULO DE CALIDADES.

En primer lugar, hay que seleccionar o diseñar, los componentes significativos, u operativos de la unidad ambiental en estudio.

Para el cálculo de una calidad (natural, ambiental o de cualquier otro tipo), se aplicará una expresión donde los componentes aparezcan como sumandos. Los valores de estos estarán dentro de una escala arbitraria, por ejemplo, entre 0 y 10.

Como todos los componentes no tienen la misma importancia, éstos estarán afectados por coeficientes, en tantos por uno, en relación con el conjunto de parámetros seleccionados. De esta manera, en el caso hipotético de una calificación máxima en cada uno de los parámetros, no se rebasará la escala establecida.

Según las premisas anteriores, la expresión matemática de una calidad se configura como sigue:

$$c = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [k_j e_j t_j p_j N_{ij}] q_i$$

c = calidad, en una escala de 0 a 10.

k_j = coeficiente de los componentes de calidad, en tantos por uno, de acuerdo con la importancia de los mismos.

e_j = coeficiente espacial, en tantos por uno.

t_j = coeficiente temporal, en tantos por uno.

p_j = coeficiente de probabilidad de presentación, en tantos por uno.

N_{ij} = componente que se evalúa, en una escala de 0 a 10.

m = número de componentes que se consideran.

n = número de sub-unidades ambientales.

q_j = coeficiente espacial de la sub-unidad ambiental.

Cuando intervienen varias sub-unidades, la calidad total sería la suma de las calidades de cada sub-unidad, afectada por sus respectivos coeficientes espaciales.

Esta formulación no es mas que la forma elegante de recopilar la información de una calidad, que se ha obtenido a partir de las observaciones de campo y/o laboratorio.

De acuerdo con la anterior expresión, la calidad está en una escala de 0 a 10. Sin embargo, en la actualidad, algunos equipos de trabajo suelen hacer las estimaciones en una escala de 0 a 1. Para homologar los valores que se obtienen aquí, respecto a estos grupos de trabajo, basta con dividir los resultados por 10.

Por otra parte, dado que la calidad de un territorio depende, en buena medida, de la abundancia, o peculiaridad, de algunos de sus parámetros, a nivel:

- regional,
- de un país,
- o del conjunto de la Tierra,

se debe considerar una escala de evaluación de la rareza (por ejemplo, de 1 a 10). Este nuevo valor multiplicará a la cualificación total de la calidad ambiental.

Así, en un ambiente de manglar, dentro de un entorno kárstico que tuviera grabados de petroglifos (elementos etnográficos aborígenes), como ocurre en el Parque Nacional de Morrocoy (Venezuela), la calidad global del territorio se podría multiplicar por un coeficiente 10 (valor máximo en la escala de rareza).

4. EJEMPLOS DE CALIDADES, EN DETERMINADOS ESCENARIOS, SUSCEPTIBLES DE SOPORTAR CAMARONERAS.

Primer caso: las calidades en las playas arenosas.

Las playas pueden:

- bien soportar instalaciones y explotaciones de camaroneras,
- o bien sufrir determinados efectos, en relación con los procesos sedimentarios, a causa de esas intervenciones antrópicas, en otras áreas de su misma provincia morfodinámica.

Para contextualizar impactos ambientales, entre otras cosas, conviene estimar calidades, en cualquiera de las dos anteriores circunstancias.

En relación con una calidad ambiental, y de acuerdo con los aspectos físicos de una playa, los componentes ambientales a considerar son, entre otros:

1. La dimensión del depósito, en relación con el potencial de uso. Coeficiente de importancia: 0.113.
2. La estabilidad del depósito sedimentario. Comprende, además, la estabilidad de las formas geológicas y obras marítimas, que intervienen en los procesos físicos del depósito sedimentario. Coeficiente de importancia: 0.113.

3. La caracterización de los áridos (coloración, texturas, densidad, adherencia, etc.). Coeficiente de importancia: 0.113.
4. La climatología (temperatura y humedad, vientos e insolación). Coeficiente de importancia: 0.097.
5. Los riesgos físicos antrópicos (por ejemplo, proximidad de un polvorín). Coeficiente de importancia: 0.097.
6. Las barreras topográficas, que condicionan la accesibilidad a la playa. Coeficiente de importancia: 0.081.
7. La movilidad eólica de las arenas, para formar dunas solidarias. Coeficiente de importancia: 0.065.
8. Los riesgos del entorno:
 - tanto geomorfológicos del relieve circundante (por ejemplo, los desprendimientos desde grandes acantilados que bordean a la playa seca),
 - como los debidos a la peligrosidad oceanológica ocasional o inusitada.

Coeficiente de importancia: 0.065.

9. Las condiciones oceanológicas habituales (corrientes de resaca, remolinos, oleaje y otras). Coeficiente de importancia: 0.065.
10. La calidad física del agua (el grado de limpidez y transparencia por la carga de sedimentos: turbidez sedimentaria). Coeficiente de importancia: 0.065.
11. Los grandes riesgos naturales: sísmicos, volcánicos y meteorológicos. Entre los últimos, están los huracanes y las tormentas huracanadas. Coeficiente de importancia: 0.048.
12. Presencia de sonidos. Coeficiente de importancia: 0.030.
13. El paisaje físico envolvente, que caracteriza la morfología fisiográfica delimitante. Se incluyen las singularidades geológicas, que revalorizan al territorio. Coeficiente de importancia: 0.025.
14. Los impactos físicos que se detectan. Coeficiente de importancia: 0.024.

Los coeficientes de importancia estimados son válidos siempre y cuando se considere este conjunto de componentes. Si entraran otros, o se eliminaran algunos, habría que reajustar tales coeficientes.

Sea el caso de una playa y su entorno, que se ajustan a las siguientes características:

1. La playa representa el 0.25, en tantos por uno, de la superficie, en proyección ortogonal, de la unidad ambiental.
2. El ambiente sedimentario se encuentra ubicado, junto a otros, también playeros, pero de reducidas dimensiones, en una amplia caleta, que encierra a una provincia morfodinámica.

La caleta está configurada por acantilados basálticos tableados, sobre piroclastos. Entre estos acantilados, se desarrollan depósitos arenosos.

Los acantilados tienen poca altura de coronación (unos ocho metros), y no representan riesgos de desprendimientos. Están bastante alejados de la playa seca usufructuaria.

3. Desde la playa, se observa una diversidad topográfica, que define varios horizontes con fuertes roturas de líneas. Esto revaloriza el paisaje del entorno, desde el “punto singular” de la playa.

4. En el litoral, donde se ubica la playa, se identifica una elevación media del nivel del mar de unos 0.5 milímetros anuales.
5. La costa de la playa forma parte de una plataforma litoral amplia (de varios kilómetros) y suave (con una pendiente media inferior a un 1.5 %).
6. Dentro de una subcaleta rebajada, que no impide un transporte libre, la playa define a un ambiente arenoso, de 800 por 250 metros en bajamar viva, inestable, y significativamente disipativo a lo largo de ciclos sedimentarios cortos.
7. Las arenas son grises oscuras, de granulometrías medias bien clasificadas, y de naturaleza basáltica.
8. Los aportes sedimentarios, que alimentan a las playas, proceden, en su mayor parte, de un barranco (quebrada), localizado aguas arriba. Las aguas llegan al mar unos 20 días al año, por término medio.
9. A lo largo de la provincia morfodinámica, donde se encuentra la playa, el ángulo de incidencia y la energía del oleaje dominante aseguran una buena capacidad de transporte longitudinal.
10. El depósito playero corresponde a un sistema sedimentario abierto. Los aportes externos dependen del barranco situado aguas arriba. La playa sirve de eslabón sedimentario de las otras secundarias, de aguas abajo.
11. La playa principal se encuentra sometida, durante unos 15 días, a temporales de un clima marítimo dominante. La probabilidad de que se den estos temporales erosivos, a lo largo del año, es de un 90 %.

Hay ausencia de tormentas huracanadas.

El ambiente está resguardado de los temporales regionales.

A lo largo de 216 días, en un año, sólo hay corrientes peligrosas, con remolinos, en los extremos de los márgenes, que representan el 30 % de la superficie de playa (emergida más sumergida). La probabilidad de que se dé esta estimación es de un 85 %

12. Por lo general, no se observa turbidez sedimentaria en el conjunto de playas.
13. La playa no tiene dunas solidarias.
14. En las proximidades de la playa no, hay instalaciones, que supongan riesgos peligrosos para los usufructuarios.
15. El territorio carece, y dista considerablemente, de una red adecuada de infra-estructuras de servicios (distribución de agua potable, alcantarillado, tendidos eléctricos y telefónicos, etc.), que haga a la playa idónea como recurso lúdico y turístico en general.
16. El clima atmosférico, a lo largo de 252 días al año, reúne las siguientes condiciones.
 - mesotérmico,
 - árido,
 - ausencia de vientos molestos,
 - y con días soleados.

Estas condiciones tienen una probabilidad estadística de cumplirse de un 80 %.

17. Las condiciones climáticas, el componente paisajístico y unas vías de comunicación próximas, muy aceptables, permitirían el desarrollo de un importante turismo.



18. El relieve y sus características geológicas y biológicas no crearían problemas en la ampliación de la red viaria.
19. Los terrenos colindantes con la playa, el 75 % de la unidad territorial, son baldíos y tienen una vegetación escasa, pero contrastada en la zona. Así quedan individualizados del resto. La fauna terrestre, poco abundante, se caracteriza por especies a extinguir. También destaca la nidificación de aves protegidas, en acantilados próximos.
20. En las cercanías no hay enclaves arqueológicos, ni otros entornos de interés etnográfico.
21. Estos terrenos han sido recalificados para uso urbanístico (residencial estacional, por ejemplo).
22. La flora y fauna marinas son poco significativas.
23. Las zonas emergidas y marina, de la unidad ambiental, se utilizan, habitualmente, como vertederos de residuos sólidos. Estos vertidos afectan a la calidad de las aguas, y hacen que se carguen de un contenido bacteriológico patógeno.
24. El núcleo poblacional usufructuario, que se encuentra a unos 25 kilómetros de la playa a intervenir, tiene unos 25 000 habitantes y sufre una elevada tasa de paro o desempleo (un 22%).

En este ejemplo, en el cálculo de la calidad ambiental, se utilizan los componentes ambientales inventariados y definidos al comienzo de este epígrafe. En la tabla 1, se condensan los valores de estos, junto con los de sus coeficientes, y la calidad ambiental de la playa, que se estudia a título de ejemplo.

1	2	3	4	5	6	7	8
01	10.00	0.113	1.000	1.000	1.000	1.1300	
02	01.00	0.113	1.000	1.000	1.000	0.1130	
03	06.00	0.113	1.000	1.000	1.000	0.6780	
04	07.50	0.097	1.000	0.700	0.800	0.4074	
05	10.00	0.097	1.000	1.000	1.000	0.9700	
06	10.00	0.081	1.000	1.000	1.000	0.8100	
07	00.00	0.065	1.000	1.000	1.000	0.0000	
08	10.00	0.032	1.000	1.000	1.000	0.3200	a
08	10.00	0.032	1.000	0.959	0.900	0.2760	b
09	00.00	0.016	0.300	0.600	0.850	0.0000	c
09	10.00	0.016	0.700	0.600	0.850	0.0570	c
09	10.00	0.032	1.000	0.400	0.850	0.1088	d
10	10.00	0.032	0.700	1.000	1.000	0.2240	e
10	03.00	0.032	0.300	0.600	0.850	0.0147	e
11	10.00	0.048	1.000	1.000	1.000	0.4800	
12	10.00	0.030	1.000	1.000	1.000	0.3000	
13	08.00	0.024	1.000	1.00	1.000	0.1920	
14	00.00	0.024	1.000	1.000	1.000	0.0000	

CALIDAD AMBIENTAL FÍSICA =	6.0810
----------------------------	--------

Tabla 1.

1 = siglas del componente. 2 = vaioir del componente. 3 = coeficiente de importancia. 4 = coeficiente espacial (en este caso, hace referencia a la sub-unidad). 5 = coeficiente temporal. 6 = coeficiente de probabilidad de presentación. 7 = valor de la fila. 8 = observaciones: a = nulo riesgo geomorfológico. b = de acuerdo con los temporales. c = corrientes marginales peligrosas. d = sin corrientes marginales peligrosas. e = en relación con la turbidez de las corrientes marginales.

La estimación de la calidad ambiental física se ha hecho según una escala de 0 a 10.

Una calidad ambiental, con un valor de 6.08, como el que se ha calculado, traduce que el sistema es bastante mediocre.

El valor de cero implicaría una calidad mínima. El sistema podría absorber muy bien impactos ambientales. Mientras que un valor de diez quiere decir que el sistema ambiental gozaría de una buena salud, lo que conlleva una gran fragilidad, o mínima capacidad de absorber impactos.

Segundo caso: las calidades de los manglares.

Los manglares constituyen escenarios predilectos para la instalación y explotación de camarónicas. Esa predilección se sustenta en que estos entornos permiten un buen desarrollo de las larvas de camarones. Sin embargo, no suele considerarse que las propias instalaciones y explotaciones pueden, en cierto grado, y real o potencialmente, anular esa idoneidad, por los cambios físico-químicos y biológicos, que introducirían.

Para comprender, en su justa medida, las evaluaciones de los impactos, inherentes tanto a las instalaciones como a las explotaciones de camarónicas, en los manglares que ocupan, conviene, a modo de arranque, estimar las calidades iniciales de estos ambientes.

En la estimación de una calidad ambiental de los manglares, se consideran, en principio, los siguientes componentes:

1. Dimensión del manglar, densidad de pies de plantas y grado de desarrollo (altura) de los árboles. Coeficiente de importancia: 0.089.
2. Zonación y estabilidad del bosque. Coeficiente de importancia: 0.089.
3. Participación en el equilibrio ecológico. Coeficiente de importancia: 0.076.
4. Biodiversidad que representa el bosque en sí, y la que sustenta. Coeficiente de importancia: 0.089.
5. Zona de refugio ícnico y faunístico en general. Coeficiente de importancia: 0.050.
6. Zona de refugio ornítico. Coeficiente de importancia: 0.063.
7. Modo de como actúa el manglar en la retención de sedimentos, y consecuencias de estas retenciones (en playas y en cuanto al desarrollo de formaciones coralinas). Coeficiente de importancia: 0.076.
8. Papel que juega en la protección de la orilla, ante la erosión. Coeficiente de importancia: 0.089.
9. Modo y grado de la conquista del medio marino. Coeficiente de importancia: 0.050.
10. Proximidad e importancia de núcleos poblacionales usufructuarios. Coeficiente de importancia: 0.038.
11. Riesgos físicos de desastres, por actuaciones antrópicas ya ejecutadas (por ejemplo, por la proximidad de un polvorín). Coeficiente de importancia: 0.038.
12. Riesgos naturales del entorno para el hombre (peligrosidad oceanológica, probabilidad de presentación de huracanes y de tormentas huracanadas, peligrosidad faunística, probabilidad de presentación de sismos y/o de actividad volcánica peligrosa, etc.). Coeficiente de importancia: 0.019.
13. Calidad físico-química (contenidos en mercurio, por ejemplo, por una industria petroquímica próxima), y bacteriológica, de las aguas superficiales y marinas, que convergen en el ambiente del manglar. Coeficiente de importancia: 0.025.

14. Accesibilidad, por las características del relieve interpuesto, hacia tierra. Coeficiente de importancia: 0.038.
15. Fuente de alimentos y de recursos pesqueros, de acuerdo con una explotación sustentable. Coeficiente de importancia: 0.038.
16. Potencialidad de energía alternativa y de recursos madereros, de acuerdo con una explotación sustentable. Coeficiente de importancia: 0.038.
17. Condiciones ambientales, en cuanto al usufructo recreacional - paisajístico del manglar (temperatura, probabilidad de presentación y de intensidad de precipitaciones, humedad, vientos, insolación, mosquitos o zancudos, sonidos, etc.). Coeficiente de importancia: 0.019.
18. Recurso recreacional del manglar. Coeficiente de importancia: 0.038.
19. Participación del manglar en el paisaje. Se incluyen las singularidades geológicas, biológicas y etnográficas que se encuentran en el espacio geográfico del manglar, y que revalorizan paisajísticamente al territorio. Coeficiente de importancia: 0.038.

Como en el caso de las playas arenosas, estos coeficientes estimados de importancia son válidos siempre y cuando se considere el anterior conjunto de componentes. Si entraran otros, o se eliminaran algunos, habría que reajustar tales coeficientes.

5. ESTIMACIONES DE CAÍDAS DE CALIDADES POR ACTUACIONES ANTRÓPICAS, POR EJEMPLO, EN RELACIÓN CON CAMARONERAS.

Después de la realización de una intervención, como puede ser la instalación y explotación de una camaronera, se puede estimar la caída porcentual de una calidad, por ejemplo, la ambiental. Para ello, se aplica la expresión:

$$E = \frac{100.CA}{CO} - \frac{100.CP}{CO} = \frac{100}{CO} [CA - CP]$$

donde:

E = estimación de la caída porcentual de la calidad ambiental, ante un determinado proyecto.

CO = valor de la calidad óptima.

CA = valor de la calidad ambiental actual.

CP = valor de la calidad ambiental, si se realizara un proyecto determinado.

De la expresión anterior, se deduce, de una forma muy sencilla:

E = caída porcentual de la calidad = calidad porcentual actual (x_1), menos la calidad porcentual potencial (x_2), si se realizara el proyecto = $x_1 - x_2$

La calidad porcentual actual (x_1) se ajusta a las relaciones:

$$\frac{CO}{100} = \frac{CA}{x_1} \rightarrow x_1 = \frac{100 \cdot CA}{CO}$$

Mientras que la calidad porcentual potencial (x_2), se calcula mediante estas otras:

$$\frac{CO}{100} = \frac{CP}{x_2} \rightarrow x_2 = \frac{100 \cdot CP}{CO}$$

En definitiva, se evalúa el grado en que se absorbe, o son acogidas, unas actuaciones determinadas:

- sin que se deteriore la calidad del medio ambiente,
- ni que hayan riesgos para la seguridad del hombre, u obras ya construidas.

A medida que la estimación de la caída porcentual positiva de la calidad sea menor, hay una mejor absorción.

CAPÍTULO 2

LA VULNERABILIDAD DE LAS UNIDADES TERRITORIALES.

ESQUEMA:

1. Descriptores de vulnerabilidad: Conceptos y metodología de cálculo.
2. Ejemplos de descriptores de vulnerabilidad, válidos para las camaroneras.
3. Indicadores de vulnerabilidad: Conceptos y metodología de cálculo.
4. Ejemplos de cálculo de indicadores de vulnerabilidad.

1. DESCRIPTORES DE VULNERABILIDAD: CONCEPTOS Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

Los descriptores de vulnerabilidad describen, con valoraciones semi-cuantitativas, de forma numérica, las variables, condicionantes y dependencias de las causas, procesos y efectos que intervienen en la formación y equilibrio de los sistemas “naturales”, sin ningún tipo de intervención antrópica explícita.

Los descriptores de vulnerabilidad traducen los riesgos parciales de que un sistema acotado pierda su equilibrio, o de que se haga más desequilibrado, todo ello de forma natural. Sin embargo, estos riesgos parciales pueden provocar repercusiones generales, por concatenaciones cruzadas, entre las variables, condicionantes y causas, que definen al sistema.

Los descriptores deben tener enunciados amplios, pero de modo tal que permitan recoger, de una manera precisa, los comportamientos de los sistemas en estudio.

Un sistema será menos vulnerable:

- cuando sea menor el número de descriptores,
- y/o a medida que los descriptores y sus diferentes coeficientes tengan los valores más bajos.

En principio, los descriptores de vulnerabilidad se clasifican en:

- generales, y
- específicos.

Los descriptores generales son aquellos que se pueden extrapolar, en cierta manera, a cualquier tipo de “sistema ambiental” acotado. En cambio, los descriptores específicos son los propios, o peculiares, de un “sistema” determinado.

Los descriptores generales y específicos se subdividen, a su vez, en:

- geodescriptores,
- biodescriptores,
- y de calidad de vida.

Los geodescriptores hacen referencia al biotopo, al recipiente físico que sustenta al sistema ambiental.

Los biodescriptores se centran en la biocenosis del “recipiente”. Entre otras muchísimas cosas, se considera la biodiversidad.

Los descriptores de calidad de vida se centran en todos los componentes “abióticos” del sistema (aire y agua), encerrados en el “recipiente” físico, y que afectan, o repercuten, de una u otra manera, en el desarrollo de la biocenosis. Estos descriptores condicionan, en mucho, la calidad y las situaciones de optimicidad de las comunidades vivientes.

2. EJEMPLOS DE DESCRIPTORES DE VULNERABILIDAD, VÁLIDOS PARA LAS CAMARONERAS.

Los descriptores son muy numerosos, conforme con la gran variedad de sistemas, que se pueden definir y describir, sobre la Tierra. Por ello, y como ejemplos, y en relación con potenciales escenarios a ocupar por camaroneras, se opta con diseñar simplemente dos bancos de descriptores, referidos:

- a una playa arenosa, en sus aspectos más generales,
- y a un ambiente de manglar.

Pero además, convendrían identificar, describir y analizar los descriptores de vulnerabilidad de otros ambientes, que también podrían tener significado en las camaroneras:

- como soportes directos de las instalaciones y explotaciones,
- o como receptores de ondas de impactos, por encontrarse dentro del área de influencia de estos.

Entre los primeros están, entre otros, las ciénagas y las lagunas costeras, no caracterizadas por los manglares. Entre los segundos se puede indicar las formaciones coralinas, por ejemplo, los cayos de arrecifes, enfrentados a ambientes de manglares, de orillas continentales.

Como regla general, para la construcción de estos bancos de descriptores, se debe seguir las siguientes pautas:

- a). Enunciado y denominación corta, precisa y acertada.
- b). Justificación del descriptor.
- c). Formulación de los criterios para evaluar numéricamente al descriptor.
- d). Y determinación del coeficiente de importancia del descriptor, en función del conjunto de descriptores del sistema en cuestión.

***** *****

Un banco selectivo de los descriptores físicos de vulnerabilidad, específicos de las playas arenosas, podrían constituir una especie de guía procedimental, para el estudio del comportamiento sedimentario, en estos sistemas, aparte de permitir la estimación de un indicador de la vulnerabilidad física.

Un listado estándar de tales descriptores físicos sería:

1. El ascenso relativo del nivel del mar.

Los movimientos eustáticos positivos, o los movimientos epirogénicos negativos, en cuanto que pueden determinar el retroceso de una playa, representan un alto riesgo de vulnerabilidad.

Los anteriores movimientos, con signos contrarios, traducen situaciones que favorecen los desarrollos internos de playas, y, en consecuencia, hacen que disminuyan los riesgos de vulnerabilidad.

Las tentativas de valoración de este descriptor se harían conforme con los siguientes criterios:

- Se identifican movimientos epirogénicos positivos, o eustáticos negativos: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Existen movimientos, pero no tienen unas determinadas pautas generalizadas: 5.0 unidades de vulnerabilidad.
- Hay movimientos epirogénicos negativos, o eustáticos positivos: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia: 0.063.

2. Ubicación de la playa, en la cartografía morfodinámica de su litoral.

De esta localización, puede depender las fuentes de aportes de áridos.

La vulnerabilidad de la playa disminuirá a medida que unos relieves, normalmente acantilados y/o unas bajas, aguas arriba de su provincia morfodinámica, sean más erosionables, por el oleaje dominante, de incidencia oblicua.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Aguas arriba hay relieves emergentes y bajas muy erosionables, que aseguran la alimentación sedimentaria de las playas aguas abajo: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Sólo hay relieves emergentes o bajas erosionables: 2.5 unidades de vulnerabilidad.
- No existen relieves emergentes ni bajas erosionables: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.089.

3. Los aportes de áridos, desde aguas superficiales encauzadas, con desembocaduras aguas arriba.

Esta dependencia aumenta la vulnerabilidad de una playa, en cuanto que los aportes de áridos van a estar sometidos, en una cierta medida, a factores exógenos, respecto a una dinámica oceánica.

Los factores exógenos son, principalmente, dos:

- La evolución de la cobertura vegetal, que repercute en la potencialidad de erosión de la cuenca. A mayor vegetación, menor erosión, lo que implica menor disponibilidad de áridos en el litoral, para alimentar de arenas a las playas.
- Y las condiciones meteorológicas, que influyan en las capacidades de erosión, en las laderas, de las aguas de arroyada, y de erosión y transporte de las aguas superficiales encauzadas. Cuanto mayor sean las erosiones y transportes hacia el litoral, habrán mayores disponibilidades de arenas, para los procesos que rigen la estabilidad de las playas. Y esto, a su vez, implicaría una menor vulnerabilidad de los depósitos playeros.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- No intervienen los aportes de áridos de aguas superficiales encauzadas: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Los terrígenos de aguas superficiales encauzadas sólo intervienen parcialmente: 5.0 unidades de vulnerabilidad.

- Intervienen decisivamente los aportes de áridos de aguas superficiales encauzadas: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.076.

4. Localización y orientación geográfica de la playa.

Explican, en dependencia con el clima marítimo, los procesos de pérdidas y ganancias sedimentarias.

La vulnerabilidad aumentará cuando más expuesta se encuentre la playa a los oleajes erosivos dominantes y reinantes.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- La playa siempre está resguardada de oleajes erosivos dominantes y reinantes: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- La playa se encuentra resguardada de los oleajes erosivos dominantes, pero no de los reinantes: 5.0 unidades de vulnerabilidad.
- La playa recibe oleajes erosivos dominantes, pero no hay oleajes erosivos reinantes. Se pierde arena con situaciones de temporales. El oleaje restante dominante, normalmente con una cierta energía, impide procesos de acreción: 7.5 unidades de vulnerabilidad.
- La playa está abierta a los oleajes erosivos dominantes y reinantes: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.101.

5. El clima marítimo, que incide en la playa, con sus repercusiones hidrodinámicas.

Explican también, y en gran medida, los procesos de ganancias y pérdidas sedimentarias. Aquí, los procesos se relacionan con los comportamientos morfodinámicos del depósito. Por otra parte, estos comportamientos se tendrán en cuenta en otro descriptor.

En general, dentro de la valoración del descriptor, con una mayor probabilidad de presentación y energía de temporales aumenta la vulnerabilidad.

La tentativa de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Se observa una ausencia de temporales: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Sólo hay temporales muy energéticos de forma inusitada: 5.0 unidades de vulnerabilidad.
- Se dan temporales erosivos con mucha frecuencia (varios al año): 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia: 0.089.

6. La morfología del contorno, en relación con la energía del oleaje.

Un depósito de playa puede deber su estabilidad a que la energía del oleaje incida, en el ambiente, de una forma atenuada. La probabilidad de destrucción, por erosión, de algún elemento morfológico, de atenuación del oleaje, se traduciría como vulnerabilidad del sistema sedimentario.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Presencia de elementos morfológicos en buen estado de conservación, sin signos de una previsible erosión significativa: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Presencia de elementos que aún atenúan la energía del oleaje, pero desempeñando este papel a corto plazo, por los procesos de erosión que soportan: 5.0 unidades de vulnerabilidad.
- Los elementos morfológicos han dejado de representar, en buena medida, el papel de disuación energética: 7.5 unidades de vulnerabilidad.
- Hay elementos morfológicos muy degradados, ya inoperantes, pero que desempeñaron, en un pasado reciente, un papel decisivo en la formación y evolución de la playa: 10.0 unidades de vulnerabilidad.
- Se da una ausencia de elementos morfológicos, para atenuar la energía del oleaje: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.076.

7. La situación de la estabilidad sedimentaria.

Este descriptor está muy relacionado con el grado de ajuste del perfil de playa a una curva de equilibrio, en dependencia con el nivel medio del mar, las características oceanológicas del oleaje y la naturaleza y características de los áridos.

Una playa se podría encontrar:

- En inestabilidad, con un retroceso generalizado de su orilla. Normalmente esto coincide cuando el perfil está por debajo de la curva de equilibrio. En esas circunstancias, el mecanismo que provoca la inestabilidad es la Regla de Bruun.
- En estabilidad. El perfil tiende a coincidir con el de la curva de equilibrio.
- O en hiper-estabilidad. En este caso, el perfil suele levantarse sobre el de la curva de equilibrio.

La hiper-estabilidad supone que la playa tiene una reserva de áridos, como para que no se ponga en peligro su depósito, ante transitorias alteraciones naturales negativas (elevaciones del nivel del mar, por temporales), en la dinámica de los procesos sedimentarios. Entonces, la vulnerabilidad tendría un valor nulo o pequeño. La interpretación de la sobre-elevación del perfil de playa, respecto al de la curva de equilibrio, implica que, ante aumentos meteorológicos del nivel medio del mar, el riesgo de erosión, en la playa interna, sea mínimo.

En cambio, cuando una playa se encuentra en inestabilidad, ante esas mismas alteraciones, las repercusiones negativas, en la playa, serían muy acusadas. Habría un alto riesgo de vulnerabilidad.

DETA

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- El depósito interno de áridos se encuentra en hiper-estabilidad sedimentaria, o el perfil generalizado de la totalidad de la playa se encuentra sobre el de la curva de equilibrio: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- El perfil de playa coincide con el de la curva de equilibrio: 2.5 unidades de vulnerabilidad.
- El depósito interno de áridos está sometido a una inestabilidad, o el perfil generalizado de playa está por debajo del perfil de la curva de equilibrio: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia: 0.051.

8. Los transportes transversales de la playa, hacia mar abierto, de acuerdo con su comportamiento morfodinámico. Aquí se incluye los rip currents.

La presencia de estos transportes hace que aumente la vulnerabilidad del depósito sedimentario más interno.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Inexistencia de transportes transversales (playa reflectiva): 0 unidades de vulnerabilidad.
- Existencia de transportes transversales (playa con estadios disipativos, a lo largo de ciclos sedimentarios cortos, y/o con elementos geomorfológicos, o hidrodinámicos, que favorecen la formación de rip currents): 7.5 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.051.

9. Conjunto de variables y condicionantes que determinan, en un litoral, un transporte longitudinal, próximo a la orilla, libre o impedido.

Los litorales de transportes libres están expuestos a más riesgos, en cuanto a fluctuaciones en los balances sedimentarios, y ello conlleva una mayor vulnerabilidad en la estabilidad sedimentaria de sus playas arenosas.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- El litoral se clasifica como de transporte impedido: 0 unidades de vulnerabilidad.
- Se desarrolla un transporte longitudinal libre: 7.5 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia: 0.038.

10. Comportamiento del sistema sedimentario como abierto o cerrado.

La "estaticidad" de un depósito playero, considerado en su conjunto, está más garantizada en un sistema sedimentario cerrado. En esas circunstancias, la vulnerabilidad disminuye.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- La playa corresponde a un sistema cerrado: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- La playa se identifica como un sistema mixto: 5.0 unidades de vulnerabilidad.
- La playa tiene un comportamiento de sistema abierto: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia: 0.038.

11. Capacidad de transporte longitudinal, en periodos de "bonanza", a lo largo del litoral, de la provincia morfodinámica, que engloba a la playa, con una fuente de aportes sedimentarios, aguas arriba.

En playas de un litoral de transporte libre, un aumento de la capacidad de transporte, desde aguas arriba, garantiza un posible suministro de áridos, si existen las fuentes sedimentarias apropiadas. De esta manera disminuye la vulnerabilidad.

En playas a sotamar de un abrigo, puede ocurrir que, para unas determinadas circunstancias del oleaje, sea posible una capacidad de transporte hacia aguas abajo, no impedida por la morfología de contorno.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Una buena potencialidad de transporte, en periodos de acreción, a lo largo de un litoral de transporte libre, implica la posibilidad de llegada de arenas, desde aguas arriba, a las playas que se comporten como sistemas abiertos: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Buena potencialidad de transporte longitudinal, sin obstáculos geomorfológicos, hacia aguas abajo, desde una playa, objeto de estudio, a sotamar de un abrigo. La playa podría perder parte de su depósito sedimentario, sin que llegase aportes, durante el periodo de acreción: 5.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.076.

12. Desarrollo de transportes longitudinales en la playa, en dependencia con distintas condiciones de corrientes, que generen diferentes situaciones oceanológicas del oleaje.

Diferentes diagramas de transporte en playas, para oleajes de procedencias variadas, aseguran basculaciones sedimentarias compensatorias, que corrigen las posibles irregularidades, en planta, que se hayan formado por una cierta persistencia de unas condiciones oceanológicas dadas.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Se suceden diferentes diagramas de transporte, de sentidos opuestos, que regularicen una planta de playa. O se desarrolla un diagrama adecuado, de forma "constante", para garantizar una playa, que se formó a partir de una singularidad geométrica negativa (una flecha): 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Se desarrollan diagramas inadecuados para asegurar la vida sedimentaria de una playa, formada a partir de una "g": 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.025.

13. Caracterización de las variables, que rigen las formas de los depósitos sedimentarios de la playa, en planta y en perfil. Incluye la parametrización de los condicionantes, que determinan la morfología genética de la playa.

La estabilidad del depósito sedimentario, o lo que es lo mismo, el grado de vulnerabilidad de la playa más interna, está muy ligada a la morfología de contorno. Esto ha servido para el desarrollo de una clasificación genética, la de Suárez Bores (1978), empleada, básicamente, en los diseños de playas artificiales.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Se trata de una playa en bolsillo, óptimamente dimensionada, con contención: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- El depósito playero se clasifica simplemente como de bolsillo, óptimamente dimensionada: 2.5 unidades de vulnerabilidad.
- La playa se desarrolla en una caleta, donde la longitud está sobredimensionada: 5.0 unidades de vulnerabilidad.
- La playa se encuentra en un ambiente abierto: 7.5 unidades de vulnerabilidad.
- El depósito de arenas se localiza en la proximidad de una singularidad másica negativa (sumidero sedimentario "puntual"): 10 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.076.

14. Presencia de una plataforma litoral.

La plataforma litoral, sobre la que se asienta la playa, debe ser lo suficientemente amplia y suave, para que puedan desarrollarse, óptimamente, muchos de los procesos físicos descritos, que aseguren la recuperación sedimentaria de la playa, tras las pérdidas de áridos. En la medida que no ocurriese esto, se acrecentaría la vulnerabilidad de la playa, sobre todo si se imposibilita la aparición de los procesos imprescindibles para la formación del depósito arenoso.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Presencia de una amplia y suave plataforma litoral (de varios kilómetros y pendientes inferiores a 1.5 %): 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Existencia de una estrecha y abrupta plataforma litoral (varios cientos de metros y pendientes superiores a un 5 %): 10 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.089.

15. Dependencias de la playa con formaciones de dunas litorales.

En periodos de temporales, las formaciones dunares litorales, solidarias a las dunas, mitigan las erosiones de los depósitos más internos, dependientes del oleaje, y aseguran la salud sedimentaria de los mismos, mediante procesos de reposición de áridos.

Las tentativas de valoración, de este descriptor, se harían conforme con los siguientes criterios:

- Presencia de formaciones dunares solidarias: 0.0 unidades de vulnerabilidad.
- Ausencia de formaciones dunares solidarias: 10.0 unidades de vulnerabilidad.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.063.

***** *****

Para los manglares, los descriptores de vulnerabilidad se pueden distribuir en tres niveles de síntesis:

- Descriptores en relación con los condicionantes químico-físicos de contorno.
- Descriptores de acuerdo con los condicionantes propios y “florísticos” de contorno.
- Y descriptores de dependencias exógenas.

a). Descriptores en relación con los condicionantes químico-físicos de contorno.

1. Características del suelo.

El tipo de suelo juega un papel importante en la vulnerabilidad de un manglar. El suelo debe ser lo suficientemente adecuado para permitir el desarrollo de las plántulas, o propágulos, pero lo bastante pobre o inadecuado para evitar la competitividad de otras comunidades vegetales, sean acuícolas o terrestres.

Ante suelos pobres o inadecuados, para otras comunidades vegetales, los manglares resuelven los problemas nutricionales gracias a las disposiciones y modificaciones de sus raíces.

En los ambientes de manglares, los suelos suelen clasificarse como fangosos, con aspectos desde semifluidos a consolidados. Son arcillosos-limosos, calcáreos o silíceos, con un pH que puede oscilar entre 4.80 y 8.80. El contenido en humus bascula entre un 2 y un 35 %. Los cloruros están entre 1.91 y 3.96 g/100 ml de soluto en el suelo. El nitrógeno total se cuantifica entre 0.38 y 0.46 %. Por estar temporal o parcialmente cubiertos de agua, el oxígeno escasea, lo que provoca una descomposición incompleta de la materia orgánica. Hay abundancia de SH_2 , lo que determina un olor peculiar.

La cadena microbiológica, que contiene estos suelos, evita una degradación irreversible nutricional.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.070.

2. Salinidad del agua.

El grado de salinidad no es un requerimiento para el desarrollo de los manglares, debido a que éstos se comportan como halófitos facultativos. Así se encuentran tanto en ambientes estuarinos como en los de salinidad alta y estable. Sin embargo, este parámetro se incluye como descriptor de vulnerabilidad, en cuanto que puede eliminar, de forma directa, la competencia de las plantas acuáticas (de agua dulce) y de las terrestres.

Por otra parte, los rangos de salinidad influyen en la distribución de los organismos asociados, cosa que parece resultar importante, como procedimiento indirecto, en la eliminación de la competencia de la vegetación terrestre.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.070.

3. Características topográficas de la plataforma litoral.

Las plataformas someras, amplias y suaves permiten, en procesos y efectos de retro-alimentación:

- la deposición de sedimentos y de suelo,
- el crecimiento de praderas de macro-algas y de graminias,
- y las condiciones apropiadas para el desarrollo de las plántulas del manglar rojo.

Todo esto converge en la formación de un frente protector de un manglar inicial, y a la capacitación del bosque en cuestión para la conquista del medio marino. Y en la medida en que se den estas dos circunstancias, se afecta a la vulnerabilidad de los manglares.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.099.

4. Clima atmosférico.

Los parámetros que se consideran muestran la transcendencia que tienen los cambios climáticos, incluso a nivel de micro-clima, en la vida de un manglar.

La temperatura es un parámetro que condiciona el número de especies, de 30 a 1, en un manglar y, de esta manera, su potencialidad de biodiversidad. En el dominio de los manglares, el rango de temperaturas medias anuales suele situarse entre 25 y 27 grados centígrados.

Para las zonas más internas de los manglares, el desarrollo de las plantas dependen, en parte, de las precipitaciones. Escasas precipitaciones ponen en peligro la frondosidad. No obstante, cuando las lluvias son elevadas, se corre el riesgo de la erosión del sustrato, con todas sus implicaciones en la vegetación que soporta. Los valores medios anuales de las precipitaciones, en estos dominios, están entre los 1 700 y 2 000 mm.

La humedad representa a otro parámetro, que tiene repercusiones en la estructura del sustrato, y por ello, indirectamente, en el desarrollo de los manglares. En estos dominios, la humedad relativa anual óptima se encuentra entre un 80 y un 85 %.

Los vientos fuertes, y con una mayor incidencia los huracanados, pueden incidir en la destrucción de los manglares. De aquí que las probabilidades de presentación y de duración de estos vientos se consideren como descriptores de vulnerabilidad.

Por otro lado, un viento continental podría originar médanos o dunas desde tierra, que sepultaran a los manglares más internos, y colmatasen los espejos de agua, de los más externos. Ante esto, la sobrevivencia del manglar afectado es muy dudosa.

La llegada de la radiación de la luz solar, en dependencia con la presencia de nubes, influye directamente en los procesos fotosintéticos, que condicionan el desarrollo de los manglares. Pero además, el parámetro va a condicionar el desarrollo de las algas, en el dominio del manglar.

Las algas asociadas regulan las concentraciones de oxígeno y de nutrientes, en el ámbito inmediato, y ambas cosas se dejan sentir en la vulnerabilidad de un manglar. y de una fauna de cobijo.

Coefficiente de importancia, de la totalidad de parámetros descritos: 0.127.

5. Rango de las mareas astronómicas.

A mayores oscilaciones de los niveles de marea, mayor capacidad de penetración de la erosión, en el sustrato o suelo de un manglar, con lo que aumenta su vulnerabilidad.

En el área del Caribe, donde abundan los ambientes de manglares, la diferencia de niveles suele ser menor a un metro.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.070.

6. Localización y orientación geográfica del manglar.

Se establece una dependencia directa entre el desarrollo de un manglar y la caída de la energía, del clima marítimo dominante, reinante u ocasional. Y esto depende de la localización y orientación geográfica de un litoral, objeto de la colonización, por un manglar.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.113.

7. Probabilidad de presentación de temporales, incluidas las situaciones huracanadas.

Los temporales y las situaciones huracanadas suponen que aparezcan mareas meteorológicas, que se superponen a las astronómicas. En esas circunstancias, aumentan tanto la capacidad de penetración de la erosión, como la energía para que tenga lugar la lixiviación.

La vulnerabilidad de los manglares está en relación directa con la estadística y duración de esas dos circunstancias.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.085.

8. Presencia o ausencia de "barreras" físicas frontales, que puedan crear "sombras" energéticas en los ambientes de manglares, frente a los temporales.

Como ejemplos de estas barreras físicas están las formaciones de arrecifes coralinos, que dan lugar a bajos fondos disipadores de la energía del oleaje, y/o a orlas de cayos.

Las sombras energéticas evitan la pérdida del sustrato físico del manglar, en situaciones oceanológicas erosivas. La pérdida del sustrato arrastraría la destrucción del bosque que sustente.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.056.

9. Conjunto de causas y procesos que determinen las destrucciones de las "barreras" físicas, que crean "sombras" energéticas en los manglares.

Con la destrucción de estas barreras, aparecerían unas condiciones inhóspitas, para el mantenimiento del manglar, o inadecuadas, para su avance hacia mar adentro.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.028.

b). Descriptores de acuerdo con los condicionantes propios y "florísticos" de contorno.

10. Modificaciones anatómicas, con implicaciones fisiológicas, en algunos elementos de los manglares.

Como ejemplo, sean las modificaciones en las raíces del manglar negro. La vulnerabilidad aumenta a medida que hayan unas modificaciones de la corteza de los neumatóforos, que limiten la regularización de los mecanismos de retención de sales. Estas raíces deben actuar a manera de filtros, en la incorporación de agua y nutrientes hacia las partes aéreas del mangle.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.042.

11. Conjunto de alteraciones naturales que determinen desestabilizaciones en los mecanismos de descomposición bacteriológica, en la materia orgánica, del entorno del mangle.

Las desestabilizaciones repercutirán en la optimicidad del desarrollo de los manglares y de la fauna asociada. En realidad, se verá afectada la totalidad del equilibrio ecológico.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.028.

12. Praderas de macro-algas y de gramíneas marinas.

Entre las praderas de macro-algas se pueden encontrar las de Cladophoras y las de Vaucherías. Entre las de gramíneas, típicas son las de las Thalassias.

Tanto las macro-algas como las gramíneas atrapan y/o retienen a los sedimentos, y amortiguan la erosión, a causa de la energía del oleaje, en el frente más externo del manglar. Con estas funciones, queda garantizada la sobrevivencia del manglar y, en muchos casos, su potencialidad de expansión, hacia el medio marino.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.099.

c). Descriptores de dependencias exógenas.

13. Ubicación y distancia del manglar respecto a fuentes de sedimentos.

Aquí, se tienen presente:

- La existencia, o no, aguas arriba, de relieves emergentes erosionables, de bajas, asimismo erosionables, y/o de desembocaduras de ríos o quebradas (barrancos).
- Y la capacidad y cuantía de aportes de sedimentos, desde estos lugares al manglar.

Los aportes, desde las fuentes sedimentarias, pueden garantizar la permanencia del sustrato, ante periodos erosivos, o que progrese el ambiente, hacia mar adentro. Así, perdura el bosque y/o tiene capacidad de conquista del medio marino.

Coefficiente de importancia del descriptor: 0.113.

***** *****

En las valoraciones, una vulnerabilidad de 10.0 unidades no traduce una precariedad del ambiente, sino que está expuesto a serios riesgos potenciales, que pueden hacer peligrar su equilibrio físico y/o ecológico, si es que éste tenía lugar.

Los coeficientes de importancia son válidos siempre y cuando se considere el conjunto descrito de descriptores. Si entraran otros, o se eliminaran algunos, habría que reajustar estos coeficientes.

Los bancos de descriptores deben conducir a modelajes físicos, informáticos (simulaciones) y matemáticos (o numéricos), de las causas, procesos y efectos que acontecen, en los ambientes que se estudian.

3. INDICADORES DE VULNERABILIDAD: CONCEPTOS Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

Un indicador de vulnerabilidad corresponde a una expresión analítica, que combina, mediante las opciones operacionales apropiadas, las valoraciones numéricas de los descriptores de vulnerabilidad, con sus respectivos coeficientes.

Un indicador de vulnerabilidad traduce, globalmente, el “riesgo” de perderse el equilibrio en un sistema, o de hacerse más desequilibrado, todo ello de forma natural, sin la intervención del hombre. Los descriptores, de este indicador, sólo muestran riesgos parciales, pero pueden provocar repercusiones generales, por concatenaciones cruzadas, entre las variables, los condicionantes, las dependencias y las causas determinantes, que definen al sistema.

Un sub-indicador estaría definido por ecuaciones parciales, que intervendrán en otras más complejas o completas.

En el cálculo del indicador de vulnerabilidad, se podría utilizar una sumatoria, de los distintos descriptores que intervienen, con sus respectivos coeficientes de importancias, espaciales temporales y de probabilidad de presentación, específicos del caso en estudio.

En este caso, la expresión analítica sería:

$$Iv = \sum_{i=0}^n q_i d_i$$

donde:

Iv = indicador de vulnerabilidad.

q_i = producto de coeficientes.

d_i = descriptor de vulnerabilidad.

n = número de descriptores.

En general, se opera como sigue:

- a). Se hace el listado, lo más completo posible, de los descriptores que forman e intervienen en el equilibrio de un sistema.
- b). Se valora el grado de participación potencial en el sistema, en una escala positiva, por ejemplo, de 0 a 10.
- c). Se atribuyen a los descriptores sus correspondientes coeficientes, en tantos por uno.
- d). Se aplica la expresión analítica.

La metodología gozaría de bondad siempre que discrimine, significativamente, y en relación con los valores numéricos, los indicadores que se obtienen para un mismo tipo de sistema, pero en circunstancias distintas, bastante diferenciadas o distanciadas, por estimaciones “ojímetras” apriorísticas.

4. EJEMPLOS DE CÁLCULOS DE INDICADORES DE VULNERABILIDAD.

Sea el caso de una playa y su entorno, que se ajustan a las siguientes características.

1. Se identifica una elevación media del nivel del mar de unos 0.5 milímetros anuales, en el litoral donde se ubica la playa.
2. La costa de la playa forma parte de una estrecha plataforma litoral (de varios cientos de metros) y abrupta (mayor a un 5 % de pendiente).
3. La playa se encuentra localizada, junto a otras de reducidas dimensiones, en una amplia caleta, que encierra a una provincia morfodinámica.

La caleta está configurada por acantilados basálticos tableados, sobre piroclastos. Entre estos acantilados, se desarrollan los depósitos arenosos.

4. Dentro de una subcaleta rebajada, que no impide un transporte libre, la playa define a un ambiente arenoso, de 800 por 250 metros en bajamar viva, inestable, significativamente disipativa a lo largo de ciclos sedimentarios cortos.
5. Los aportes sedimentarios, que alimentan a las playas, proceden, en su mayor parte, de un barranco (quebrada), localizado aguas arriba. Las aguas del barranco llegan al mar unos 20 días al año, por término medio.
6. A lo largo de la provincia morfodinámica, donde se encuentra la playa, el ángulo de incidencia y la energía del oleaje dominante aseguran una buena capacidad de transporte longitudinal.
7. El depósito playero corresponde a un sistema sedimentario abierto. Los aportes externos dependen básicamente del barranco situado aguas arriba. La playa sirve de eslabón sedimentario de las otras secundarias, de aguas abajo.
8. La playa principal se encuentra sometida, durante unos 15 días, a temporales de un clima marítimo dominante. La probabilidad de que se den estos temporales erosivos, a lo largo de un año, es de un 90 %.

El ambiente está resguardado de los temporales regionales, aunque no de oleajes reinantes, de cierta energía.

9. La playa no tiene dunas solidarias.
10. El territorio carece, y dista considerablemente, de una red adecuada de infra-estructuras de servicios (distribución de agua potable, alcantarillado, tendidos eléctrico y telefónico, etc.), que haga a la playa idónea como recurso lúdico y turístico en general.
11. Las condiciones climáticas, el componente paisajístico y unas vías de comunicación próximas, muy aceptables, permitirían el desarrollo de un importante turismo.
12. El relieve y sus características geológicas no crearían problemas en la ampliación de la red viaria.
13. Los terrenos colindantes con la playa son baldíos y tienen una vegetación escasa, pero contrastada en la zona. Así, quedan individualizados del resto. La fauna terrestre, poco abundante, se caracteriza por especies a extinguir. También destaca la nidificación de aves protegidas, en acantilados próximos.

14. En las cercanías no hay enclaves arqueológicos.
15. Estos terrenos han sido recalificados para uso urbanístico (residencial estacional, por ejemplo).
16. La flora y fauna marina son poco significativas.
17. El núcleo poblacional usufructuario, que se encuentra a unos 25 kilómetros de la playa a intervenir, tiene unos 25 000 habitantes y sufre una elevada tasa de paro, desempleo, un 22 %.

En este ejemplo, se utilizan los descriptores ya inventariados, para estos tipos de ambientes, en relación con las causas, procesos y efectos sedimentarios. Los descriptores en cuestión, y sus coeficientes, toman los valores que se recogen en la tabla 2.

1	2	3	4	5	6	7
01	10.00	0.063	1.000	1.000	1.000	0.630
02	05.00	0.089	1.000	1.000	1.000	0.445
03	10.00	0.076	1.000	0.056	1.000	0.043
04	07.50	0.101	1.000	1.000	1.000	0.758
05	07.50	0.089	1.000	0.042	0.900	0.025
06	10.00	0.076	1.000	1.000	1.000	0.760
07	10.00	0.051	1.000	1.000	1.000	0.510
08	07.50	0.051	1.000	1.000	1.000	0.382
09	07.50	0.038	1.000	1.000	1.000	0.285
10	10.00	0.038	1.000	1.000	1.000	0.380
11	00.00	0.076	1.000	1.000	1.000	0.000
12	05.00	0.025	1.000	1.000	1.000	0.125
13	05.00	0.076	1.000	1.000	1.000	0.380
14	10.00	0.089	1.000	1.000	1.000	0.890
15	10.00	0.063	1.000	1.000	1.000	0.630

INDICADOR DE VULNERABILIDAD	=	6.243
-----------------------------	---	-------

Tabla 2

Banco de datos para estimar el indicador de vulnerabilidad, en el ejemplo que se estudia (una playa, en sus aspectos físicos generales). 1 = siglas del descriptor. 2 = valor del descriptor. 3 = coeficiente de importancia. 4 = coeficiente espacial. 5 = coeficiente temporal. 6 = coeficiente de probabilidad de presentación. 7 = valor de la fila.

De la anterior tabla, el indicador de vulnerabilidad, de la playa que se estudia, tomaría un valor de 6.243. Este valor traduce que el sistema está expuesto a un riesgo potencial, pero natural de desestabilización de grado medio.

Un valor cero implicaría un riesgo mínimo, mientras que un valor de diez querría decir que el riesgo es máximo. Pero siempre se trata de riesgos potenciales. En realidad, los valores que toman estos indicadores hay que leerlos en términos de probabilidades.

CAPÍTULO 3

ÍNDICES DE USO DE LAS CAMARONERAS.

ESQUEMA:

1. Concepto de índice de uso y metodología para su cálculo.
2. Ejemplos de cálculos y de sus interpretaciones.
3. Propuesta de índices de uso, respecto a camaroneras.

1. CONCEPTO DE ÍNDICE DE USO Y METODOLOGÍA PARA SU CÁLCULO.

El “índice de uso” es un valor numérico, que traduce:

- el grado de aceptabilidad de un proyecto, o de un uso determinado del territorio,
- o la alternativa óptima, si la hubiera,

en relación con las calidades de una unidad territorial, o ambiental.

El índice representa a la cara inversa de otro, que midiera el impacto global.

El índice de uso se estima mediante unos parámetros significativos, que se clasifican como:

- de permisibilidad, y
- de idoneidad.

Estos serán específicos para cada proyecto, o uso del territorio, y de acuerdo con las características de la unidad territorial.

Los parámetros de permisibilidad traducen si un proyecto es:

- inadmisibile, o
- admisible.

Luego se sub-clasifican en parámetros:

- excluyentes, o
- no excluyentes.

En cambio, los parámetros de idoneidad son conmensurables (se pueden comparar y sumar), y se refieren a la “bondad” del proyecto. Uno o varios de estos, con valores cero, no implican la inaceptabilidad del uso que se propone, o que tiene lugar. Pero sí repercutirá en la caída de su valor de idoneidad, que se **deberá** considerar, en la toma de decisiones, o en las recomendaciones.

El conjunto de parámetros de idoneidad medirán la optimicidad del proyecto, en el supuesto de que sea **admisible**.

La fórmula de cálculo, del índice de uso, se ajustará a las anteriores hipótesis de partida. Eso se consigue, **entre otras** alternativas, si se aplica una expresión, en donde:

1. Los parámetros de permisibilidad se encuentren como “multiplicadores” de toda la expresión matemática, y tomen los valores de:
 - uno, cuando el proyecto es admisible, y
 - cero, si el proyecto es inadmisibile.

De esta manera, un sólo parámetro excluyente (con un valor cero) determina un índice nulo (rechazo total), o inviabilidad.

2. Los parámetros de idoneidad aparezcan como “sumandos”. Los valores de estos estarán dentro de una escala arbitraria, por ejemplo, entre 0 y 10.
3. Como todos los parámetros de idoneidad no tienen la misma importancia, estos estarán afectados por coeficientes al respecto, en tantos por uno. Así, en el caso hipotético de una calificación máxima, en todos los parámetros, no se rebasa la escala establecida.

Según las premisas anteriores, la expresión matemática se configura como sigue:

$$I_u = \left[\sum_{i=1}^n C_i N_i \right] \pi \left[M_j \right]_{j=1}^m$$

donde:

- I_u = índice de uso,
- C = coeficientes de importancia de los parámetros de idoneidad, en tantos por uno,
- N = valores de los parámetros de idoneidad, en una escala de 0 a 10.
- n = número máximo de parámetros de idoneidad,
- M = parámetros de permisibilidad, con valores de 0 ó 1,
- m = número máximo de parámetros de permisibilidad.

Un I_u con valor cero indica inadmisibilidad.

2. EJEMPLOS DE CÁLCULOS Y DE SUS INTERPRETACIONES.

Si bien para diseñar los parámetros del índice de uso se tiene que tener presente las características del proyecto y las peculiaridades del territorio, se pueden hacer, a priori, unas formulaciones generales de estos, que posteriormente se reajustarán, además de añadir unos nuevos o suprimir otros, de acuerdo con la realidad de lo que se quiere hacer e intervenir.

Primer caso: Explotación de conos de picón.

Santos (1988) define el “índice de evaluación de la explotación de un cono de picón”, mediante una expresión, que equivale a un índice de uso. La estimación la hace, aunque ligeramente modificada, conforme con la siguiente formulación:

$$I_v = (0,6V + 0,3D + 0,1C) SHJKLMNQR$$

en donde:

- I_v = Índice de valoración de uso,
- V = Parámetro de visualización,

- D = Parámetro de distancia al centro de consumo,
- C = Parámetro de las características del cono a explotar, respecto a la idoneidad de uso,
- S = Parámetro de singularidad geológica, recurso didáctico e interés científico,
- H = Parámetro de la biocenosis rara, o en peligro de extinción, que soporta,
- J = Parámetro de ubicación (en parques, parajes protegidos u otros lugares),
- K = Parámetro en relación con la existencia de instalaciones militares,
- L = Parámetro en relación con la existencia de zonas urbanizadas,
- M = Parámetro del grado de explotación en que se encuentra el recurso,
- N = Parámetro en relación con la existencia de estructuras de telecomunicaciones,
- Q = Parámetro en relación con cultivos, y
- R = Parámetro respecto a la presencia de industrias.

Segundo caso: Intervenciones en lagunas costeras.

En el manejo de lagunas costeras, o ambientes próximos (saladares, por ejemplo), el índice de uso de determinados proyectos se estimará, en principio, con una serie específica y peculiar de factores, o parámetros, exógenos, antropogénicos (extraños e introducidos por el hombre), frecuentemente inherentes a la ejecución de las intervenciones. Estos parámetros medirán, entre otras cosas, la sostenibilidad de los recursos biológicos y geológicos significativos del ecosistema. Un listado provisional, al efecto, sería:

Factores o parámetros de la idoneidad de un proyecto.

- a). Justificación socio-económica de la intervención, o como repercutiría ésta en la protección y conservación del medio ambiente. Coeficiente de importancia: 0.25.
- b). Grado de impacto paisajístico. Cómo se visualiza la intervención, y/o vertidos ocasionados por el uso del territorio. Coeficiente de importancia: 0.10.
- c). Efectos sobre la biocenosis que producen el levantamiento, o la eliminación, de tendidos de cables sub-aéreos, u otras estructuras, en el borde o a través de la laguna. Se considera, básicamente, la mortandad, por choques, en una avifauna a proteger. Coeficiente de importancia: 0.35.
- d). Removilizaciones muy localizadas y transitorias de los sedimentos de la laguna. La turbidez no debe producir efectos significativos en la biocenosis. Coeficiente de importancia: 0.20.
- e). Actuaciones en el entorno próximo (en la vegetación de borde), que conlleven una caída en la aportación de materia orgánica a los mares vecinos, desde la laguna. La productividad y riqueza de los ecosistemas marinos dependen, en parte, de estas aportaciones. Coeficiente de importancia: 0.05.
- f). Características de la infra-estructura necesaria para el proyecto, previas y a realizar en el territorio circundante. Coeficiente de importancia: 0.05.

Factores que determinan la permisibilidad, o no, de un proyecto.

- A. Conformidad del proyecto con los usos y explotaciones regulados por la legislación, referente a la conservación de espacios naturales bajo protección.
- B. Todas aquellas perturbaciones que repercutan:
 - en las áreas de refugio (dormitorios) y reproducción animal,
 - y en las áreas de hibernada, para aves migratorias,

del ecosistema lagunar.

- C. Destrucción, u ocultación, de singularidades geológicas, de interés por su rareza científica y/o por representar recursos didácticos muy interesantes, ausentes en entornos de carácter regional.
- D. Cambios físico-químicos (temperatura, contenido en oxígeno disuelto, salinidad, pH, etc), que rebasen, por separado, o en conjunción, el umbral crítico de tolerancia, a partir del cual hay letalidad, en mayor o menor grado, en la biocenosis lagunar. Se tiene presente si se atenta:
- a la singularidad biológica,
 - y a la supervivencia de unas posibles especies raras, o en peligro de extinción, del ecosistema.

De este factor general, se deriva una serie de factores particulares, que se recogen en los apartados que se enuncian a continuación.

- E. Recepción de aguas residuales, tanto industriales como urbanas, en lagunas con restingas arenosas. Los cambios físico-químicos ligados:
- a la contaminación física, química y orgánica,
 - a la turbidez que se origina,
 - y a la obstrucción de la porosidad,

en el depósito arenosa, por los fangos de las aguas residuales, pueden:

- Crear condiciones desfavorables para los organismos filtradores. Las partículas tuyen los sistemas de alimentación y filtración de los mismos.
 - Llegar al límite de la letalidad de muchas especies de la biocenosis lagunar, por las nuevas condiciones físico-químicas introducidas.
 - Desarrollar condiciones poco propicias para el establecimiento de comunidades maduras.
 - E impedir la renovación del agua, por una circulación lateral-vertical, por lo que perdura las condiciones adquiridas de letalidad.
- F. Construcción de obras que alteren los aportes de agua a la laguna. Por ejemplo, abertura de una bocana. Con ello, cambiarían las características ambientales, que condicionan a la biocenosis.
- G. Removilizaciones significativas de los sedimentos, por actuaciones mecánicas en el fondo. La turbidez puede producir efectos sensibles en determinadas especies de la biocenosis. De esta manera, se alteraría la cadena trófica del ecosistema.
- H. Actuaciones en áreas próximas, o dentro del ambiente, que impliquen modificaciones en los aportes sedimentarios hacia la laguna y en la deposición de los áridos en ella. Por tales motivos, se alteraría la batimetría lagunar que, a su vez, provocaría cambios en los factores físico-químicos del medio acuático, que regulan la vida en el ecosistema.
- I. Creación de barreras físicas internas, que perturben el diagrama de transporte de sedimentos, en el ámbito lagunar. Esto trae consigo cambios batimétricos, con sus efectos en la biocenosis.

Tercer caso: Obras marítimas en relación con playas arenosas.

En el supuesto de que se regenere una playa natural, o se construya una artificial, sin considerar la ordenación del territorio circundante, para el cálculo del índice de uso, se operará con una serie específica

de parámetros. Muchos de éstos se pueden recuperar en otros proyectos, que requieran la construcción de obras marítimas. Éste sería el caso de algunas camaronerías.

En la secuenciación de los parámetros de idoneidad, éstos se analizan, en principio, de acuerdo con tres criterios. De mayor a menor importancia, son:

- Justificación socio-económica del proyecto, y cómo repercute éste en la protección-conservación de medio ambiente.
- Características del territorio, que pueden impedir, en cierta medida, aunque no de forma excluyente, la ejecución del proyecto: la viabilidad ambiental del mismo.
- Y aspectos de la infraestructura subsidiaria, necesaria para el proyecto, previas y a realizar en el territorio circundante.

Se establece el siguiente inventario de parámetros de idoneidad.

Primer bloque (aspectos socioeconómicos y situación ambiental):

- a). Grado de inestabilidad sedimentaria en que se encuentra la playa a regenerar. Coeficiente de importancia = 0,105.
- b). Repercusiones socioeconómicas que pueden tener la ejecución y explotación del proyecto, en los núcleos urbanos próximos. Coeficiente de importancia = 0.105.
- c). Importancia habitacional de los núcleos urbanos usufructuarios y para el uso turístico. Coeficiente de importancia = 0.092.
- d). Distancia de núcleos urbanos usufructuarios. Coeficiente de importancia = 0.092.
- e). Caracterización de la climatología dominante, en relación con el uso y disfrute de la playa. Coeficiente de la playa = 0,079.
- f). Cómo se integra la obra marítima en el paisaje, y grado de recuperación de la calidad ambiental del entorno. Coeficiente de importancia = 0, 079.
- g). Grado de alteración de recursos didácticos o de interés científico. Coeficiente de importancia = 0,079.

Segundo bloque (viabilidad ambiental del proyecto):

- h). Presencia de actividades agrícolas. Coeficiente de importancia = 0.066.
- i). Influencia de industrias próximas, que puedan perturbar el uso y disfrute de la playa. Coeficiente de importancia = 0.066.
- j). Presencia de un fondo inactivo, que no actúe de contención, dentro de la unidad territorial (playa sumergida), para la extracción de los áridos, que se utilizarán en la alimentación artificial. Coeficiente de importancia = 0.060.
- k). Distancia de un fondo inactivo o de una cantera, a cielo abierto, de donde se extraerán los áridos para la alimentación artificial. En el caso de que los áridos procedan de un fondo inactivo, se tendrá en cuenta la profundidad del depósito. Coeficiente de importancia = 0.039.

Tercer bloque (infra-estructuras subsidiarias):

- l). Características topográficas y geológicas de relieves emergidos, que condicionarán la creación y/o ampliación de redes viarias y de servicios (carreteras, conducción de agua, alcantarillado, tendidos eléctrico y telefónico, etc.). Coeficiente de importancia = 0.039.
- m). Existencia de infraestructura viaria, de acceso a la playa, previa a las obras. Coeficiente de importancia = 0.026.
- n). Características de la infra-estructura viaria previa, de acceso a la playa. Coeficiente de importancia = 0.026.
- ñ). Proximidad de las redes de servicio, previas a las obras. Coeficiente de importancia = 0.026.
- p). Características de las redes de servicio, previas a las obras. Coeficiente de importancia = 0.026.

En cuanto a los parámetros de permisividad, se considerarán, a priori, los siguientes, sin descartar posteriores exclusiones o inclusiones de otros :

- A.. Intervención insostenible, en relación con los procesos sedimentarios en otros ambientes. Dicho de otra manera, si se alteran, o no, los aportes de áridos al resto de las playas, de su provincia morfodinámica. También se incluyen aquí los posibles desequilibrios en el ambiente playero, ante intervenciones en la playa sumergida.
- B. Destrucción u ocultación, o no, de singularidades geológicas, de interés por su rareza y/o recursos didácticos muy significativos.
- C. Creación, o no, de infra-estructuras que interfirieran la capacidad de recuperación sedimentaria de una playa, después de situaciones erosivas inusitadas. Por ejemplo, barreras viarias, con elementos edificatorios, que separen una playa de su campo de dunas.
- D. Sostenibilidad, o no, de los recursos biológicos significativos de la playa sumergida:
 - tanto intervenida,
 - como no intervenida directamente, pero sí influenciada.
- E. Grado de alteración en la biocenosis terrestre rara y/o en peligro de extinción.
- F. Existencia, o no, de:
 - enclaves arqueológicos,
 - edificaciones artístico-culturales, y
 - escenarios de eventos históricos, significativos para los lugareños.
- G. Existencia, o no, de instalaciones militares estratégicas próximas.
- H. Calificación, o no, del territorio como:
 - parque nacional, o
 - unidades ambientales de no intervención.
- I. Existencia, o no, de infra-estructuras sumergidas:
 - energéticas,
 - de comunicaciones, o
 - de servicios (emisarios).

Se entiende por intervención insostenible cuando se afectan, irreversiblemente, a factores ecológicos significativos, que impliquen el agotamiento y/o irrecuperabilidad del recurso, o recursos, de la unidad ambiental.

Luego, el índice de uso tomará la formulación:

$$I_u = [(0.105)a + (0.105)b + (0.092)c + (0.092)d + (0.079)e + (0.079)f + (0.079)g + (0.066)h + (0.066)y + (0.060)j + (0.039)k + (0.039)l + (0.026)m + (0.026)n + (0.026)ñ + (0.026)p]ABCDEFGHI$$

Como ilustración, sea una playa, objeto de un proyecto de obras marítimas. En ella, el área de intervención, y su entorno, se ajustan a las siguientes hipótesis:

1. La playa está degradada por vertidos sólidos.
2. Se trata de un ambiente arenoso, de 800 x 250 metros en bajamar viva, inestable, significativamente disipativa a lo largo de ciclos sedimentarios cortos. El depósito corresponde a un sistema sedimentario abierto, aunque los aportes externos son muy precarios.
3. Se encuentra ubicada, aguas arriba, junto a otras playas de reducidas dimensiones, en una amplia caleta, que define una provincia morfodinámica. Los aportes sedimentarios proceden, en su mayor parte, de un barranco localizado aguas arriba.
4. El territorio carece, y dista considerablemente, de una red adecuada de infra-estructuras de servicios (distribución de agua potable, alcantarillado, tendidos eléctrico y telefónico, etc.), que haga a la playa idónea como recurso lúdico y turístico, en general.
5. Las condiciones climáticas, el componente paisajístico y una vías de comunicación próximas, muy aceptables, permitiría el desarrollo de un importante turismo.
6. El relieve y sus características geológicas no crearían problemas en la ampliación de la red viaria.
7. Los terrenos colindantes con la playa son baldíos y tienen una vegetación escasa, pero contrastada en la zona. Así, quedan individualizados del resto. La fauna terrestre, poco abundante, se caracteriza por especies a extinguir. También destaca la nidificación de aves protegidas, en acantilados próximos.
8. En las cercanías no hay enclaves arqueológicos.
9. Estos terrenos han sido recalificados para uso urbanístico (residencial estacional, por ejemplo).
10. La flora y la fauna marina son poco significativas.
11. El núcleo poblacional usufructuario, que se encuentra a unos 25 kilómetros de la playa a regenerar, tiene unos 25.000 habitantes, y sufre una elevada tasa de paro (un 22%).

Las obras marítimas, diseñadas en el proyecto, consisten:

- a). En la construcción de estructuras fijas: dos apoyos laterales semi-sumergidos, armonizados con el entorno, que penetran mar adentro. La separación de estos espigones es la adecuada, de acuerdo con las dimensiones de las penetraciones de los mismos.

Los materiales necesarios para la construcción de las estructuras proceden de una cantera, a cielo abierto, de otro lugar muy lejano, que encarece de forma excesiva el metro cúbico de áridos.

- b). Y en una realimentación artificial de arena, desde otra playa sumergida inactiva, fuera de su provincia morfodinámica.

La restauración terrestre y la ornamentación paisajística se hace con una flora autóctona.

La playa soportará una clásica urbanización turística estacional.

A partir de la descripción del proyecto, y de las características del entorno a intervenir, se deduce lo siguiente:

1. En este supuesto, los parámetros de permisibilidad tienen todos el valor 1. De forma muy estricta, habría un parámetro excluyente, el que considera las alteraciones en otras playas de su provincia morfodinámica (parámetro A). Sin embargo, dado que estos ambientes sedimentarios, situados aguas abajo respecto a la intervención, son de dimensiones reducidas y, por consiguiente, de escaso interés, prácticamente no conllevan la inadmisibilidad del proyecto.
2. Los de idoneidad toman estas otras estimaciones, dentro de una escala de 0 a 10:

a = 10	b = 10	c = 04	d = 04
e = 10	f = 08	g = 10	h = 10
i = 10	j = 00	k = 00	l = 10
m = 00	n = 00	ñ = 00	p = 00

Se obtiene un índice de uso de 7.304. Este valor se calcula de acuerdo con la expresión:

$$I_u = [(0.105)10 + (0.105)10 + (0.092)4 + (0.092)4 + (0.079)10 + (0.079)8 + (0.079)10 + (0.066)10 + (0.066)10 + (0.060)0 + (0.039)10 + (0.026)0 + (0.026)0 + (0.026)0 + (0.026)0] \cdot 1 = 7.226$$

El índice calculado traduce una aparente buena aceptabilidad del proyecto. Sin embargo, su bondad, para una buena toma de decisiones, se determinará:

1. Con un análisis de la caída de la calidad ambiental, que implicaría su ejecución, en la unidad territorial afectada.
2. Mediante la aplicación de una matriz de evaluación de impactos, que identifiquen y cuantifiquen:
 - el grado y signo del impacto, de las distintas acciones,
 - y la alteración de los factores y procesos geo-ambientales, bio-ambientales y socioeconómicos.
3. Y, en definitiva, una discusión sobre la sustentabilidad de la intervención pretendida.

3. PROPUESTA DE ÍNDICES DE USO, RESPECTO A CAMARONERAS.

Para las camaronerías, y a modo de marco de referencia, se pueden barajar los siguientes bancos de parámetros:

I. Parámetros de idoneidad:

- a). Justificación socio-económica de la instalación y explotación de la camaronería.

Coefficiente de importancia: 0.060.

- b). Efectos en el equilibrio ecológico acuícola, de la unidad territorial, y/o ecosistemas próximos:

- Por el empleo, en la camaronera, de biocidas (antibióticos), de otros productos bioquímicos - químicos, y de piensos. Los biocidas pueden provocar resistencias a una flora bacteriana patógena.
- Por materiales de desecho, provenientes de la actividad de la granja camaronera.
- Por escape de especies exóticas, que pudieran desplazar a otras especies locales de sus nichos, o producir la transmisión de enfermedades muy virulentas, en esas especies locales, al no estar preparadas para sufrirlas.
- Y por las resuspensiones sedimentarias, transportadas por las aguas de descarga, en las operaciones de mantenimiento de estas granjas.

Obviamente, en este parámetro, se tienen presente:

- Los cambios físico-químicos introducidos directamente en el medio acuático (temperatura, contenido en oxígeno disuelto, salinidad, pH, etc.).
- Y la eutroficación, controlada o no, de las aguas aledañas, que conlleva otros cambios físico-químicos, inducidos indirectamente.

La eutroficación puede:

- dar lugar a situaciones de anoxia,
- y/o poner en peligro determinadas especies, que desempeñan unas funciones específicas en el equilibrio ecológico, independientemente de que sean, o no, raras o en peligro de extinción.

En la valoración de este parámetro, se contemplarán, entre otras cosas:

- El tipo de tratamiento de las aguas servidas (residuales) efluentes, para reducir la eutroficación y la contaminación química-bioquímica y por resuspensiones sedimentarias.
- Y la probabilidad de que se llegara a situaciones de umbral crítico de tolerancia, por los cambios físico-químicos introducidos, por separado o en conjunción, a partir del cual habría letalidad en una biocenosis significativa

Coefficiente de importancia: 0.072. .

- c). Perturbaciones en la biomasa de la zona ocupada, de borde e interpuesta, por la instalación de la propia camaronera y por la construcción de infra-estructuras viarias y de servicios.

Aquí, se considera la destrucción parcial, por desforestación, o por otras causas, del hábitat de una fauna, de cierto interés.

Coefficiente de importancia: 0.072.

- d). Efectos sobre la biocenosis, que produce el levantamiento de tendidos eléctricos, requeridos por la camaronera.

Se considera, básicamente, la mortandad, por choques, en una avifauna a proteger.

Coefficiente de importancia: 0.072.

- e). Posibles cambios en el micro-clima, por la instalación y explotación de la camaronera.

Los cambios se podrían deber, por ejemplo, a las deforestaciones efectuadas. Cabe la posibilidad que se pusiera en peligro, por estos cambios, una parte de la flora y fauna, o influir en sus vitalidades, de la unidad territorial intervenida. Como ilustración, sirve la sensibilidad de los manglares, frente a leves cambios de temperatura, en cuanto al contenido de número de especies arbóreas.

Coeficiente de importancia: 0.024.

- f). Caracterización del sustrato físico y de la climatología dominante, en relación con la optimicidad de la explotación de la camaronera.

Coeficiente de importancia: 0.096.

- g). Medida en que unas contaminaciones repercutirían en la productividad de la camaronera.

Las contaminaciones podrían darse a través del aire (como la lluvia ácida), o por medio de las aguas, que utilizaran la factoría.

Coeficiente de importancia: 0.096.

- h). Grado de distorsión paisajística, por la visualización de la instalación, en un entorno con una alta calidad de paisaje, que se utiliza como escenario recreacional - turístico.

Coeficiente de importancia: 0.090.

- i). Presencia de otros usos del territorio, y grado de conflictividad, que conllevaría la instalación y explotación de la camaronera.

Coeficiente de importancia: 0.078.

- j). Alteraciones de los procesos y efectos de erosión y sedimentarios. Se contempla, principalmente:

- El aumento puntual de la erosionabilidad, en la zona ocupada. La causa podría estar en la deforestación.

- Y las consecuencias en los depósitos de áridos de las playas no significativas, ubicadas aguas abajo.

Coeficiente de importancia: 0.048.

- k). Existencia previa de infra-estructuras viarias y de servicios, y sus estados de conservación.

Coeficiente de importancia: 0.102.

- l). Características topográficas y geológicas del relieve, que condicionarán la creación y/o ampliación de redes propias viarias y de servicios.

Coeficiente de importancia: 0.083.

- m). Proximidad, y estado de conservación, de redes principales viarias y de servicios.

Coeficiente de importancia: 0.107.

NOTA: Los coeficientes de importancia presentados son solamente tentativos. Habrán que ajustarlos conforme con una realidad concreta.

II. Parámetros de permisibilidad:

- A. Conformidad de la ubicación de la camaronera con los usos y explotaciones regulados por la legislación, respecto a territorios a proteger, como pueden ser los parques nacionales.
- B. Atentado a una biodiversidad de muy alto significado, en relación con su contenido en especies vegetales o animales raras o en peligro de extinción, ante:

- La destrucción de biomasa (por ejemplo, de un manglar con especies endémica, propias o de cobijo).
- La ocupación o la instalación de infra-estructuras, en zonas de reproducción, refugio (dormitorio), o de hibernada (esto último para aves migratorias protegidas).
- La introducción de especies exóticas, que se pudieran escapar de las piscinas, en los procesos de mantenimiento (descargas). Las especies exóticas que se escaparan podrían:
 - Desplazar o dominar a las propias del lugar.
 - Cruzarse con estas, con la consiguiente pérdida de información genética.
 - O transmitir enfermedades exóticas, que produjeran efectos muy virulentos en las especies locales, por no estar preparadas para sufrirlas.
- U otras causas, como la eutroficación del medio acuático aledaño.

- C. Probabilidad de que se llegara al umbral crítico de tolerancia, en relación con la letalidad de una biocenosis significativa a proteger, del ecosistema acuícola de la unidad territorial.

La letalidad se debería a los cambios físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH, etc.), por separado o en conjunción, inducidos por la intervención.

- D. Alteración o destrucción de ecosistemas acuícolas significativos periféricos, por enterramientos u otras causas, achacables a los procesos y efectos colaterales, que implicarían unas obras o actividades anexas a la camaronera.

Aquí entrarían, entre otras cosas, las repercusiones en unas formaciones coralinas próximas, cuando éstas se tuvieran que proteger y conservar, por una serie de razones específicas.

- E. Construcción de obras marítimas, por exigencias de la camaronera, que impliquen obstaculizaciones significativas en los aportes sedimentarios, hacia áreas sensibles, de especial valor ecológico, como pueden ser ciertos manglares, con un alto grado de biodiversidad.

- F. Obstaculización significativa, por las intervenciones realizadas, a requerimientos de la camaronera, de la alimentación sedimentaria de una playa arenosa, de interés, ubicada aguas abajo.

- G. Retroceso generalizado de la línea de costa, en un tramo significativo del litoral, por las obras inherentes a la camaronera.

- H. Destrucción, u ocultación, de singularidades geológicas, de interés por su rareza científica y/o por representar recursos didácticos muy interesantes, ausentes en entornos de carácter regional.

- I. Ocupación de un área de especial significado etnográfico - histórico - artístico.

- J. Proximidad de un foco contaminante (por ejemplo, una industria de refinados de petróleo), aguas arriba, que provocara c

CAPÍTULO 4

MEDIDAS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS CAMARONERAS.

ESQUEMA:

1. Introducción: El “escenario” de los impactos y la fragilidad del medio ambiente.
2. Las matrices causas - efectos.
3. La matriz simplificada operativa, con su metodología peculiar en los cálculos.
4. Diseño de matrices operativas causas - efectos, específicas para camaroneras.
5. Aplicación de las matrices diseñadas.

1. INTRODUCCIÓN:

a). El “escenario” de los impactos.

En el estudio de los impactos, quizás convendría sustituir la unidad “territorial” del ecosistema por la del “sistema”.

Se podría definir el escenario de un sistema como aquel que abarca a un conjunto de causas, procesos y efectos:

- geológicos,
- biológicos, y
- de la contaminación en general,

en un marco de interdependencias, que explican y caracterizan el comportamiento de un entorno geográfico dado.

Con palabras de Lovelock (1992), sub-conjuntos de tales causas, procesos y efectos constituirían los “órganos” de un sistema de “fisiología” ecológica, que se comportaría a modo de sub-estructura conductora, de las características de un territorio.

Matemáticamente, un sistema sería un conjunto, o una colección, de variables y factores, relacionados entre sí. Aquí, las ecuaciones representarían el papel de hilo conductor, entre las variables y factores, que serían los componentes, o los órganos fisiológicos, del sistema.

El ámbito territorial de un sistema suele rebasar al de un ecosistema, que normalmente resulta difícil de delimitar.

Puede ocurrir que acciones, que tengan lugar en un ecosistema determinado, repercutan fuera de su dominio, “formalmente” establecido, por razones de las anteriores interdependencias, que precisan de escenarios geográficos más amplios. Casos particulares corresponderían a los efectos transfronterizos, relacionados con los impactos calificados, por Faucheux y Noël (1992), como las “amenazas globales sobre el medio ambiente”. Tales impactos se identifican, en concreto:

- con las lluvias ácidas,
- con la disminución de la capa de ozono, y

- con el crecimiento del efecto invernadero.

A los anteriores impactos, habría que unirles otros, de macro-escala, como serían, por ejemplo, los derivados de los grandes derrames de productos petrolíferos, por accidentes.

Conforme con todo esto, se opta por preferir el escenario de un sistema, en lugar del territorio de un ecosistema.

b). La fragilidad del medio ambiente.

La fragilidad se refiere al grado de susceptibilidad de deterioro, que puede sufrir una calidad en una unidad ambiental, ante la incidencia de determinadas acciones del hombre.

A mayor fragilidad, el espacio geográfico admite menos intervenciones impactantes, y viceversa. A medida que se actúa, y se desarrollan impactos, un escenario pierde fragilidad, y, paradójicamente, se absorberían mejor otras acciones, asimismo con impactos.

Luego, la fragilidad es la inversa de la capacidad de absorción de impactos. Este último concepto se define como la aptitud que tiene un paisaje de absorber modificaciones, sin que haya detrimento de calidad.

En el estudio de la fragilidad, se necesita conocer cual será la causa o agente perturbador, puesto que un medio se comporta de distinta manera, según la actuación que incida en él. O dicho de otra manera, las calidades pueden presentar diferentes fragilidades, según se trate de un uso u otro del territorio. Por ello, se ha de especificar la fragilidad frente a que actividad en concreto. Sin embargo, ante extensos escenarios geográficos, la fragilidad podría tomar carácter genérico, y se la consideraría como intrínseca.

2. LAS MATRICES CAUSAS - EFECTOS.

Estas matrices consisten, habitualmente, en cuadrículas adosadas de intersección, de doble entrada, que permiten analizar las distintas interacciones posibles.

El conjunto de cuadrículas definen filas y columnas. En la primera fila se sitúan las acciones del proyecto, o de una actuación, que pueden causar impactos. Y en la primera columna, a la izquierda, los factores ambientales y procesos, que se pueden alterar.

Leopold et al. (1971) utilizaron, por primera vez, una matriz para medir impactos. En ella, se indican 100 acciones posibles y 88 factores y procesos ambientales, que pueden ser afectados. En total, se dan, potencialmente, 8 800 interacciones directas. Sin embargo, en la práctica real, tal número se reducen a menos de 50. También se suelen utilizar modificaciones de la misma. Se diseñan matrices específicas, en donde se matizan acciones representativas del proyecto, o de una intervención ya realizada.

Las matrices cruzadas son estructuras donde se incluyen, progresivamente, tanto en la primera fila como en la primera columna, los factores y procesos ambientales alterados, por las acciones directas, previamente identificadas, y por las sucesivas generaciones de factores y procesos ya modificados. Con ello, se consigue concatenar (relacionar) alteraciones.

A pesar del grado de utilización de las matrices causas - efectos, estas tienen una serie de inconvenientes, a saber:

- Si se excluyen las matrices cruzadas, únicamente se identifican impactos de primer orden.
- Los efectos producidos por una acción sobre un factor o proceso no son los mismos en todos los puntos de una unidad ambiental, en donde se ubica el proyecto, o la intervención ya ejecutada.

- Aunque las matrices permiten comparar alternativas de un mismo proyecto, o proyectos diferentes, para algunos evaluadores, las medidas de las distintas cuadrículas de intersección no son mensurables y comparables entre sí.

Se intentan soslayar buena parte de tales limitaciones en la que se denomina “matriz operativa”

3. LA MATRIZ SIMPLIFICADA OPERATIVA, CON SU METODOLOGÍA PECULIAR EN LOS CÁLCULOS.

Se trata de una matriz versátil, simplificada y no cruzada.

Para simplificar la matriz, se reduce el número de factores y procesos y de acciones. Los primeros se limitan a los significativos de la unidad ambiental en cuestión. Las acciones (causas) son las propias del proyecto.

Los factores y procesos significativos, según Díaz y Martínez (1987), se corresponden con aquéllos:

- Que se alteran por algunas de las acciones del proyecto, incluida la explotación del mismo.
- Y/o que permiten la propagación de la alteración al resto del sistema, cuyo comportamiento queda modificado de manera sustancial.

Previamente al análisis de impactos, se describirán, de la forma más detallada posible, las características y cualidades de los factores y procesos significativos. Las descripciones no se restringirán a la zona de actuación, sino que abarcará a la totalidad de la unidad ambiental.

Una sistematización estándar, de los factores y procesos, se establece en función:

- a). De un ecosistema, o sistema, aunque, en la mayoría de los casos, la delimitación territorial se hace artificial o arbitrariamente.

En este grupo, se desarrollan siete niveles de síntesis, bajo dos epígrafes:

- factores y procesos abióticos, y
- factores y procesos bio-ambientales.

- b). Y de unas consideraciones socioeconómicas, en ocho niveles.

Los factores y procesos abióticos consideran tanto al “continente” (factores geo-ambientales), como a los aspectos físico-químicos del “contenido”. Estos se enumeran como siguen:

1. Tierra:

- Recursos minerales/áridos. Fila 1.
- Suelo, en sentido edáfico . Fila 2.
- Geomorfología, en el sentido de degradación o revalorización del relieve, en lo referente a riesgos para la seguridad del hombre, u obras ya construidas. Fila 3.

2. Agua:

- Explotabilidad de las aguas superficiales. Fila 4.
- Explotabilidad de las aguas subterráneas. Fila 5.
- Calidad físico-química del agua. Fila 6.

3. Atmósfera:

- Calidad. contenidos en gases, ruidos, olores, etc. Fila 7.

4. Procesos físico químicos:

- Erosión geomorfológica, o destrucción de relieves. Fila 8.
- Estabilidad de la orilla en un litoral, con las repercusiones en los balances sedimentarios de las playas afectadas directamente. Fila 9.
- Creación de nuevos depósitos sedimentarios en el ámbito de estudio. Fila 10.
- Modificaciones en las corrientes litorales. Fila 11.
- Modificaciones en la dinámica sedimentaria de otras playas o depósitos sedimentarios. Fila 12.

Los factores y procesos bio-ambientales forman esta otra enumeración:

5. Procesos ecológicos:

- Perturbación del ecosistema, o del equilibrio ecológico, y/o creación de barreras, que impidan la transmisión, e influencia mutua, de la biomasa. Fila 13.
- Destrucción del ecosistema. Fila 14.
- Creación de un nuevo hábitat. Fila 15.

6. Flora:

- Flora terrestre. Fila 16.
- Flora bentónica. Fila 17.
- Flora pelágica. Fila 18.

7. Fauna:

- Aves. Fila 19.
- Animales terrestres. Fila 20.
- Animales bentónicos. Fila 21.
- Animales pelágicos. Fila 22.

Los factores y procesos socioeconómicos se distribuyen en los siguientes apartados:

- Cultivos directos o indirectos. Fila 23.
- Empleo de mano de obra y de servicios. Fila 24.
- Paisaje. Fila 25.
- Uso del suelo: urbanístico residencial, deportivo, industrial, etc. Fila 26.
- Revalorización de la fachada costera, o del territorio en general. Fila 27.
- Aumento de recursos lúdicos o de explotación. Fila 28.
- Patrimonio: valor arqueológico, etnográfico, histórico, artístico, urbanístico, etc. Fila 29.
- Especulación político-económica y conflictos sociales. Fila 30.

Cada uno de estos factores y procesos inician una fila en la matriz.

En el diseño de las matrices operativas, de amplias posibilidades de aplicación, se admite la siguiente secuencia de acciones (causas):

1. Acciones socioeconómicas:

- Expropiaciones. Columna 1.
- Discurso político: presiones sociales, intereses, debates, etc. Columna 2.

2. Acciones sobre la Naturaleza, por la actuación puntual. Se incluye el área de influencia fisiográfica, o morfodinámica:

- Operaciones previas de acondicionamiento del terreno. Se consideran, entre otras acciones, posibles talados en la zona de ocupación, movimientos de tierra, y desvíos y/o alteraciones de cauces de aguas superficiales. Columna 3.
- Operaciones de infra-estructuras subterráneas y sub-aéreas: servicios, excepto redes viarias. Columna 4.
- Construcción de redes viarias. Columna 5.
- Creación de estructuras fijas, u otras obras de ingeniería civil. Se excluyen las edificaciones de viviendas, de almacenes o de dependencias administrativas. Columna 6.
- Edificaciones anexas: viviendas, dependencias de servicios administrativos y almacenes. Columna 7.
- Toma de servicios y de desagües de las edificaciones anexas. Columna 8.
- Vertidos en general, por realización de obras, o por otras actividades. Se exceptúan los vertidos propios de las explotaciones y de los mantenimiento de las instalaciones. Columna 9.
- Explotación de recursos mineros, con sus acciones intrínsecas. Columna 10.
- Explotación de recursos energéticos blandos, como son los aéreogeneradores. con sus acciones intrínsecas. columna 11.
- Explotaciones agrícolas, con sus acciones intrínsecas. Columna 12.
- Actividades forestales, con sus acciones intrínsecas. Columna 13.
- Instalaciones industriales, con sus acciones intrínsecas. Se incluye la acuicultura. Columna 14.
- Cambios físico-químicos introducidos en el sistema. Se incluyen las modificaciones micro-climáticas, provocadas por el conjunto de acciones, que conlleva el proyecto o la actividad ya existente. Columna 15.
- Pantallas artificiales de vegetación. Columna 16.
- Medidas correctoras y/o restauración paisajística. Columna 17.
- Operaciones de explotación y mantenimiento. Podrían incluir la producción de ruidos, la salida de gases a la atmósfera, la probabilidad de escape de especies exótica, y la efluencia, al medio terrestre y/o acuícola, de resuspensiones sedimentarias, de desechos de biocidas, de nutrientes y de productos químicos-bioquímicos. Columna 18.

Cada una de estas acciones encabezan una columna en la matriz.

En algunas matrices, convendría duplicar las acciones sobre la Naturaleza bajo dos actuaciones diferentes:

- actuación puntual,
- y ordenación, planificación y manejo del territorio circundante, en dependencia con la anterior actuación.

Ello conllevaría a analizar y estimar los impactos, por separado:

- en la zona de ocupación del proyecto,
- y donde se realizarían los proyectos subsidiarios.

En el análisis de los impactos, dentro de las cuadrículas de interacción de una matriz específica, se pueden seguir criterios distintos. Quizás sea lo más aceptado optar por considerar los parámetros de:

- magnitud, e
- importancia.

La magnitud se representa en el triángulo izquierdo superior, en cada recuadro de intersección. Este parámetro:

- Mide el impacto, dentro de una escala relativa, de 0 a 10 (grado del impacto).
- Y puede ser positivo o negativo (beneficioso o perjudicial).

La medición del impacto corresponde al producto de la intensidad del mismo:

- Por la extensión de su área de influencia (totalidad de la superficie geográfica, donde se deja sentir una acción concreta, sobre un factor determinado). Se da en tantos por uno, en relación con la superficie de la unidad ambiental (coeficiente espacial).
- Por la probabilidad de presentación de la alteración. Define un coeficiente probabilístico, que tomará los valores entre 0 (probabilidad nula) y 1 (probabilidad de un 100 %).
- Y por un coeficiente temporal, que considere la duración del efecto introducido. Tendrá, asimismo, un valor entre 0 y 1.

Se entiende por intensidad del impacto el grado de daño, o de beneficio, que una acción tendrá sobre un factor ambiental. Se mide entre -10 y +10, de acuerdo con unos criterios de evaluación, válidos para cada casillero de interacción, es decir, para cada uno de los factores o procesos, frente a las distintas acciones recogidas en la matriz.

La importancia del posible impacto se indica en el triángulo derecho inferior. El parámetro:

- Define el marco de referencia de la alteración del factor, o proceso, desde una perspectiva de conjunto.
- Está referida a una unidad territorial en particular (ecosistema o sistema específico), y es válida sólo para ésta.
- Toma los valores de 1 a 10. El uno representa el valor mínimo, y el 10 el máximo. El cero no es válido, ya que supone una alteración en un factor o proceso que carece de interés, y, en esas circunstancias, no aparecería inventariado en una matriz operativa simplificada.
- Y tiene un mismo valor a lo largo de una misma fila.

De acuerdo con Berenguer (1988), una alternativa, entre otras, a estos parámetros, sería hacer las estimaciones de los impactos en términos de intensidades:

- escasas o nulas,
- apreciables, o
- intensas.

Esto último supondría:

- El empleo de una escala subjetiva, en tres grados.

- Y habría serias dificultades para una posterior manipulación de los resultados parciales, en un marco de globabilidad. Tales manipulaciones suelen tener bastante interés, en la discusión final de las evaluaciones de impactos ambientales.

La aplicación de estas matrices interesa en cuanto:

- Determinan índices de impactos globales.
- Establecen escalas de alteraciones, respecto a los factores y procesos ambientales considerados.
- Describen como producen las alteraciones las distintas acciones de los proyectos, que se evalúan, en los factores y procesos ambientales.
- Y, en definitiva, identifican a las intervenciones más correctas. Tales identificaciones deberán estar en coherencia con las estimaciones de los índices de uso.

Sin embargo, estas mediciones y sus interpretaciones serán de una primera aproximación, dada la simplificación del diseño.

Para todo lo anterior, a la matriz hay que añadirle tres filas y tres columnas adicionales.

La primera fila adicional lleva la sigla "a", y recoge las sumatorias parciales de las magnitudes e importancias, de cada una de las columnas. La primera columna adicional, que se le asigna también la sigla "a", recopila, asimismo, estas sumatorias parciales, pero ahora de cada una de las filas.

Se les asignan la sigla "b" a la segunda fila y a la segunda columna adicionales. En los casilleros, se encuentran factores específicos de corrección. Estos representan el tanto por uno de las sumatorias de las importancias de la primera fila o columna adicional, frente a la sumatoria del conjunto de sus valores.

La tercera fila o columna adicionales, con la sigla "c", encierran las magnitudes manipuladas del impacto. Éstas se obtienen como sigue:

- Se reajustan las sumatorias parciales de las magnitudes, respecto a la sumatoria de las importancias, tomada como 100, del conjunto de filas (columna adicional), o de columnas (fila adicional). O sea:

$$\sum M_p \rightarrow \sum I$$

$$x \rightarrow 100$$

Lo que implica que:

$$x = \frac{\sum M_p \pi 100}{\sum I}$$

x = magnitud semi-manipulada.

- Y las distintas sumatorias reajustadas se multiplican por sus respectivos factores de corrección, calculados en la fila o columna adicionales "b".

Es decir, las magnitudes manipuladas se calculan mediante la expresión:

$$M_m = \frac{\sum M_p \pi 100}{\sum I} F_i$$

donde:

M_m = magnitud manipulada.

$\sum M_p$ = sumatoria de magnitudes de una fila o columna,

$\sum I_i$ = sumatoria de las importancias del conjunto de filas o columnas,

F_i = factor de corrección de la fila o columna en cuestión (los valores respectivos de "b"). .

Luego, una magnitud manipulada, de un impacto, corresponde a una medida ponderada, que:

- tiene presente el valor total del conjunto de importancias de las otras magnitudes ponderadas,
- y está en dependencia con su propia importancia, referenciada a la sumatoria de la totalidad de importancias consideradas.

Además, se "suavizan" aquellas estimaciones que estén demasiado distorsionadas, tanto a la alta como a la baja, por la subjetividad.

La columna adicional "c" traduce en qué medida se alteraría positiva o negativamente, y, además, comparativamente, respecto a los restantes, un factor o proceso en concreto, ante el conjunto de acciones de un proyecto.

La fila adicional "c" permite identificar a las acciones que más alteración producirían en el conjunto de factores y procesos considerados. También aquí se da el doble signo y el carácter comparativo.

Para contrastar los impactos de las distintas alternativas de un mismo proyecto, o de diferentes proyectos, en un mismo territorio, se precisa definir el "índice de impacto global" (I_0). Éste:

- corresponde a la suma de las evaluaciones, recogidas en la columna adicional "c",
- y mide el impacto del conjunto de las acciones sobre los factores y procesos ambientales inventariados.

La alternativa aconsejable correspondería, en principio, a la que tuviera el valor I_0 menos negativo, o más positivo, y siempre que no conllevara parámetros excluyentes de uso.

De esta manera, se dispone de una información medio ambiental de retro-alimentación, ante posibles y/o sucesivas correcciones, o alternativas, en la redacción definitiva del proyecto, o ejecución del mismo.

La plantilla de matriz, a utilizar de forma estándar, podría ser la siguiente:

21

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	a	b	c
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
15	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
21	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
23	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
24	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
26	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
27	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
28	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
29	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
a	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
b																					
c																					

$\sum I_i$ de la columna adicional "b" =

$\sum I_i$ de la fila adicional "b" =

I_0 =

Observaciones:

Tabla 3

Matriz muda de causas - efectos, en versión simplificada operativa.

4. DISEÑO DE MATRICES OPERATIVAS CAUSAS - EFECTOS, ESPECÍFICAS PARA LAS CAMARONERAS.

Para las camaroneras, se puede partir de una plantilla estándar, donde:

1. Se mantengan, en principio, los factores y procesos seleccionados.
2. Y, en cuanto a las acciones, se supriman algunas y se desplieguen otras.

Este nuevo desglose de acciones, se enumeraría como sigue:

- Expropiaciones. Columna 1.
- Discurso político: presiones sociales, intereses, debates, etc. Columna 2.
- Operaciones previas de acondicionamiento del terreno. Se consideran, entre otras acciones, posibles talados en la zona de ocupación, movimientos de tierra, y desvíos y/o alteraciones de aguas superficiales. Columna 3.
- Operaciones de infra-estructuras subterráneas y sub-aéreas, excepto redes viarias. Columna 4.
- Construcción de redes viarias, que podrían implicar posibles desforestaciones. Columna 5.
- Creación de estructuras fijas, u otras obras de ingeniería civil. Se excluyen las edificaciones de viviendas, de almacenes o de dependencias administrativas. Columna 6.
- Edificaciones anexas: viviendas, dependencias de servicios administrativos y almacenes. Columna 7.
- Toma de servicios y desagües de las edificaciones anexas. Columna 8.
- Vertido por realización de obras. Columna 9.
- Cambios físico-químicos introducidos en el sustrato terrestre. Columna 10.
- Cambios físico-químicos introducidos en el ambiente acuícola aledaño. Columna 11.
- Modificaciones micro-climáticas provocadas por el conjunto de acciones, que conllevan la instalación y explotación de la camaronera. Columna 12.
- Pantallas artificiales de vegetación. Columna 13.
- Medidas correctoras y/o restauración paisajística. Columna 14.
- Operaciones de explotación y de mantenimiento: Probabilidad de escape de especies exóticas, durante las descargas. Columna 15.
- Operaciones de explotación y de mantenimiento: Efluencia de resuspensiones sedimentarias, durante las descargas. Columna 16.
- Operaciones de explotación y mantenimiento: Desechos de biocidas y de otros productos químicos y/o bioquímicos, no nutrientes, durante las descargas. Columna 17.
- Operaciones de explotación y mantenimiento: Desechos de nutrientes (restos de piensos y de productos del metabolismo), durante las descargas. Columna 18.

Para hacer las estimaciones de las evaluaciones, y los cálculos de los índices de impactos, se rellenarán previamente los distintos casilleros de la plantilla, conforme con las características detalladas del proyecto de camaronera, y la realidad de un territorio a intervenir.

5. APLICACIÓN DE LAS MATRICES DISEÑADAS.

Sea una supuesta playa, objeto de un proyecto de obras marítimas. El área de intervención y su entorno se ajustan a las siguientes hipótesis:

1. La playa está degradada por vertidos sólidos.
2. Se trata de un ambiente arenoso, de 800 por 250 metros en bajamar viva, inestable, significativamente disipativa a lo largo de ciclos sedimentarios cortos. El depósito corresponde a un sistema sedimentario abierto. El entorno presenta una alta cualificación paisajística.
3. Se encuentra ubicada, aguas arriba, junto a otras playas de reducidas dimensiones, en una amplia caleta, que define una provincia morfodinámica. Los aportes sedimentarios proceden, en su mayor parte, de un barranco, localizado aguas arriba.
4. El territorio carece de la infra-estructura adecuada, que haga a la playa idónea como recurso lúdico y turístico en general.
5. Las condiciones climáticas, el componente paisajístico y unas vías de comunicación próximas, muy aceptables, permitirían el desarrollo de un importante turismo.
6. Los terrenos colindantes con la playa son baldíos y tienen una vegetación escasa, pero contrastada en la zona. Así quedan individualizados del resto. La fauna terrestre, poco abundante, se caracteriza por especies a extinguir. También destaca la nidificación de aves protegidas, en acantilados próximos.
7. En las cercanías, no hay enclaves arqueológicos.
8. Estos terrenos han sido recalificados para uso urbanístico (residencial estacional, entre otros).
9. La flora y fauna marinas son poco significativas.
10. El municipio, de unos 25 000 habitantes, sufre una elevada tasa de paro (un 20 %).

Las obras marítimas, diseñadas en el proyecto, consisten:

- a). En la construcción de estructuras fijas: dos apoyos laterales semi-sumergidos, armonizados con el entorno, que penetran mar adentro. La separación de estos espigones es la adecuada, de acuerdo con las dimensiones de las penetraciones de los mismos. Se construye, además, una sustentación.

Los materiales necesarios, para la construcción de las estructuras, proceden de una cantera, a cielo abierto, de otro lugar, que no incide en la unidad ambiental que se interviene.

- b). Y en una realimentación artificial de arena, desde su playa sumergida.

La restauración terrestre y la ornamentación paisajística se hace con una flora autóctona.

La playa soportará una clásica urbanización turística estacional.

***** *****

Dentro de un estudio de impactos ambientales, las anteriores hipótesis serán las que condicionarán los pesos de las evaluaciones, en una matriz causas - efectos.

En la tabla 4, que se acopla a la plantilla de la matriz simplificada descrita, se muestran las medidas estimadas y los cálculos de los impactos, de acuerdo con la opinión de un equipo multidisciplinar de profesionales, desarrollada durante un Curso de Postgrado (julio de 1992), en el Instituto Oceanográfico de Venezuela (Universidad de Oriente).

	1	2	3	4	6	9	17	18	a	b	c
1	/	/	/	/	+10/10	-02/10	/	+05/10	+13/30	0.0644	+0.180
2	/	/	-02/03	-01/03	/	/	+01/03	/	-02/09	0.0193	-0.008
3	/	/	/	/	+08/03	/	/	/	+08/03	0.0064	+0.011
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
5	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
6	/	/	/	/	-02/02	-02/02	/	/	-04/04	0.0086	-0.007
7	/	/	-02/03	-01/03	-02/03	-02/03	/	/	-07/12	0.0258	-0.039
8	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
9	/	/	/	/	+10/10	/	/	+05/10	+15/20	0.0429	+0.138
10	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
11	/	/	/	/	-03/10	/	/	/	-03/10	0.0215	-0.014
12	/	/	/	/	-10/03	/	/	/	-10/03	0.0064	-0.014
13	/	/	-03/08	-03/08	-06/08	-03/08	/	-01/08	-16/40	0.0858	-0.295
14	/	/	-01/10	-01/10	-02/10	-01/10	/	-05/10	-10/50	0.1073	-0.230
15	/	/	/	/	/	/	+02/01	+01/01	+03/02	0.0042	+0.003
16	/	/	-01/06	-01/06	/	/	+02/06	/	+00/18	0.0386	+0.000
17	/	/	/	/	-01/01	/	-01/01	-01/01	-03/03	0.0064	-0.004
18	/	/	/	/	-01/01	/	-01/01	-01/01	-03/03	0.0064	-0.004
19	/	/	-04/08	-04/08	-01/08	/	/	-01/08	-10/32	0.0687	-0.147
20	/	/	-03/08	-03/08	-06/08	-03/08	/	/	-15/32	0.0687	-0.221
21	/	/	/	/	-01/02	/	-01/02	-01/02	-03/06	0.0129	-0.008
22	/	/	/	/	-01/02	/	-01/02	-01/02	-03/06	0.0129	-0.008
23	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
24	/	/	+06/07	+06/07	+06/07	/	+01/07	+01/07	+20/35	0.0751	+0.322
25	/	/	-04/10	-04/10	+04/10	-01/10	+06/10	+05/10	+06/60	0.1288	+0.166
26	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
27	/	/	+01/08	+01/08	+04/08	-01/08	+06/08	+04/08	+15/48	0.1030	+0.331
28	/	/	-03/08	-03/08	+10/08	/	+05/08	+07/08	+16/40	0.0858	+0.295
29	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
30	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
a	/	/	-16/79	-14/79	16/114	-15/59	+19/49	+17/86			
b			0.1695	0.1695	0.2446	0.1266	0.1052	0.1846			
c			-0.582	-0.509	+0.840	-0.407	+0.429	+0.673			

$\sum I_i$ de la columna adicional "b" = 466

$\sum I_i$ de la fila adicional "b" = 466

$I_0 = +0.447$

Observaciones:

Tabla 4

Ejemplo de estimaciones y de cálculos, en una matriz simplificada operativa de causas - efectos.

De esta plantilla, se obtienen las siguientes deducciones:

1. El balance de las alteraciones, en los factores y procesos abióticos y bio-ambientales resulta negativo. Este balance toma un valor de - 0.667.

En cambio, el cómputo de las evaluaciones de las alteraciones, en los factores y procesos socioeconómicos, alcanza un valor alto positivo: +1.114.

2. Las acciones físicas, que producen perturbaciones positivas, o una mejora del entorno, con valores significativos, son:

- en primer lugar, la creación de estructuras fijas,
- en segundo, las operaciones de mantenimiento,
- y, por último, las medidas correctoras y/o restauración paisajística.

3. Las acciones perjudiciales, obviamente con valores negativos, de mayor a menor importancia, forman la secuencia:

- operaciones previas de acondicionamiento del terreno,
- operaciones de infra-estructuras, y
- vertidos, en general, por la realización de las obras.

4. En lo concerniente a como se alteran los factores y procesos, positivamente:

- El más beneficiado es la revalorización de la fachada costera.
- Le sigue, a muy corta distancia, las repercusiones en el empleo de la mano de obra y de servicios.
- Y en tercer lugar, con valores muy próximos a los anteriores, está el aumento de recursos lúdicos y de explotación.

5. Y en cuanto a los efectos negativos, asimismo en los factores y procesos ambientales, se llegan a estas otras inferencias:

- La perturbación mayor se da en el ecosistema inicial, en su conjunto, con sus secuelas en el equilibrio ecológico.
- En segunda posición, se encuentra la destrucción parcial de este ecosistema.
- En tercer lugar, se perjudica a la fauna terrestre, como consecuencia de la intervención.
- Y en una cuarta posición, quienes padecen las consecuencias del proyecto son las aves.

Los valores negativos de estos cuatro cálculos tienen el mismo orden de magnitud. Los correspondientes a los restantes factores y procesos se encuentran a bastante distancia de éstos.

6. La interpretación de cada una de estas evaluaciones, de los impactos ambientales, hay que hacerla:

- Desde una perspectiva de conjunto.
- Conforme con lo que significa, y el peso que tiene, el factor o el proceso alterado en la calidad ambiental.
- Y a partir de la condición de parámetro de idoneidad o permisividad, que pueda adquirir el factor o proceso que se considere.

7. El índice de impacto global toma un valor positivo de 0.447. Pero este valor aquí carece de significado, en un sentido muy estricto, ya que no se contrasta con otros valores de alternativas

diferentes del proyecto, o de proyectos alternativos. De todas maneras, y en una primera lectura, traduce que la resultante del impacto es ligeramente beneficiosa. El balance negativo, respecto a los factores y procesos abióticos y bio-ambientales, se compensa con las repercusiones positivas en los aspectos socioeconómicos. No hay que llegar a situaciones límites de olvidar que el hombre forma parte del entorno natural, transformado en medio ambiente, sin que quiera decir esto que está capacitado, éticamente, para hipotecar la Naturaleza, en referencia a futuras generaciones.

2021

CAPÍTULO 5

EL PAISAJE Y LA INSTALACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CAMARONERAS

ESQUEMA:

- 1.- Introducción
- 2.- Conceptos básicos del paisaje.
- 3.- Metodologías para el estudio del paisaje.
- 4.- La calidad del paisaje.
- 5.- Los impactos paisajísticos.
- 6.- La fragilidad del paisaje.

1.- INTRODUCCIÓN.

En principio, el estudio de un paisaje presenta interés por tres motivos básicos:

- representan patrimonios etnográficos,
- contribuyen a garantizar el bienestar humano,
- y son recursos de la industria turística.

Los patrimonios etnográficos están muy ligados a la cultura y conservación de la identidad de los pueblos. Incluso, llegan a pertenecer a la Humanidad. Esto obliga a un respeto máximo hacia tales riquezas, lo que implica la necesidad de previas delimitaciones y caracterizaciones de los territorios y recomendaciones frente a las intervenciones actuales del hombre.

Para que haya una garantía del bienestar del hombre, tiene que haber entornos geográficos que permitan tanto la supervivencia de la herencia cultural, como la calidad de vida, en un ambiente dinámico que crece en número de habitantes (presión demográfica) y en medios para agredir al sistema paisajístico.

La tendencia actual de sustituir el turismo masivo y barato de “sol y playa” por otro de tipo “verde” o de alta calidad, requiere entornos geográficos donde la calidad y el cuidado del paisaje sean fundamentales.

En la conservación de los paisajes, se precisa identificarlos, describirlos, acondicionarlos y prever cómo evolucionarían. De otra parte, la redacción de proyectos de desarrollo sostenido necesitan de la evaluación de impactos, entre los que hay que considerar a los paisajísticos.

Las intervenciones del hombre afectarían, ciertamente, a la “esencia” del paisaje, que se manifiesta externamente en su arquitectura. De aquí que se deban hacer análisis detallados de impactos paisajísticos, frente a cualquier tipo de proyectos, como pudieran ser las instalaciones y explotaciones de camarónicas.

El estudio del paisaje podría ser considerado desde una doble vertiente:

- Como un elemento más, integrado en abstracciones más amplias, como serían el caso del estudio de calidades ambientales, de impactos ambientales o de sustentabilidades de determinados proyectos.
- O como protagonista principal, frente a esos proyectos.

En este capítulo se presentan los tópicos imprescindibles:

- para entender el papel que desempeña el paisaje, en análisis e interpretaciones globales,

- así como para desplegar los conocimientos necesarios, que soportarían desarrollos específicos paisajísticos.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DEL PAISAJE.

a). *Qué se entiende por paisaje.*

El paisaje se puede entender de varias maneras:

- según el lenguaje corriente, por lo general, sobre una sustentación estética,
- dentro de un marco ecológico-geográfico
- o como un estado cultural.

Una definición de síntesis permitiría formular que el paisaje es un entorno geográfico, de percepción polisensorial-sensual y, por lo tanto, subjetiva, que se caracteriza por las peculiaridades propias del medio físico, de las comunidades biológicas y de unas posibles actuaciones del hombre, además de las interacciones entre estos componentes.

Una cuestión debe quedar clara de esta definición de síntesis. El paisaje es algo más que un mero estudio:

- climático,
- geológico,
- biológico,
- ecológico,
- edafológico,
- agrario,
- de tipologías edificatorias
- y de cualquier tipo de intervenciones antrópicas en general, ya sean positivas como negativas,

aunque se tengan presente las múltiples interacciones entre estos componentes disciplinarios.

b). *Cómo se forma el paisaje.*

El paisaje es el resultado de la actuación, generalmente conjunta, de la climatología, de la geodinámica, de las aguas subterráneas, de la biocenosis y del hombre, como agentes más importantes.

La climatología resulta fundamental en la caracterización del paisaje porque condiciona, en gran medida:

- el contenido de la biocenosis en el recipiente físico,
- el desarrollo de suelos, que es la base de la flora y fauna del lugar,
- y a muchos de los procesos geodinámicos externos, que modelan al biotopo.

Este agente depende de los procesos meteorológicos, muy relacionados con los ciclos de la actividad de las manchas solares, y de la localización, tanto en latitud como en altitud, de los escenarios geográficos a considerar.

Los efectos, sobre la superficie de la tierra, de la geodinámica terrestre, tanto externa como interna, forman el “recipiente” o, en palabras de Hansen (1993), la “casa común” del paisaje. Caracterizan un biotopo que cobija a la biocenosis y a las intervenciones antrópicas.

Bajo la perspectiva del paisaje, la Geología:

- Explica volúmenes y roturas de líneas en el relieve.

- Participa, parcialmente, en el cromatismo.
- Condiciona, en buena medida, la presencia del agua y/o de la nieve.
- Y enriquece el entorno geográfico, respecto a las sensibilidades que pueden despertar en el hombre, en tanto que proporciona relieves espectaculares, formas y estructuras de interés por sus rarezas y escenarios identificativos y/o condicionantes del estado cultural de los pueblos.

Las aguas subterráneas intervienen en la conformación de un suelo y, dentro de él, tanto en los procesos de cristalización o cementación de sales y minerales, como en el contenido de agua libre. Todo esto se deja sentir, de forma significativa, en la caracterización de la vegetación y fauna, que puede soportar un suelo. Hay que tener presente que suelos, vegetación y fauna son componentes de la arquitectura paisajística.

La posibilidad del retorno de las aguas subterráneas, a la superficie, obliga a considerarlas como un agente más, en la generación del paisaje.

Dentro ya de un contexto puramente geomorfológico, en el que se mueven:

- la diversidad topográfica (volúmenes y rotura de líneas),
- la espectacularidad del relieve,
- y algunas de las rarezas de carácter geológico,

las aguas subterráneas juegan un papel relevante. Explican:

- La presencia de elementos de alto significado en la configuración del paisaje (lagunas y zonas de encharcamientos de diferentes tipos), en conjunción con la fisiografía, la naturaleza litológica del relieve y un balance hidráulico positivo.
- Y determinados procesos, de fuerte incidencia en la “personalidad” del paisaje, como son los kársticos, en terrenos calcáreos.

La biocenosis, en su conjunto, participa en la configuración del paisaje rural, al menos, en cuanto que:

- Condiciona, en parte, la diversidad topográfica, a causa de propiciar, o dificultar, los procesos o efectos de la erosión.
- Traduce, a veces, aspectos geodinámicos internos, responsables del paisaje biotópico (del “continente” físico).
- Determina, en buena medida, el cromatismo del escenario geográfico.
- Caracteriza la textura del entorno.
- Define, en muchas ocasiones, encuadres plásticos puntuales y/o coyunturales.
- Y pueden constituir componentes de rareza, sobre todo, endemismos, que revalorizan los escenarios geográficos, dentro de un contexto de biodiversidad, ante observadores sensibilizados al respecto.

El hombre construye paisajes rurales:

- por la herencia arqueológica que deja,
- a causa de los contenidos etnográficos que introduce,
- por actividades de desarrollo, sin interés etnográfico,
- y por acondicionamientos de los entornos, a efectos de usufructuarlos.

Los dos últimos aspectos suelen implicar, normalmente, impactos, que no siempre tienen que ser negativos.

Estas aportaciones del hombre:

- Constituyen el estado o componente cultural del entorno geográfico (paisaje cultural), que se superpone a los componentes naturales.
- Y hacen que un medio natural pase a medio ambiente: Que un paisaje natural evolucione a otro antropizado.

c). La arquitectura del paisaje.

La arquitectura del paisaje se podría definir como el conjunto de parámetros, o componentes, que se precisan para medir calidades, o caracterizaciones, paisajísticas, al objeto de ordenar, planificar y manejar escenarios geográficos, desde una perspectiva de este tipo de recurso.

En la arquitectura del paisaje, se pueden identificar:

- criptocomponentes, y
- fenocomponentes.

Se entiende por fenocomponentes aquellas observaciones diferenciales, que se pueden identificar a simple vista, en un territorio. En principio, se admite que estos componentes se agrupan en tres niveles de síntesis: abiótico, biótico y de intervención antrópica y de aprovechamiento de recursos.

La "estética" la establecería la confluencia de determinados componentes de los anteriores niveles.

Si se hace un símil entre paisaje y teatro (Escribano, 1989), los componentes geológicos forman el escenario, la vegetación constituye el decorado y el hombre y los animales son los actores.

A modo de partida, la identificación, clasificación y denominación de los fenocomponentes, de un paisaje, se resumen de la siguiente manera:

1. Diversidad topográfica (volúmenes y roturas de líneas).
Peso óptimo: 18 unidades.
2. Cromatismo.
Peso óptimo: 18 unidades.
3. Agua y/o nieve.
Peso óptimo: 14 unidades.
4. Espectacularidad.
Peso óptimo: 11 unidades.
5. Luminosidad y diafanidad de la atmósfera, olores y sonidos.
Peso óptimo: 9 unidades.
6. Estado cultural.
Peso óptimo: 7 unidades.
7. Singularidad o componente de rareza, de carácter geológico.
Peso óptimo: 6 unidades.
8. Singularidad o componente de rareza de carácter biológico.
Peso óptimo: 6 unidades.
9. Textura de la vegetación, en su totalidad, en la percepción estética del entorno.
Peso óptimo: 6 unidades.

10. Accesibilidad.

Peso óptimo: 5 unidades.

Los pesos se dan sobre 100 unidades.

Los componentes considerados se comportan como variables interrelacionables. Las combinaciones que pueden dar lugar son ilimitadas.

d). La evolución del paisaje.

En la terminología del paisaje, una evolución está referenciada a cambios estructurales en la totalidad de uno o varios fenocomponentes. En cambio, una dinámica se refiere a cambios producidos dentro de una estructura (en determinados aspectos de un fenocomponente).

En función de como se modifican los componentes, podrían diseñar mapas predictivos de síntesis del paisaje:

- para una fecha determinada,
- y respecto a un lugar concreto.

Este epígrafe comprende tanto la evolución del paisaje natural como la modificación del paisaje antropofizado.

La evolución del paisaje natural.

En general, el paisaje evoluciona y cambia por causas:

- naturales, y
- antropogenéticas,

y, de acuerdo con escalas relativamente cortas de tiempo, de forma:

- cíclica, y
- acíclica (irreversible).

La evolución y cambios, por causas naturales, se pueden subdividir según los siguientes criterios:

- cambios ralentizados irreversibles,
- cambios irreversibles en escalas históricas de tiempo,
- cambios cíclicos, y
- cambios súbitos, como los que suponen los incendios forestales no provocados, o las catástrofes ligadas a terremotos.

La modificación del paisaje, por cambios en la biocenosis, principalmente en la vegetación, se ajusta al anterior esquema.

La modificación del paisaje antropofizado.

La modificación del paisaje, motivada por la intervención antrópica, se subdivide en:

1. Modificación por causas de cambios de uso en un territorio, ante diferentes alternativas de explotación de recursos potenciales. Muchos de estos cambios están determinados por circunstancias socio-económicas coyunturales.

2. Modificación por cambios en las costumbres sociales, y en las situaciones económicas de los pueblos, que van a dejar sus huellas (signos) en bastantes manifestaciones del “Estado Cultural” del paisaje.
3. Y modificaciones cíclicas, por los requerimientos de determinados tipos de plantaciones agrícolas, en espacios geográficos específicos.

e). Clasificaciones del paisaje.

En principio, y de forma no excluyente, los paisajes se clasificarían:

- en criptosistemas y fenosistemas,
- en escenarios naturales y escenarios antropofizados,
- conforme a criterios espaciales,
- conforme a criterios temporales (estacionarios y estacionales, por ejemplo),
- en paisajes puntuales “plásticos”,
- y en paisajes figurativos, en sus expresiones simbólicas-metafóricas.

El fenosistema se refiere a los componentes perceptibles sensorialmente, sin instrumentos, del entorno geográfico, mientras que el criptosistema se restringe a los componentes del escenario, no perceptibles, o de difícil observación, por el hombre, que quiere disfrutar de la naturaleza.

El paisaje, en concreto, sería un fenosistema, el que se usufructa, complementado por un criptosistema, quizás sumamente necesario para el desarrollo y características del primero.

El escenario natural sería aquél en el que no haya intervenido el hombre, en cuanto:

- no sólo a la provocación de impactos,
- sino también, a la creación de componentes (los referentes al “Estado Cultural”), que se admiten como una parte generadora del paisaje.

En caso contrario, el escenario correspondería a un medio-ambiente, y definiría a un paisaje antropofizado.

La clasificación espacial se establece de acuerdo con los siguientes criterios:

- modalidades de observación (de punto singular o de recorrido usual),
- dimensionales,
- latitudinales, y
- altitudinales.

f). Jerarquización del paisaje.

La jerarquización el paisaje consiste en:

- Delimitar “células espaciales”, con características diferenciales específicas, donde se establezcan fuertes interacciones entre sus elementos.
- E integrarlas en estructuras más amplias.

Una jerarquización operativa consistiría en establecer, de menor a mayor rango:

- unidades,
- áreas paisajísticas,
- sistemas, y
- provincias.

Una unidad define a una cuenca paisajística diferenciada, independientemente de su magnitud. Se delimitan desde puntos singulares de observación. Cuando se analizan paisajes extensos, fuera de un contexto de cuencas visuales cerradas, se precisa delimitar parcelas de territorio, con respuestas visuales homogéneas, desde determinados puntos de observación, previamente fijados.

Las áreas paisajísticas comprenden a conjuntos de cuencas visuales, que se identifican y caracterizan en las diferentes direcciones, desde un mismo punto singular de observación.

Los sistemas corresponden a conjuntos de áreas paisajísticas, dentro de unos mismos dominios altitudinales regionales.

Y las provincias abarcan a conjuntos de sistemas de paisajes, dentro de unos mismos dominios latitudinales.

3. METODOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DEL PAISAJE.

a). Ideas generales.

El estudio del paisaje se puede apoyar en una serie de pautas, formuladas de acuerdo con las que se tienen en cuenta en todo proceso serio de investigación. Estas pautas readaptadas comprenden ejercicios cognoscitivos, formativos y de automatismos y destrezas, que dan lugar a :

- Diseños de procedimientos y de aparatajes, para realizar identificaciones y descripciones.
- Identificaciones, que comprenden, obviamente, las de los fenocomponentes de la arquitectura del paisaje. Se incluyen, además, las delimitaciones y definiciones de escenarios paisajísticos, con sus dinámicas propias.
- Clasificaciones y denominaciones de los escenarios paisajísticos, para encuadrar sus peculiaridades en una apropiada metodología de discusión.
- Observaciones, tanto cualitativas como cuantitativas.
- Análisis, a partir de las observaciones anteriores, que permita estimar el estado actual de calidad. Las deducciones de las causas y procesos, que tienen como efectos la calidad de un paisaje, son básicas para detectar, medir y eliminar impactos. Los entornos paisajísticos serían susceptibles, entonces, de medidas de protección y restauración, que corrigieran, en la medida de lo posible, las anomalías.
- Interpretaciones de resultados.
- Formulaciones de hipótesis acerca de los cambios del paisaje. Cabe la posibilidad de predecir cómo se encontraría el paisaje, en un futuro más o menos próximo, siempre y cuando se cumplan las condiciones dinámicas identificadas y descritas.
- Verificaciones.
- Prevenciones, de acuerdo con un plan de actuación, conforme con todo el proceso procedimental formulado. Las prevenciones tenderán a evitar las consecuencias no deseadas, unos impactos, de determinadas intervenciones sobre el paisaje.
- Propuestas de correcciones a distorsiones paisajísticas, estudiadas en el escenario en cuestión.
- Y obtención de conclusiones.

En la actualidad, hay una gran demanda de estudios de paisaje, ya que se ven muy afectados en la ordenación, planificación y manejo de un territorio, dentro de un marco general medio-ambiental.

Los estudios de paisajes comportan, por su propia naturaleza, la necesidad de trabajar y de expresar resultados gráficamente. Esto, por añadidura, facilita la presentación y comprensión de conclusiones. Luego, una metodología de estudios de paisajes estará complementada por técnicas específicas de interpretación y representación gráfica. Las más usuales parten:

- de cartografías topográficas,
- de fotografías aéreas, que posibiliten la visión estereoscópica,
- y de programas de ordenadores, que permitan obtener diferentes modalidades de diagramas tridimensionales.

b). Representación cartográfica.

Para la ordenación, planificación y manejo de un territorio, la representación del paisaje se hace, normalmente, desde los puntos singulares de observación.

La delimitación y sectorización de un paisaje sobre mapas topográficos, sirven de soporte para sobreimponer:

- Sus componentes arquitectónicos, por separado o en conjunto.
- Los diagramas de flujo entre estos.
- Calidades.
- Impactos paisajísticos de usos actuales, o de propuestas de usos.
- Recomendaciones y propuestas.

De esta manera, se obtiene una serie de mapas, desde descriptivos hasta prescriptivos.

La primera modalidad de mapas reseñados es claramente descriptivo. La segunda se puede clasificar como de cualificación. La tercera adquiere ya el carácter de evaluación. La cuarta representa los conflictos, los impactos que conllevaría la ejecución de proyectos de usos del territorio, desde la perspectiva del paisaje. La quinta, la de mayor abstracción, tiene todo el peso de mapas prescriptivos.

El procedimiento de estudios de paisajes, sobre mapas topográficos, se resume en los siguientes pasos:

1. El primer lugar, y sobre un mapa topográfico, preferiblemente a escala 1/10.000, se delimita la cuenca hidrológica, donde se encuentra el territorio a estudiar.
2. Dentro de los anteriores límites, se representan los puntos singulares y/o los recorridos de observación usual, de interés paisajístico, que hayan dentro del territorio.
3. Se identifican, representan y clasifican las cuencas visuales de paisaje, respecto a los puntos singulares y recorridos usuales.
4. Se sectorizan las cuencas visuales en:
 - Sectores radiales. Representan los fragmentos de territorio, entre visuales, desde un punto singular, con unas específicas feno-homogeneidades globales.
 - Y franjas concéntricas, delimitadas por sucesivos planos de profundidad, o según divisorias imaginarias, que permitan establecer franjas próximas, intermedias o terminales.

En la delimitación de las cuencas visuales, y en la sectorización de las mismas, juegan un papel relevante las barreras topográficas. Éstas suelen identificarse con divisorias de aguas. De aquí que resulte útil dibujar, en el mapa, la red hidrológica del territorio (red de ríos, arroyuelos, barrancos y/o cortadas confluyentes), deducida conforme con las curvas de nivel.

En el caso de una cuenca visual cerrada, el fondo escénico del paisaje, sus límites externos, coinciden, en principio, con la divisoria de agua que envuelve, lo más lejanamente posible, al punto singular de observación, y que encierra a la red hidrológica representada.

5. Dentro de los distintos sectores, se identifican y cuantifican las “zonas de sombras”. Éstas son las que quedan ocultas al observador, desde el punto singular en cuestión, o desde el recorrido usual o diseñado. Para estas identificaciones, se precisan:

- Levantar cortes topográficos, en distintas direcciones.
- Trazar visuales sobre los mismos.
- E interpretar las interacciones entre los perfiles topográficos y las visuales.

Las zonas de sombras representan territorios poco frágiles, respecto a intervenciones antrópicas de desarrollo.

6. En las distintas sectorizaciones, y de acuerdo con sus coeficientes espaciales y temporales, se superponen los aspectos paisajísticos que se consideren oportunos, por ejemplo, calidades e impactos.

c). Estudio mediante fotografía aérea.

La visión estereoscópica, de fotografías aéreas verticales, permite el levantamiento de mapas de base, para muchos estudios geológicos, geográficos y paisajísticos, entre otros.

La tridimensionalidad, o el efecto estereoscópico, presenta, a vista de pájaro, muchos aspectos de la arquitectura del paisaje, válidos para:

- Preparar una guía general, en relación con el trabajo de campo.
- Confeccionar mapas de base.
- Y discutir directamente, aunque en una primera aproximación, un paisaje.

En la discusión previa, se puede llegar a deducir y valorar gran parte, y a veces en detalle, de la arquitectura del paisaje. Esto podría tener gran relevancia en las delimitaciones de yacimientos arqueológicos.

Los mapas de base, a partir de fotografías aéreas verticales, en el estudio de paisajes, alcanza especial utilidad en:

- Dibujar la red hidrológica y las divisorias de agua.
- Delimitar previsibles cuencas paisajísticas, según los anteriores criterios.
- Ubicar potenciales puntos singulares y recorridos de observación de paisajes.
- Identificar puntos singulares, ya utilizados, y recorridos usuales, en la observación de paisajes.
- Representar, dentro de estas cuencas, datos deducibles por interpretación estereoscópica, u obtenidos en la prospección sobre el terreno.

Respecto a los puntos singulares de observación:

- Se redefinirán las cuencas paisajísticas, que ya, con mayor propiedad, se denominarán visuales.
- Se configurarán áreas de paisaje.
- Y se hará una clasificación de la fragilidad paisajística del terreno.

Pero además, las fotografías aéreas pueden representar un eslabón de partida, para:

- la representación del paisaje, sobre una cartografía planimétrica topográfica convencional,
- y el grafismo tridimensional informatizado.

Ésto se consigue con una metodología de restitución, mediante el empleo de un restituidor, bajo un soporte totalmente informatizado.

El producto final de la restitución son los bloques diagramas, que se aplican, de una forma directa, en el estudio del paisaje. Estos bloques sirven para:

- Identificar puntos singulares de observación.
- Delimitar áreas paisajísticas, con sus cuencas visuales, en relación con los puntos singulares, previamente seleccionados.
- Cualificar y semicuantificar la diversidad topográfica de las unidades paisajísticas y de sus áreas, que se establecen en la representación tridimensional.
- Y prever zonas de “sombra de impactos” (de baja fragilidad en la calidad paisajística desde los “miradores” y recorridos usufructuarios del paisaje).

d). Estudio mediante el soporte de ordenadores.

Como las relaciones entre los fenocomponentes de un paisaje son muchas e interdependientes, y las observaciones a ellas asociadas pueden ser muy grandes, los análisis estructurales, sistemáticos y funcionales, requerirán el uso del ordenador, en lo referente a las simulaciones de las diversas causas, procesos y efectos, que operan en las configuraciones de los paisajes.

Aquí, el intento de reproducir el comportamiento del paisaje (la simulación por ordenador), se realiza con un sistema experto.

La base de datos, a utilizar por el sistema experto, está configurada por:

- Una información prediseñada: descripción de los diferentes tipos de paisajes con sus fenocomponentes.
- Y otra circunstancial: las intervenciones antrópicas que se introducen, cuyos procesos y efectos impactantes, en los fenocomponentes, se quieren evaluar.

Las reglas de decisión, en el análisis y evaluación de impactos en el paisaje, se limitan principalmente:

- A establecer correspondencias entre determinadas acciones del hombre y las modificaciones que implican en ciertos fenocomponentes.
- Y a inferir, describir, con sus análisis y cuantificaciones, e interpretar los procesos y efectos en los fenocomponentes, que reaccionan en cadena (flujo de reacciones), cuando se modifican alguno de éstos, de forma sostenida o no, por las acciones de intervención, en los diferentes tipos de paisajes.

A través de la interface, en un proceso iterativo, el usuario empieza con seleccionar el tipo de paisaje, entre los diseñados y almacenados en la base de datos, que más se aproxima a la realidad del entorno geográfico en estudio. A continuación, se introducen las acciones antrópicas circunstanciales, y sus caracterizaciones (input), para crear la base específica de datos. Entonces se está en condiciones para que funcione el software, en el sentido de recibir respuestas del sistema (output). Y esto ya permite la toma de decisiones.

En definitiva, se desarrolla el principio de un soporte, susceptible de ampliarse, capaz de aproximarse a la modelización del conjunto de causas, procesos y efectos:

- no sólo de los impactos,
- sino también, de manera más amplia, de la evolución natural, o inducida por el hombre, del paisaje.

Por otro lado, los programas gráficos, pero básicamente los tridimensionales, son otras herramientas muy necesarias en el estudio del paisaje, ya que permite la consecución de una serie de objetivos, como los reseñados en el epígrafe anterior.

4. LA CALIDAD DEL PAISAJE.

La metodología está diseñada para la estimación de calidades paisajísticas, desde puntos singulares de observación. Ésto conlleva que lo primero que hay que hacer es:

- Optar por el punto singular, que se considere óptimo.
- Y delimitar la cuenca paisajística, cerrada si es posible, y sus parcelas, desde el punto singular seleccionado.

Se calculan las áreas absolutas:

- de la totalidad de la cuenca,
- y, de las parcelas.

Además, se determinan los tantos por uno de las superficies de las parcelas, en relación con el área de la totalidad de la cuenca visual, que tendrá el valor de 1. Estos nuevos datos representan los coeficientes espaciales, que entrarán en juego en la estimación de las calidades.

En las estimaciones de fenocalidades paisajísticas, se parte de un inventario de componentes de evaluación. Estos componentes se identifican con los indicados en la arquitectura del paisaje.

Para los componentes 1, 2, 3, 5, 9 y 10, se precisan de criterios específicos de valoración, en la estimación de calidades. Para los restantes componentes, no se necesitan de cuadros de estimaciones. La mera presencia, o ausencia, de cada uno de éstos, hará que la calidad parcial, en cuestión, tome el valor máximo o nulo, respectivamente.

Se estima, por separado, la calidad de cada parcela. La sumatoria de éstas, con sus respectivos coeficientes espaciales, en tanto por uno, será la de la totalidad de la cuenca visual. Pero esta sumatoria deberá estar afectada por otros dos coeficientes de corrección, también expresados en tanto por uno:

- El de parajes paisajísticos alternativos, en áreas geográficas próximas, adecuadas para el esparcimiento de los lugareños. En el supuesto de que no existan alternativas, el coeficiente tomará el valor de 1, y decrecerá a medida que aumenten éstas.
- Y el de sometimiento a su degradación, para soportar actividades potenciales de desarrollo, que evitaren conflictos sociales, en regiones con poblaciones significativas y de alta tasa de desempleo. Cuando el desarrollo fuese inevitable, por lo explosivo de la

situación social, el coeficiente tomará el valor de 0, para que la calidad paisajística sea nula y así quepa la posibilidad de una permisibilidad de intervención.

Para la estimación de la calidad, en una parcela determinada, y en la totalidad de la cuenca visual, se seguirán las siguientes pautas:

1. Se obtienen las calidades parciales iniciales, conforme con los fenocomponentes de la arquitectura del paisaje, y dentro de una escala de 0 a 10.

Respecto al componente "Estado Cultural", y en lo referente a la tipología edificatoria tradicional, su aportación de calidad, si hubiera tenido lugar, quedaría anulada ante la presencia de elementos anacrónicos significativos.

2. Cuando, para un componente determinado, intervenga más de un cuadro complementario de criterios de valoración, la estimación inicial corresponderá a la suma de las que se obtienen con cada uno de éstos.
3. Se calculan los coeficientes de importancia, temporal y de probabilidad de presentación, en tantos por uno, de los distintos componentes, con sus coeficientes de importancia.

Los coeficientes de importancia se determinan a partir de los pesos sobre 100, que toman los componentes, en el listado general de la arquitectura del paisaje.

4. Se multiplican los valores de los componentes por sus respectivos coeficientes de importancia, temporal y de probabilidad de presentación.
5. La sumatoria de estos componentes, afectados por sus coeficientes, será la calidad de una parcela en particular. El valor encontrado se multiplicará por el coeficiente espacial, en tantos por uno, respecto a la totalidad de la superficie de la cuenca visual, de la parcela evaluada.
6. La sumatoria de las calidades del conjunto de parcelas, multiplicada por los coeficientes de corrección, corresponderá a la calidad de la totalidad de la cuenca visual.
7. Dado que la calidad del paisaje, en una cuenca visual, depende, en gran parte, de la abundancia, o peculiaridad, de algunos de sus componentes, a nivel:

- regional,
- de un país, o
- del conjunto de la Tierra,

se admite una escala adicional de evaluación de la rareza, por ejemplo, de 1 a 10. La calidad que se había obtenido se multiplicará por este nuevo valor.

De acuerdo con todo lo anterior, la expresión analítica de la calidad del paisaje sería:

$$c = \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=0}^n q_i f_{ij} \right] \pi R_1 \pi R_2 \pi R_3$$

donde:

- C = calidad global del paisaje, en la cuenca visual en estudio.
- m = número de parcelas de la cuenca visual.
- n = número de feno-componentes evaluados.
- q_i = producto de los coeficientes, en tantos por uno, de importancia, temporal y de probabilidad de presentación.
- d_i = medida de la calidad de un feno-componente de la arquitectura paisajística, en una escala de 0 a 10.
- R₁ = coeficiente de rareza, en una escala de 1 a 10.

R_2 = coeficiente de corrección de paisajes alternativos, en tantos por uno.

R_3 = coeficiente de sometimiento, en tantos por uno.

Sin considerar el coeficiente de rareza, la calidad máxima que se podría alcanzar sería de 10 unidades. Si interviene este coeficiente, la calidad óptima llega a 100 unidades.

Hay muchas evidencias de que, normalmente, la suma de las calidades de los componentes no valora, convenientemente, al conjunto que forman. El todo es algo más que la adición de las partes, ya que, lo que da identidad, o composición, a un paisaje es, básicamente, las interacciones entre componentes. Sin embargo, esta "metodología sumatoria" se aproxima a un intento de objetivizar lo subjetivo, de cualificar escenarios que no pueden ser totalmente iguales y, por lo tanto, equiparables.

Con todo, y dentro de la frialdad que podría tener un gestor medio-ambiental, el método que se presenta tiene su utilidad en la estimación de la caída, o ganancia, de la calidad paisajística, en una unidad territorial determinada, si se llevara a cabo la realización de un proyecto de desarrollo o de protección-restauración. Y esto, de por sí, ya es importante.

5. LOS IMPACTOS PAISAJÍSTICOS.

Esquemas conceptuales previos.

Se entienden por impactos paisajísticos los efectos, que determinadas acciones del hombre, en un determinado espacio geográfico, producen en los distintos feno-componentes del paisaje:

- tanto en sus características identificativas (morfología, color, olor, etc.),
- como en sus aspectos funcionales.

Pero siempre que las modificaciones sean perceptibles sensorialmente.

Los impactos pueden ser:

- positivos y
- negativos.

Los impactos positivos representan una mejora en las calidades intrínsecas de los feno-componentes, con lo que aumenta la calidad del paisaje. Por lo contrario, los impactos negativos suponen una caída de la calidad del paisaje.

Si se extrapola la clasificación de los impactos ambientales de Estruch (1992) a los impactos paisajísticos, estos últimos formarían cuatro grupos, de acuerdo con las circunstancias causantes:

- impactos de ocupación,
- impactos de difusión,
- impactos resultantes de la emisión de agentes contaminantes, e
- impactos originados por la extracción de recursos naturales.

Los *impactos de ocupación* son los que derivan, irremediamente, del simple hecho de la localización de una actividad. Estos impactos suelen modificar altamente la calidad del paisaje. Sus efectos, casi siempre, tienen un carácter irreversibles.

Los *impactos de difusión* resultan de la presión periférica, en dependencia con la ubicación y desarrollo de una actividad del hombre, sobre los feno-componentes de un paisaje. Están muy relacionados, en mayor o menor intensidad, con el área de influencia de los de ocupación. Cuando estos cesan, desaparecen los de difusión asociados, en un lapso corto o largo de tiempo.

Las áreas de influencia de los impactos, normalmente, se expresan en tantos por uno, en relación con la superficie total de la cuenca delimitada, que toma el valor de 1. En estas áreas, se tendrán en cuenta, y se cuantificarán, los cambios de gradientes en las magnitudes e importancias de los impactos, cosa que se consigue con adecuados diseños estadísticos de tomas de observaciones.

Los vertidos sólidos, líquidos y gaseosos, de las acciones antrópicas (*impactos resultantes de la emisión de agentes contaminantes*), en un escenario geográfico dado, pueden impactar a los feno-componentes de ese paisaje, y alterar su calidad. No obstante, las alteraciones suelen ser, en muchas ocasiones, reversibles, aunque, a menudo, sólo a largo plazo.

La gravedad de los impactos del cuarto grupo (*impactos originados por la extracción de recursos naturales*) está en función de cómo se atenta a los distintos feno-componentes y, en definitiva, de la cuantía de la caída de la calidad paisajística.

Los impactos paisajísticos se pueden dar, respecto a un punto singular de observación:

- tanto en el interior de su cuenca visual (endo-impactos),
- como en sus horizontes delimitantes (peri-impactos), pero que se proyectan hacia el interior de la cuenca.

Las matrices paisajísticas simplificadas operativas.

En la medida de los impactos, se puede utilizar, entre otras alternativas, la metodología de las matrices causas-efectos, que:

- Establece la secuencia de los feno-componentes, en orden a sus alteraciones positivas y negativas.
- Indica cuáles son las causas, o acciones antrópicas, que revalorizan o degradan al paisaje, también en otra secuencia de importancias.
- Calcula las respuestas del conjunto de feno-componentes ante una acción específica, o de un determinado feno-componente, frente al conjunto de estas acciones, pero en términos comparativos, respecto a los restantes feno-componentes.
- Y permite estimar un índice global de impacto paisajístico. Sin embargo, este índice numérico es significativo siempre que se compare con los que producirían otras intervenciones antrópicas, o proyectos, en el entorno geográfico en cuestión. En general, este índice compara los impactos paisajísticos, en su conjunto, que provocarían las distintas alternativas de un mismo proyecto, o proyectos diferentes.

Las matrices a utilizar son análogas a las *simplificadas operativas*, con sus filas y columnas adicionales, que se describen en el capítulo de los impactos.

Como en el caso general, su conjunto de cuadrículas definen filas y columnas. En la primera fila se sitúan las acciones del proyecto, o de una actuación, que pueden causar impactos paisajísticos. Y en la primera columna, a la izquierda, los feno-componentes del paisaje, que se pueden alterar, de acuerdo con apreciaciones, desde el punto singular seleccionado de observación.

En un análisis de los impactos paisajísticos, dentro de las cuadrículas de intersección, también se consideraran los parámetros de *magnitud* e *importancia*, ubicados, definidos, referenciados, medidos y analizados de la forma establecida en su momento (capítulo 4).

En el diseño de las matrices paisajísticas de causas-efectos, de amplias posibilidades de aplicación, se admiten:

1. Una acciones (causas) que encabezan columnas, específicas de un proyecto. Por ejemplo, en el caso de una camaronera, estas acciones coinciden con las descritas en el ejemplo del capítulo de impactos, si se exceptúan las dos primeras, que al no tener aquí sentido, se dejan en blanco.
2. Y los siguientes feno-componentes, a partir de la arquitectura del paisaje, que inician filas:
 - Volúmenes topográficos (fila 1).
 - Roturas de líneas, en los fondos topográficos (fila 2).
 - Cromatismo (fila 3).
 - Agua (fila 4).
 - Nieve (fila 5).
 - Espectacularidad (fila 6).
 - Luminosidad atmosférica (fila 7).
 - Diafanidad atmosférica (fila 8).
 - Olores (fila 9).
 - Sonidos (fila 10).
 - Cultivos culturales (fila 11).
 - Bancales cuidados en laderas (fila 12).
 - Lugares de eventos históricos (fila 13).
 - Edificios ligados a la historia, a la producción literaria o a otras actividades insignes del hombre (fila 14).
 - Edificio con valor artístico (fila 15).
 - Viviendas de tipología edificatoria acordes con la tradición y/o con los condicionantes fisiográficos y climáticos (fila 16).
 - Otros subcomponentes del estado cultural (fila 17).
 - Singularidad, o componente de rareza, de carácter geológico (fila 18).
 - Singularidad, o componente de rareza, de carácter biológico (fila 19).
 - Textura: grano (fila 20).
 - Textura: densidad (fila 21).
 - Textura: regularidad (fila 22).
 - Textura: contraste interno (fila 23).
 - Accesibilidad (fila 24).

Si se utiliza la matriz muda de la tabla 3 (capítulo 4), las restantes filas se utilizarán a modo de comodines, para aspectos de los feno-componentes no abordados, y que tengan especial significado en una cuenca visual concreta.

Manipulación matemática de la matriz paisajística causas-efectos.

Con las filas y columnas adicionales, se operarán del mismo modo que como se hacía cuando se estudiaban los impactos en general. Se obtendrán secuencias, positivas y negativas, de impactos en los feno-componentes, así como otras secuencias de grados de alteraciones, asimismo positivos y negativos, de las acciones, frente al conjunto de feno-componentes. Se posibilita, por otra parte, estimar el índice de impacto paisajístico global.

A partir de esta fase, ya se dispone de una información paisajística de retro-alimentación, ante posibles y/o sucesivas correcciones, o alternativas, en la redacción definitiva de un proyecto, o ejecución del mismo.

Discusión de los impactos paisajísticos.

Unas primeras pautas en la discusión de las alteraciones en los paisajes, mediante el empleo de las matrices causas-efectos, y de acuerdo con:

- los resultados manipulados de los impactos negativos en los feno-componentes,

- y los criterios de Estruch (1992), desde una perspectiva predictiva, más abstracta que la meramente descriptiva (de identificación de impactos),

se basaría en una primera clasificación de los impactos en compatibles, moderados, severos, o críticos.

Los *impactos compatibles* tienen poca identidad. Los feno-componentes afectados, si cesan las causas de la alteración, se recuperarán en poco tiempo, en menos de un año. Se refieren, más bien, a la biomasa.

Los *impactos moderados* se relacionan con acciones que producen daños de poca magnitud. Pero a pesar de ello, la recuperación de la calidad paisajística es larga, en varios lustros, una vez que cesan las causas.

Con los *impactos severos*, los feno-componentes vuelven, muy difícilmente, a sus condiciones iniciales. Se requiere, a menudo, la adopción y puesta en práctica de medidas correctoras, o de restauración.

Finalmente, los *impactos críticos* superan el "umbral" a partir del cual los feno-componentes no pueden volver a las condiciones iniciales, aunque intervengan medidas correctoras o de restauración. Desaparecen algunos feno-componentes significativos en el paisaje en cuestión.

De estos análisis, se llega a valorar:

- la incidencia del proyecto a desarrollar en el paisaje, en sus distintas alternativas,
- o las incidencias de proyectos alternativos.

Y, de esta manera, se elevarán propuestas y recomendaciones tendentes:

- a mantener, u optimizar, calidades paisajísticas,
- o minimizar impactos en el paisaje,

en relación con proyectos indispensables, aunque retro-alimentados, en nuevas redacciones, conforme con las evaluaciones de impactos.

6. LA FRAGILIDAD DEL PAISAJE.

La fragilidad se refiere al grado de susceptibilidad de deterioro, que puede sufrir la calidad en un paisaje, ante la incidencia, normalmente visual, de terminadas acciones del hombre.

A mayor fragilidad, el espacio geográfico admite menos intervenciones impactantes, y viceversa. A medida que se actúa, y se desarrollan impactos, un paisaje pierde fragilidad, y, paradójicamente, se absorberían mejor otras acciones, así mismo con impactos.

Luego, como ya se dijo en otro lugar, la fragilidad es la cara inversa de la capacidad de absorción de impactos. Este último concepto se define como la aptitud que tiene un paisaje de absorber, visualmente, modificaciones, sin que haya detrimento de calidad.

En el estudio de la fragilidad, se necesita conocer cuál será la causa o agente perturbador, puesto que un medio se comporta de distinta manera, según la actuación que incida en él. O dicho de otra manera, el fenosistema puede presentar diferentes fragilidades, según se trate de un uso u otro del territorio. Por ello, se ha de especificar la fragilidad frente a qué actividad. Sin embargo, ante extensos escenarios geográficos, la fragilidad podría tomar un carácter genérico, y se la consideraría como intrínseca.

Para Rivas (1992) y Escribano et al. (1989), la fragilidad intrínseca del paisaje depende, entre otros:

- de las características orográficas de las cuencas visuales,
- del suelo y de la cubierta vegetal,
- de la presencia de puntos singulares de observación,
- y de la visibilidad del punto intervenido.

CAPÍTULO 6

LAS OBRAS MARÍTIMAS Y LA DINÁMICA DEL LITORAL.

ESQUEMA:

1. Introducción.
2. Conceptos básicos de partida, respecto a los procesos físicos en el litoral, en relación con las obras marítimas.

1. INTRODUCCIÓN.

Las obras marítimas de defensa se pueden enmarcar desde varios enfoques. No sólo desde la perspectiva del diseño de playas artificiales, sino también:

- para proteger actuaciones del hombre, ya ejecutadas, o en fase de proyecto,
- o para toma de servicios.

En el caso de protección de actuaciones, sirven de ejemplo los muros, a lo largo de una orilla muy erosionable, que ubica, tierra adentro, a poca distancia, importantes obras de infra-estructuras (autopistas, vías férreas, tendidos eléctricos de alta tensión y otras).

Como toma de servicios, quizás los más representativos sean los espigones, relacionados con bocas de succión de agua, o de desagües, de diversas actividades antrópicas.

Con la instalación y la explotación de una camaronera, por ejemplo, en un litoral erosionable, las obras marítimas podrían requerir ambos aspectos funcionales.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE PARTIDA, RESPECTO A LOS PROCESOS FÍSICOS EN EL LITORAL, EN RELACIÓN CON LAS OBRAS MARÍTIMAS.

a). Consideraciones generales.

El estudio de los procesos y efectos físicos en el litoral, considerado en su totalidad, y en relación con la ingeniería de costas, se basa fundamentalmente:

- en el análisis de los impactos físicos, y
- en las delimitaciones de las áreas de influencia de las obras marítimas, y de cualquier tipo de actuación.

El hilo conductor de este estudio, previo a la clasificación de las obras marítimas y a sus impactos, se ajusta, aceptablemente, al siguiente esquema:

- Aspectos globales sobre las modificaciones del litoral, por la ejecución de obras marítimas.
- Filosofía de procedimiento en el litoral.
- Tipos de soluciones.

- Criterios generales en el análisis de los proyectos de ingeniería costera.
- Clasificación de los impactos, que pudieran producir las obras marítimas en el litoral.
- Y determinación del área de influencia de la actuación de ingeniería costera.

b). Aspectos globales sobre las modificaciones del litoral, por la ejecución de obras marítimas.

Las actuaciones inadecuadas de “optimización” de un litoral pueden determinar modificaciones negativas, a medio o largo plazo, en el conjunto del ecosistema afectado. Sin embargo, las más visibles sean las que tienen lugar en el componente “tierra” del medio físico.

En los depósitos de arena de una playa, las modificaciones provocadas por el hombre se deben, principalmente, a las siguientes causas:

1. Alteración de la dinámica litoral, que interviene en el transporte:

- longitudinal, y
- transversal.

Aquí se incluyen las extracciones de áridos, en zonas activas, para diversos usos.

2. Degradación de los campos de dunas litorales, directa, o indirectamente, por:

- una presión urbanística, y/o
- desarrollo de una infra-estructura viaria,

entre otras causas.

3. Y disminución o aumento de los aportes sedimentarios continentales, como respuesta a determinadas actuaciones, fuera del ámbito litoral.

c). Filosofía de procedimiento en el litoral.

En el planteamiento de la protección y/o mejora física del litoral, conviene proceder de un modo lógico y ordenado, tendente:

- sup
an: - Hacia la identificación y definición precisa de los problemas. Se deben buscar las causas y prever sus efectos futuros.
- anlis
salat: - Así como el análisis completo de las alternativas de solución.

No es infrecuente que una equivocación, en la fase de definición, lleve a adoptar medidas contraproducentes o, cuando menos, inútiles.

Los procesos erosivos de las playas en particular, y de la línea costera en general, pueden tener, a veces, causas que trascienden del entorno litoral. Si persisten esas causas, la corrección de estos procesos, con medidas específicas de ingeniería costera, no darán la solución completa y permanente.

La planificación y manejo del borde litoral, en lo relativo a su conservación y/o mejora física, plantea una serie de cuestiones, cuya sucesión ordenada muestra el correcto camino a seguir. Estas cuestiones se pueden formular de la siguiente manera, conforme con Enríquez y Berenguer (1986):

1. Detección del problema:

¿Cómo se encuentra actualmente la costa, en relación con su estabilidad física? ¿Cómo repercutiría esa estabilidad en su ecosistema?.

2. Definición del problema:

¿De qué depende la estabilidad de un litoral? ¿Cuál sería la evolución previsible de éste y cuáles son sus causas?.

En el caso de un retroceso de la orilla de una playa, las causas se podrían buscar:

- en procesos de erosión por el oleaje,
- en una disminución de los aportes sedimentarios, y/o
- en la elevación del nivel medio del mar, a escala del entorno geográfico próximo.

El nivel medio del mar cambia por movimientos eustáticos y/o epirogénicos. Una elevación de este nivel supone:

- un movimiento eustático positivo, y/o
- un movimiento epirogénico negativo.

En ambos casos, habría una transgresión marina.

3. Asunción del problema:

¿Es necesario actuar para su defensa?.

4. Estudio del problema y elevación de alternativas:

¿Cómo realizar la defensa?.

5. Estudio medio-ambiental (tiene carácter de retro-alimentación):

¿Cuál va a ser el impacto de la obra?.

d). Tipos de soluciones.

La defensa de las costas lleva consigo, generalmente, una interferencia en el mecanismo natural, que regula la línea de borde, entre la tierra y el mar. Bajo este punto de vista, toda intervención supone una modificación del medio, en relación con su tendencia evolutiva natural.

Las posturas conservacionistas se muestran contrarias a toda actuación artificial, por cuanto que de ellas se derivará algún efecto “negativo”. No obstante, tampoco se debe ocultar que los cambios naturales presentan, en algunas ocasiones, un balance objetivamente negativo:

- erosión del terreno,
- pérdidas de especies animales y vegetales,
- entre otros ejemplos.

En tales casos, las acción del hombre puede mejorar las condiciones de evolución de la zona, y crear, además, recursos en su propio provecho.

Entre las posturas:

- de no actuación,
- y la de “máximo desarrollo”,

existe un amplio abanico de opciones intermedias, para una óptima planificación y manejo del litoral.

Admitidas las actuaciones, y de acuerdo con una terminología de los inicios de la década de los 80, estas se califican en:

- duras y
- blandas.

Las actuaciones, o soluciones, duras, por excelencia, se basan en la construcción de obras marítimas, muy visibles. Se dejan notar, en mucho, el cemento y los acúmulos de grandes bloques. En relación con la dinámica sedimentaria, no se consideran las repercusiones que pueden tener en las playas, de su provincia morfodinámica.

En estos ambientes, las actuaciones blandas:

1. Se caracterizan por:

- Desmantelar estructuras fijas, de actuaciones anteriores, que hayan determinado modificaciones negativas.
- Evitar, en la medida de lo posible, la construcción de nuevas estructuras fijas. Sólo se construirían las indispensables.
- Procurar que las estructuras fijas indispensables queden total, o parcialmente, sumergidas.
- Respecto a las estructuras fijas, no obviar el concepto de provincia morfodinámica, la dinámica sedimentaria de la playa en cuestión y el entorno geográfico, en el sentido de que no produzcan distorsiones o impactos paisajísticos, en la incidencia visual.
- Y optar, prioritariamente, por alternativas de la alimentación artificial.

2. Pueden implicar una mayor frecuencia de actuaciones, en sucesivas optimizaciones de una misma playa.

3. Y son más cautelosas respecto a los procesos físicos:

- Se tienen presente el concepto de provincia morfodinámica, y los procesos sedimentarios característicos de la playa a regenerar.
- Y se reconoce que se sabe poco sobre las variables que intervienen en la dinámica litoral en general, y en las playas en particular.

En la protección y regeneración de playas, las actuales tendencias metodológicas europeas y americanas, más avanzadas, son decididamente blandas. Muchas de éstas parten de análisis de perfiles de equilibrio y de la "Regla de Bruun". Consisten en la alimentación artificial de la totalidad de los perfiles transversales (Chalier y De Meyer, 1987, y Bruun, 1987).

La alimentación de la concavidad externa del perfil estabiliza a la del estrán, y sustituye a estructuras fijas de sustentación, o de contención, en la playa sumergida.

La técnica es costosa y necesita:

- buenos equipos de dragado, y
- grandes disponibilidades de arena.

Las fuentes de suministro, aunque próximas, tienen que estar fuera de los fondos activos y de "contención". En caso contrario, se afectaría a una provincia morfodinámica:

- la de la playa a optimizar,
- o la de una limítrofe,

con las consecuentes alteraciones de la dinámica sedimentaria de una unidad territorial, en el ambiente litoral. Obviamente, la solución de un problema no debe crear otros.

Para que la actuación tenga éxito, se precisa que la playa externa:

- se comporte como un sistema sedimentario cerrado,
- en donde haya un equilibrio entre ganancias y pérdidas sedimentarias, por transportes paralelos al litoral.

Ello supone:

- Una muy buena delimitación previa de la provincia morfodinámica a intervenir.
- Y un exhaustivo análisis de las circunstancias, que pudieran afectar a su dinámica sedimentaria.

En muchos casos, como ya se ha revisado, las arenas, para una regeneración playera, proceden de depósitos marinos sumergidos, próximos a la orilla. Luego, las extracciones de áridos pueden acarrear la destrucción de alguesos, como las praderas de posidóneas (*Posidonea oceánica*), exclusivas del Mar Mediterráneo, o de praderas de gramíneas marinas. Y todo esto es, de por sí, una actuación dura:

- tanto por el daño que se produce en la biocenosis y funcionamiento de un ecosistema,
- como por el debilitamiento “físico” que se introduce, en la “defensa natural” de un sector del litoral.

Además, la propia alimentación artificial de una playa puede producir el aterramiento y/o enturbiar el medio físico de alguesos próximos, y así provocar la regresión de los mismos.

La defensa de una playa se consigue cuando:

- se mantiene el equilibrio sedimentario, y
- se amortigua la erosión.

La estabilidad del depósito arenoso externo de una playa se puede deber, en parte:

- a la reducción del hidrodinamismo, por la presencia de las largas hojas de las posidóneas, o de algas anatómicamente similares,
- y a la retención del sedimento por los rizomas.

Si se consigue estabilizar el perfil cóncavo externo, por la presencia de determinadas praderas, bien desarrolladas, de algas, o de otras especies vegetales, también se bloquea la movilidad del perfil interno: desde la zona de rompientes a la orilla. La erosión más interna queda, de esta manera, amortiguada.

Por otra parte, las acumulaciones de hojas muertas, sobre las playas, atenúan el impacto erosivo del oleaje.

A pesar de las anteriores objeciones, las extracciones submarinas de áridos, y las alimentaciones artificiales de arena en playas, producen impactos “muy puntuales” en los alguesos. Estos son mínimos, en comparación con los que causan otras actividades antrópicas, principalmente los barcos pesqueros ilegales de arrastre, en amplios sectores del litoral sumergido somero.

e). Criterios generales en el análisis de los proyectos de ingeniería costera.

Como respuesta a todo lo anteriormente expuesto, las intervenciones de ingeniería costera se adaptarán a las siguientes consideraciones sintetizadas:

1. Los proyectos se someterán a un estudio:

- objetivo, y
- técnico-científico multidisciplinario.

2. En los proyectos a gran escala, o de ejecución dilatada (varios años), la toma de decisiones se basará, además, en criterios:

- socio-políticos, y
- financieros,

antes de sobrepasar el punto de “no retorno”, desde el cual los efectos pueden ser irreversibles.

3. En la fase de generación y análisis de alternativas, para la solución de un problema de ingeniería costera, se debe abordar la denominada “alternativa cero” o de “no actuación”.

4. Con cada una de las alternativas de ingeniería costera, incluida la “alternativa cero”, se hará un análisis de costes / beneficios.

5. Dado que los estudios de impacto ambiental, de los proyectos de ingeniería costera, se prolongan, casi necesariamente, tras su ejecución, se reservarán los medios económicos y materiales, para realizar un seguimiento durante y después de las obras.

6. Las conclusiones, obtenidas en el estudio de impactos ambientales, constituirán una retro-alimentación en el diseño y/o modificaciones del proyecto.

f). Clasificación de los impactos producidos por las obras marítimas, en el litoral.

Los impactos, relacionados con las obras de defensa de costas, forman dos grupos:

- los positivos, y
- los negativos.

Entre los primeros, se encuentran:

- Protección ante la erosión, que puede estar ligada a la de recursos, o al mantenimiento de infra-estructuras.
- Creación de un nuevo depósito sedimentario, aunque en determinadas situaciones puede ser un impacto negativo.
- Creación de un nuevo hábitat, aunque a veces esto es negativo.
- Creación de puestos de trabajo, tanto directos como indirectos. Definen impactos socioeconómicos.
- Revalorización de la fachada costera, en su aspecto económico. Esto podría dar lugar a la especulación. De esta manera, aparecería un impacto negativo colateral.
- Revalorización estética de parajes degradados.
- Aumento de recursos lúdicos.

- Y otros.

Un listado, ciertamente incompleto, de impactos negativos sería:

- posible alteración de la dinámica sedimentaria en el litoral,
- deterioro de la calidad del agua,
- perturbación de un ecosistema,
- posible destrucción de un ecosistema,
- degradación del paisaje, en muchos casos,
- y especulación y conflictos sociales,

Todos estos impactos se clasifican, a su vez, en:

- físicos (del biotopo), o geo-ambientales,
- ecológicos (de la biocenosis), o bio-ambientales, y
- socioeconómicos, incluidos los estéticos.

El conjunto de baterías de preguntas, susceptibles de formular, independientemente de que se puedan contestar, o no, para los distintos tipos de impactos físicos, por obras marítimas, en un litoral, constituyen el meollo principal de un estudio sobre procesos y efectos sedimentarios, vinculados a la ingeniería costera.

Con los impactos físicos, como con otros, y si el “sistema” litoral, a intervenir, está en desequilibrio, puede ocurrir que una ligera alteración, introducida gradualmente, en una dosis aparentemente admisible, provoque, quizás, una secuencia de eventos bruscos, con efectos totalmente rechazables. Esto concuerda con la “Teoría del caos”.

Las obras marítimas pueden determinar impactos ecológicos:

- directos, o
- indirectos.

Los efectos directos son los que se derivan de la ocupación de una superficie por la obra. Hay una destrucción total de la biocenosis.

En cuanto a los efectos indirectos, se recogen, entre otros:

- La formación de un nuevo hábitat, detrás de la obra.
- La alteración del biotopo, tanto en planta como en perfil, sobre todo si es arenoso, por el aumento de la agitación frente a la defensa. Esto trae consigo la modificación de la biocenosis.
- Modificación de la calidad del agua, por aumento de la turbidez, que dará lugar a respuestas en la biocenosis.

Las alteraciones estéticas dependen:

- del ángulo de visión, muy ligado a las características fisiográficas del entorno, y
- de la accesibilidad.

Los impactos estéticos se pueden corregir en las fases de:

- diseño,
- construcción, y
- mantenimiento.

En gran medida, las alteraciones estéticas negativas, que introducen las obras marítimas en el paisaje, se atenúan con una determinada tipología edificatoria, que se acople con el entorno fisiográfico. Se establece una relación directa entre tipología edificatoria e influencia en la morfología física del entorno. Así, junto a un acantilado basáltico, los bloques “vista” de cemento de las obras deberán tener:

- la coloración, y
- la estructura, normalmente disyunción columnar,

de las rocas que caracterizan al territorio a intervenir.

Estos criterios se llevaron a cabo en el diseño y realización de la Playa artificial de Los Cancajos, en la Isla de La Palma (Canarias, España), por el ingeniero proyectista Dr. Suárez Bores, a finales de los años 80.

g). El área de influencia de las obras de ingeniería costera.

Según la facilidad de transmisión de efectos, en un territorio, se deben distinguir dos zonas:

- la del proyecto, y
- la de influencia.

Ambas se consideran en la evaluación del impacto físico de un proyecto.

En el litoral, la provincia morfodinámica es el módulo de tratamiento,

- tanto de las actuaciones de ingeniería de costas, u de otro tipo,
- como de una ordenación, planificación y manejo del territorio.

En muchos casos, se precisa hacer formulaciones de “Historias Morfodinámicas”, para llegar a delimitar estas áreas de influencia.

CAPÍTULO 7

LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN EL LITORAL, POR OBRAS MARÍTIMAS. SUS RELACIONES CON LAS CAMARONERAS.

ESQUEMA:

1. Clasificación de las obras marítimas.
2. Causas - efectos de impactos físicos en el litoral, por obras marítimas.
3. Los impactos en los procesos y efectos físicos del litoral, por obras inherentes a la instalación y explotación de camarонерas.
4. Secuencias significativas concatenadas de procesos naturales, actuaciones antrópicas y sus efectos inducidos.

1. CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS MARÍTIMAS.

Enríquez y Berenguer (1986) admiten que la clasificación de las obras marítimas, de defensa de costas, se puede hacer según los siguientes criterios:

1. Conforme con los objetivos que se persiguen:
 - obras de protección de terrenos,
 - obras de estabilización de la línea costera, y
 - obras de estabilización de golgas y canales.
2. De acuerdo con criterios estructurales:
 - defensas longitudinales,
 - obras transversales,
 - diques exentos,
 - alimentación artificial de áridos, y
 - otras ("cajón de sastre").

En el "cajón de sastre" se encontrarían:

- sembrado de algas artificiales,
- barreras neumáticas o hidráulicas,
- elementos flotantes, en general,
- contenciones ancladas,
- etc..

3. A partir de consideraciones medio-ambientales:

- soluciones duras, y
- soluciones blandas ("light" o "descafeinadas").

4. En relación con la modalidad funcional:

- estabilización de zonas arenosas frente a la acción del viento,
- defensa por aportación artificial de sedimentos,
- defensa por interferencias con la dinámica litoral, normalmente del oleaje incidente, y

- defensa por interposición tierra-agua.

Entre las obras por interposición tierra-agua, se encontrarían:

- muros,
- pantallas,
- revestimientos,
- y acúmulos de gravas.

De todas estas posibles clasificaciones, quizás la estructural sea la que mejor sirva de hilo conductor, en el estudio de impactos, por obras de defensa costera.

Los términos empleados en la clasificación estructural, con la exclusión de los que forman el “cajón de sastre”, se pueden definir como sigue:

Defensas longitudinales.

Consisten en obras marítimas de interposición entre la tierra y el agua, de manera tal que impiden la acción directa del oleaje sobre el terreno. Éste queda dotado de un frente resistente.

Un sucinto inventario de defensas longitudinales sería:

- muros,
- pantallas,
- revestimientos,
- y acúmulos de gravas.

Obras transversales.

Son estructuras unidas ortogonalmente a la orilla. Las más significativas corresponden a los espigones y diques.

Los espigones, en sentido estricto, definen obras fijas que no determinan aguas abrigadas, mientras que los diques, sí.

Diques exentos.

Corresponden a obras marítimas fijas y emergentes, paralelas a la orilla, mar adentro. Cuando se encuentran muy rebajados, sumergidos, se denominan sustentaciones, o mejor aún, contenciones.

En Alimentaciones artificiales de áridos.

Consisten en aportaciones sedimentarias, sobre todo de gravas y/o arenas, a un determinado ambiente. Aquí se podría incluir el by-passing: transvase de arena, dentro de una misma playa.

2. CAUSAS-EFECTOS DE IMPACTOS FÍSICOS EN EL LITORAL, POR OBRAS MARÍTIMAS.

a). Procesos y efectos sedimentarios en playas, y análisis de impactos físicos, en relación con defensas longitudinales.

Las obras marítimas de defensa longitudinal, tienen por objetivos:

- Sustituir, en parte, la protección natural del entorno, allí donde ésta sea insuficiente.
- Y detener la acción erosiva del mar, por detrás de la obra.

Estos aspectos positivos pueden conllevar impactos físicos negativos. Tales impactos tienen lugar en los dos siguientes supuestos:

- que las obras estén en una zona sumergida,
- o en una zona emergida, pero donde llega ocasionalmente el oleaje.

Entre las obras longitudinales, las más usuales son los muros. Ante estas intervenciones, caben identificar, describir y evaluar los impactos físicos, en dependencia con:

- Las removilizaciones de sedimentos y transportes de los mismos.
- Las acreciones y/o erosiones a balomar y sotamar de la obra.
- Las repercusiones sobre las corrientes de deriva. Aquí se incluyen las posibles creaciones de barreras energéticas transversales.
- La prolongación, aguas abajo, de los procesos y efectos sedimentarios, determinados por la actuación.
- Muy ligado a lo anterior, las repercusiones sedimentarias en otras playas, aguas abajo.
- Y hasta donde se dejan sentir los procesos y efectos de estas obras, a lo largo del litoral.

Unas consideraciones sucintas, a una parte de los impactos reseñados, se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Se describen removilizaciones de los sedimentos, al pie de la obra y traslado de éstos hacia mar adentro.
2. Y ante un oleaje de incidencia oblicua hay:
 - procesos de acreción, aguas arriba,
 - y erosión, seguida de la formación de una baja, aguas abajo.

Se produce la removilización de sedimento arenoso y/o su transporte, hacia mar adentro, cuando:

- la energía del oleaje reflejado se suma a la del incidente, hecho que siempre ocurre,
- y la "resonancia" resultante supera un determinado umbral energético, circunstancia que se da con mucha frecuencia.

Los procesos de acreción, a balomar, y de erosión a sotamar, se entienden a partir de la resultante vectorial de la energía incidente y reflejada. Habría acreción cuando la resultante es menor que la energía incidente. En caso contrario, aparecería erosión.

Dentro de las defensas longitudinales, están también los revestimientos. En relación con estas obras, convendría investigar:

- ¿Cómo influyen las intervenciones en las barras de arena, cuando una playa evoluciona entre estadios morfodinámicos?.
- ¿Qué repercusiones habrían de esperarse, en el sector más interno de una playa, cuando se influye en las barras?.

En principio, los revestimientos interfieren la formación de barras sumergidas de erosión, si la obra ocupa superficies arenosas significativas, que hagan frente a la dinámica del oleaje de temporales.

Tales barras, potencialmente, actúan a modo de filtro ante la energía de otros temporales del sub-ciclo erosivo. Por ello, los impedimentos al desarrollo de estas formas sedimentarias menores acarrearían la acentuación de la erosión, en los sectores más internos de los ambientes arenosos en cuestión.

b). Procesos y efectos sedimentarios en playas, y análisis de impactos físicos, en relación con obras transversales.

Estas obras marítimas tienen por objetivos, entre otros:

- Provocar la formación de una playa.
- Evitar, o retardar, la erosión en playas existentes (defensa y/o regeneración).
- Proteger las bocanas de los puertos, ante aterramientos.
- Canalizar zonas navegables.
- Soportar bocas de tomas de agua o de desagües.

Los efectos físicos colaterales de las actuaciones, acorde con los anteriores objetivos, se pueden analizar según que el litoral esté, o no, afectado por un transporte longitudinal neto significativo. La mayoría de estos efectos son alteraciones negativas, aunque también las hay de carácter positivo.

E16

Impactos físicos ante un transporte neto de deriva.

Con un espigón transversal, con campos de espigones, o con obras marítimas portuarias, que se comportan a modo de macro-diques transversales, la investigación iría dirigida hacia éstas otras cuestiones:

- ¿Cómo se interfieren los transportes de deriva?
- Un espigón aislado, o el primero, aguas arriba, de un campo de espigones, ¿en qué medida provoca rip currents, con transportes de áridos, hacia fondos inactivos? ¿Cómo influye el diseño morfológico, en planta, en el desarrollo de éstos rip currents?
- Cuando se construyen campos de espigones, ¿cómo influye la parametrización de estas obras, para que se formen rip currents internos, con sus consiguientes implicaciones en las inestabilidades de los depósitos de arena?
- ¿Qué procesos y efectos habrían de esperarse, a barlomar y sotamar de la estructura, o del conjunto de estructuras? ¿Bajo qué circunstancias?
- En general, ¿cómo repercuten las obras en las playas de aguas abajo? ¿Hasta dónde?

De acuerdo con una premisa de partida, que suponga la existencia de una plataforma litoral, idónea para permitir el desarrollo de un transporte de deriva, unas respuestas muy generales apuntarían, más o menos, hacia las siguientes pautas:

1. **La intercepción del transporte de deriva, es la causa más general que determina la aparición de un conjunto de alteraciones en la dinámica sedimentaria.**
2. **Normalmente, se forma un depósito sedimentario de barlomar, delante:**
 - de una obra transversal aislada,
 - o de la primera estructura de un campo de espigones.
3. **Se produce un retroceso de la orilla arenosa, a sotamar, a partir del último espigón construido.**
4. **A medida que se estabiliza la orilla sometida a retroceso, avanza la erosión, aguas abajo, hasta donde finalice la playa, o su provincia morfodinámica.**

5. Se canalizan corrientes de retorno (rip currents), frente a situaciones de oleaje oblicuo, a barlomar de un primer espigón transversal.
6. Cuando el depósito sedimentario de barlomar rebasa la estructura, se produce un proceso deflector de la corriente sólida, hacia aguas profundas, donde ya no se deja sentir la acción del oleaje. Sin embargo, una parte de los áridos contornea la obra y se incorpora a la dinámica sedimentaria de la orilla.
7. Con separaciones exiguas entre los elementos de un campo de espigones, se potencializa un sistema de corrientes de retorno. Esto originaría la separación del flujo sedimentario de la orilla, y su posible desvío hacia profundidades poco activas.
8. Por lo contrario, con un exceso de separación entre los elementos de un campo de espigones, aparecerían irregularidades en la configuración de la planta, en cada unidad de compartimento, en sus sectores de barlomar, que quedan más desprotegidos.

En un campo de espigones, la distancia óptima de separación entre estructuras, debe ser de uno a tres la distancia de penetración. De esta manera, se evitarían las alteraciones descritas en los dos apartados anteriores.

Además, se recomienda que las penetraciones de los espigones sean lo menos profunda posible, para que interfieran en lo mínimo en el transporte longitudinal.

Impactos físicos por un transporte nulo de deriva.

El transporte nulo se puede deber:

- a una inexistencia de transportes longitudinales de áridos,
- o a una compensación de transportes brutos, de direcciones opuestas.

En estas circunstancias, el investigador se preguntaría:

- ¿Cuáles serían ahora las respuestas al anterior bloque de preguntas?.
- ¿Qué pasa ante ocasionales situaciones de temporales?.
- ¿Podrían quedar tramos de playas aislados sedimentariamente?.

El conjunto de impactos, antes reseñados, se atenúa. En general, la erosión, en una sotamar “remanente” pierde mucha intensidad y, con ello, su alteración negativa.

Los elementos de un campo de espigones, como no pueden retener los sedimentos de un “transporte resultante” ausente, sólo atrapa y da estabilidad a los aportes artificiales.

A pesar de todo, pueden aparecer impactos negativos. Éstos tienen dependencias:

1. Con los temporales aislados, que determinan derivas esporádicas importantes.
2. Y con la posibilidad de dejar aislados ciertos tramos de playas de sus fuentes sedimentarias, a causa de la modificación, en mayor o menor grado, de la propagación y características del oleaje incidente.

Todo lo anterior puede determinar deformaciones en un depósito sedimentario, en la planta y perfil de una playa, principalmente en las proximidades de las obras marítimas.

c). Procesos y efectos sedimentarios en playas, y análisis de impactos físicos, en relación con diques exentos y arrecifes artificiales emergentes.

Estas obras marítimas tienen por objetivos, entre otros:

- Obtener una atenuación de la energía del oleaje. Se pretende crear una zona de sombra energética tras ella. Con ello, se consigue disminuir la acción erosiva del mar. Así se evita, o retarda, la erosión de playas.
- Provocar la formación de una playa, ante un aporte sedimentario.

En cuanto a estas obras, las preguntas de la investigación se agrupan, básicamente, en cuatro bloques:

- ¿Cuándo los gradientes de sobre-elevación, del agua del mar sobre el estrán, son efectivos para el transporte de arenas? ¿Cuáles son las velocidades umbrales mínimas, en unas condiciones muy generales, sin considerar la muy activa participación de variables, tales como pendientes topográficas y valores granulométricos de los áridos, entre otros?. En esas condiciones muy generales, ¿cuáles son las alturas mínimas del oleaje?.

En realidad, no se precisa de un determinado umbral de gradiente de sobre-elevación. Por pequeño que éste sea, siempre se desarrolla un transporte Q_s a causa de las turbulencias que crea el oleaje en el estrán. Las turbulencias ponen en movimiento a las arenas, y ésto hace que respondan, en mayor o menor medida, con un transporte, a las corrientes de sobre-elevación.

- La parametrización del diseño del dique exento ¿qué papel juega en la formación de hemitómbolos y tómbolos? ¿Cómo sería la evolución de a orilla, en estos depósitos, para que se lleguen a situaciones de equilibrio entre los transportes Q_a y Q_s ?
- ¿Cómo se interfieren los transportes de deriva? ¿A causa de qué? ¿Crean barreras energéticas transversales que determinen transporte de áridos hacia fondos inactivos?.
- ¿Qué repercusiones habrán en otras playas aguas abajo? ¿Hasta dónde?.

El primer bloque de respuestas está en íntima dependencia con la "Teoría del Tensor de Radiación".

Para un estudio de los impactos físicos, que puedan provocar los diques exentos, se precisa, necesariamente, parametrizar estas obras. Gómez y Ramírez (1992) han desarrollado un trabajo al respecto, a partir de un inventario de diques arrecifales de España.

La parametrización parte de una secuencia de aspectos a tener en cuenta. Sean los siguientes:

- Relaciones geométricas existentes más importantes, para la formación y estabilidad de hemitómbolos. Esas relaciones dependen de una serie de variables, tales como el periodo y la longitud de onda de las olas, y la profundidad y pendiente de la playa, entre otras muchas. En principio, se podría admitir que se favorecería la formación de depósitos, si la longitud de la obra es tres veces la distancia a la orilla. Sin embargo, a partir de unas cinco veces esta distancia, aparecerían serios problemas en el depósito sedimentario. Cuando dista mucho de la orilla (cuando la longitud es reducida respecto a su separación del borde del mar), no se forma el depósito sedimentario.
- Respuestas de la línea de costas, ante estas relaciones geométricas. Por ejemplo, la relación entre lo que avanza la orilla y la longitud del dique. La anterior relación da un valor en torno a 0.35.
- Distribución y volúmenes atrapados de arena.
- Perfiles afectados por el dique: delimitación espacial operativa de los efectos directos en la planta de la playa.
- Otros.

En el caso de que hayan dos diques exentos, lateralmente enfrentados, Berenguer y Enríquez (1988) establecen esta otra relación empírica:

$$A_0 = 2 A_1$$

donde:

- A_0 = distancia que separa a los centros geométricos de los diques exentos.
- A_1 = distancia entre la orilla y el centro geométrico de la bocana.

Esta nueva relación geométrica se utiliza en litorales sometidos:

- a rangos muy bajos de mareas (menores a 20 centímetros),
- y a oleajes promediados, que recuerdan al del Mediterráneo español.

La orilla, que queda resguardada por este par de estructura, describe:

- un sector central,
- y dos sectores laterales.

De acuerdo con un ajuste, sobre la base de la espiral logarítmica de Yasso (1965), y cuando concurren ciertas circunstancias geométricas muy restringidas, la orilla del sector central adquiere una planta casi en arco de circunferencia, pero de un recorrido muy corto. Para esta configuración, el condicionante geométrico más decisivo es la situación del polo de la espiral: debe estar cerca del centro de la bocana.

Los impactos físicos, más generales, que lleven implícitos estas obras, se esquematizan de la siguiente forma:

1. El transporte longitudinal queda obstaculizado, con todos sus efectos, en las playas de aguas abajo, de su provincia morfodinámica

La obstaculización se debe a la deposición sedimentaria, en la zona de sombra energética, que crea el dique exento.

Estos depósitos determinan:

- hemitómbolos, o
- tómbolos.

Con los hemitómbolos, hay barreras parciales al transporte de deriva, cuando este logra superar la zona de "sombra", mientras que los tómbolos suponen impedimentos totales, si no hay transporte por delante de la estructura.

2. Con el desarrollo de un tómbolo, que abrace a la totalidad del dique exento, se podría esperar la canalización de corrientes de retorno, frente a situaciones de oleaje oblicuo. Con esto, se produce también un posible efecto deflector del transporte longitudinal, hacia aguas profundas, cuyos fondos son inactivos a la dinámica sedimentaria del oleaje.
3. En relación con la parametrización de los diques exentos, se infiere, entre otras muchas cosas, que puede ocurrir, por lo menos potencialmente, una erosión en los sectores laterales de la playa a optimizar, cuando se la alimenta artificialmente de forma deficitaria. La alimentación deficitaria supone que no se llega a alcanzar la relación de 0.35, entre el avance de la orilla y la longitud de la estructura. En ese supuesto, el sector central atrae aportes desde sus laterales, con el consecuente retroceso de la franja intermareal, en los márgenes de la playa.

La erosión se situaría tanto aguas arriba como aguas abajo de la obra, con transportes de sobre-elevación, aunque se acentuarían con oleajes cambiantes, procedentes de cuadrantes diferentes. La

inestabilidad sedimentaria se detendría cuando el hemitóbolo creciera hasta su umbral específico, donde la relación en cuestión tomará el valor adecuado.

c). Procesos y efectos sedimentarios en playas, y análisis de impactos físicos, en relación con alimentaciones artificiales.

La alimentación artificial de playas consiste, esencialmente, en la aportación, con la utilización de medios artificiales, de arena a una zona costera, que tiene un balance sedimentario negativo, o que la franja seca e intermareal de playa presenta unas dimensiones inferiores a las que se desean.

El objetivo primero de la alimentación artificial es la recuperación, o formación, de una playa, que reúna unas condiciones mínimas de estabilidad y duración. Con ello, se pretende conseguir un espacio lúdico, en la propia playa, o bien de que, como consecuencia de la disipación de la energía del oleaje, en el depósito sedimentario, se llegue a una protección efectiva de los terrenos costeros, situados directamente detrás.

Respecto a la alimentación artificial, la investigación se plantearía:

- ¿A qué se debe el déficit sedimentario de una playa, que gozaba de buena salud sedimentaria, y que ahora precisa de una alimentación artificial? ¿Se pueden corregir las causas, para evitar esa alimentación, y para que entre en funcionamiento una regeneración natural, con efectos apetecibles en un plazo de tiempo razonable?.
- ¿Qué ocurre si se pretende optimizar una playa, mediante una alimentación artificial, sin analizar las causas que han determinado la degeneración del depósito sedimentario?.
- ¿Cuál sería la cuantía de una alimentación artificial, para llegar a un depósito óptimo? ¿Con qué variables y estimaciones se tendría que jugar?.
- ¿Qué tasa media de pérdidas de arenas se espera que hayan? ¿Con qué periodicidad, y en qué cuantía, habría que hacer realimentaciones, para tener una playa con un depósito en condiciones óptimas? ¿En qué se basarían las predicciones?.
- ¿Qué características deben reunir las arenas para una alimentación artificial?.
- El conocimiento y la comprensión de los diagramas de transporte, en la playa, ¿se tendrá presente en la metodología de la alimentación artificial?.
- ¿Se espera que hayan repercusiones, con la alimentación artificial de una playa, en otras, aguas abajo?. Una intervención dada, ¿provocará impactos estéticos, y físicos en general, en otras playas, si llegaran los áridos de la alimentación a estas? ¿Se debería a que se pretenda emplear áridos de características contrastadas, respecto a los de la provincia morfodinámica, en que se encuentra la playa a optimizar?.
- Las fuentes de aportes, ¿están en la propia playa a regenerar? ¿O habría que recurrir a fondos sumergidos alóctonos? ¿Qué problemas presentarían, en el usuario, el empleo de áridos de machaqueo, procedentes de una cantera? ¿Y en relación con la dinámica litoral?.
- ¿Cómo se afectarían los fondos a explotar? ¿se destruirían praderas de vegetación, como las de posidóneas? ¿Se tiene presente la hidrodinámica, que genera el oleaje, entre la zona de rompientes y la orilla, y que explica basculaciones sedimentarias, entre el estrán y la playa sumergida?.
- La explotación de unos fondos, ¿tendrán repercusiones en los procesos y efectos físicos de sus playas próximas?. En el caso de darse esas repercusiones, ¿en qué medida se deben

a destrucciones totales o parciales de praderas de vegetación? ¿Cómo participa la hidrodinámica, de las oscilaciones atrapadas? ¿Cuáles serían otras causas?.

- El diseño de la planta de una orilla, ¿cómo repercutiría en la estabilidad de la alimentación artificial? ¿Según qué metodologías se configuran las plantas en proyectos?.

Unas respuestas someras, a algunas de las anteriores cuestiones, se resumen como siguen:

La generación de una playa, y su estabilidad en el tiempo, dependen de la llegada hasta ella de sedimentos, en cantidades suficientes para compensar las pérdidas que pueden tener. Es preciso, por lo tanto, que exista una o varias fuentes de material, que tengan a la citada playa en su zona de influencia.

En los últimos tiempos, el tratamiento de los recursos, en el ámbito litoral, ha tenido un desarrollo tendente:

- a alterar y disminuir la llegada de los sedimentos continentales, a la zona costera, a causa de: regulación de cauces, repoblaciones forestales, protección de acantilados, extracciones en ríos y barrancos, etc.
- A coartar su redistribución a lo largo de la costa, por las construcciones de obras marítimas.
- Y a sustraer o inutilizar las reservas sedimentarias existentes, por la ocupación de campos de dunas y extracciones en playas, para usos diversos, entre otras acciones.

Tal actitud ha motivado que, en numerosas zonas, el balance sedimentario adquiera signo negativo, al no poderse compensar, de forma natural, las salidas o pérdidas de material sedimentario. Como consecuencia inmediata, han surgido procesos erosivos, de difícil corrección.

Desde esta perspectiva, la alimentación de arenas a la costa, por medios artificiales, constituye, por lo tanto, una actuación, que pretende suplir la deficiencia natural. Con estas intervenciones, se modifica el balance sedimentario, de forma instantánea, con el incremento de entrada de áridos.

La alimentación artificial de una playa, que se encuentra en erosión, puede retrasar, o dejar larvado, durante un cierto tiempo, el retroceso de la orilla, pero no modifica las causas que provoca dicha erosión. De persistir éstas, el relleno se verá sometido a un proceso de inestabilidad sedimentaria, por lo menos, al mismo ritmo de erosión que la playa original. La desaparición de los aportes de alimentación artificial será cuestión de tiempo. Si bien es cierto que las arenas pasarán, en gran parte, a suavizar la plataforma costera o a alimentar playas, aguas abajo, de su provincia morfodinámica. Por lo tanto, resulta imprescindible analizar, detenidamente, la estabilidad del relleno, en función de los ritmos de erosión, que en mucho depende de las acciones del oleaje. Así se evaluará la duración de la alimentación artificial, y los volúmenes de aportación periódica, que se precisen en el futuro, tras el relleno inicial.

El relleno inicial se habría estimado mediante otros criterios y metodologías, donde tiene especial relevancia el índice de sustentabilidad sedimentaria. Éste se calcula conforme con la definición de playa como un sistema tendente a un equilibrio, entre valores granulométricos, pendientes topográficas y energías de los oleajes incidentes.

En línea con lo anterior, otro aspecto cobra importancia, en la evaluación de los cambios físicos, que se pueden derivar de una actuación de regeneración, con aportación artificial. Se trata de la compatibilidad entre la arena existente en la zona y la de aportación. Al respecto, hay que tener en cuenta algunas de las hipótesis, que suelen aceptarse en las teorías sobre la estabilidad de los terrenos. Sin que se generalicen plenamente, existen más indicios y pruebas que las convalidan, que otros en sentido contrario. Estas hipótesis restringidas, se pueden enunciar como sigue:

1. La distribución granulométrica de la arena, que constituye originariamente la playa, se considera como la óptima y más estable, en su caso particular.

2. Una vez realizado el relleno artificial, todo el volumen de arena aportado es clasificado por el oleaje. En este proceso, el depósito tiende a adquirir una distribución de tamaños, similar a la existente inicialmente.
3. En el proceso de clasificación y asimilación, se produce la pérdida de un cierto volumen de la arena aportada.

De estas formulaciones, se deduce la importancia que reviste la selección de las características de la arena de aportación, a la hora de asegurar el éxito funcional y económico de la regeneración, y la conveniencia de no regatear esfuerzos para la búsqueda y explotación de las fuentes más idóneas.

Los aportes artificiales suelen depositarse:

- a profundidades entre 5 y 8 metros,
- o en la misma playa, a través de tuberías.

En el primer caso, se confía en la acción de la dinámica marina, para la incorporación de la arena, a la zona superior de la playa. En el segundo, una vez vertida la mezcla en la playa, el diagrama de corrientes del oleaje incidente, redistribuye los sedimentos. Se modifica, paulatinamente el perfil de la playa. El depósito cada vez se ajusta más a un perfil de equilibrio, compatible con un sistema de equilibrio entre valores granulométricos, energía del oleaje y pendiente topográfica.

3. LOS IMPACTOS EN LOS PROCESOS Y EFECTOS FÍSICOS DEL LITORAL, POR OBRAS INHERENTES A LA INSTALACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CAMARONERAS.

De entre las obras marítimas de defensa, las que podrían estar implicadas, en las instalaciones y explotaciones de camaroneras, serían:

- las longitudinales, y
- las transversales.

En cualquier caso, los impactos serán de especial consideración cuando las camaroneras se encuentren en litorales donde hayan, aguas abajo, ambientes en los que se den y requieran aportes sedimentarios, desde aguas arriba. Estos ambientes de aguas abajo corresponderían, por ejemplo, a manglares y/o playas arenosas.

Un manglar, en una fase de conquista del mar, precisa de la llegada de sedimentos para formar nuevo sustrato. Pero también los manglares estabilizados requieren aportes de sedimentos, para compensar las pérdidas, que provocarían los ocasionales oleajes energéticos, en estos ambientes.

En cuanto a las playas arenosas, se obvia cualquier comentario para comprender las repercusiones que habrían en sus estabildades sedimentarias.

Unas consideraciones generales, en estos tipos de litorales, se resumirían de la siguiente manera:

1. Las obras longitudinales tendrían sentido cuando las instalaciones estuvieran muy próximas a una orilla, que sufriera los efectos de un oleaje incidente erosivo, de carácter dominante, reinante u ocasional.

En estos supuestos, se utilizarían bien revestimientos o bien acúmulos de gravas, pero, sobre todo, se construirían muros. Esta última alternativa es la más usual, ya que las dos primeras retendrían los efectos de la erosión en la orilla, pero no evitarían el deterioro de las instalaciones, por el oleaje erosivo.

En relación con los revestimientos o acúmulos de gravas, aparentemente sólo podrían esperarse los impactos descritos para estos tipos de actuaciones. Sin embargo, la realidad sería más acusante, debido a que a los efectos inherentes habrían que añadirles los que se derivarían de las propias

instalaciones, cuyos frentes externos actuarían a modo de pantallas deflectoras de energía, en el medio marino, con la creación de barreras transversales energéticas, que podrían impedir los transportes de deriva. Ésto tendría lugar cuando se diesen las circunstancias de unos oleajes importantes, que llegasen a las instalaciones, ante una significativa marea meteorológica.

En cuanto a los muros, los impactos físicos se corresponderían con los descritos, en su momento, en el epígrafe precedente.

2. Las obras transversales, normalmente, servirían para soportar las tomas de agua y los desagües, en las operaciones de mantenimiento de las camaroneras.

Por otra parte, si estas instalaciones se ubicaran en la proximidad de una orilla arenosa inestable, se justificaría la realización de un campo de espigones. De esta manera, se mitigaría el retroceso de la orilla, y no se pondría en peligro las obras de explotación.

Tanto los espigones aislados, como los campos de éstos, llevarán consigo sus correspondientes impactos físicos, inventariados en el epígrafe anterior. Estos impactos se analizaban y evaluaban conforme con el comportamiento de la costa: de transportes netos, o nulos, de deriva.

4. SECUENCIAS SIGNIFICATIVAS CONCATENADAS DE PROCESOS NATURALES, ACTUACIONES ANTRÓPICAS Y SUS EFECTOS INDUCIDOS.

Estas secuencias se limitan a ciertos escenarios litorales particulares, donde se suceden, desde aguas arriba:

- Acantilados erosionables y/o bajas, que actúan como fuentes de aportes sedimentarios.
- Un área de manglares, en una fase de conquista del mar.
- Y una playa arenosa.

Al establecer una secuencia desde “aguas arriba”, se admite que incide un oleaje oblicuo, cuya componente “vectorial longitudinal” (paralela a la orilla), apunta hacia el sentido del orden indicado.

En una situación inicial del litoral, sin ningún tipo de actuación antrópica, llegarían a la playa aportes mitigados de arenas. Las causas de esta mitigación se encontrarían en la presencia de una densa trama de raíces zancudas del manglar rojo, y de una tupida red formada por los neumatóforos del manglar negro, así como en la existencia de posibles praderas de gramíneas marinas y de macro-algas, asociadas al manglar en su frente externo. Todo ello, bajo las circunstancias de conquista del medio marino, lo que requiere, progresivamente, de más sustrato físico.

los componentes de vegetación reseñados, atraparían gran parte de los aportes de áridos procedentes de los acantilados y/o bajas. Ésto equivaldría, respecto a la playa de aguas abajo, a una “evacuación o sumidero efectivo” de sedimentos. La zona de manglar se comportaría a modo de una singularidad másica negativa (“m”).

Podría darse el caso de que, por esta mitigación de aportes, se hubiera roto el equilibrio entre las ganancias y pérdidas de arena en la playa. De esta forma, el depósito definiría un balance cada vez más deficitario, que traduciría una inestabilidad, con el consecuente retroceso de la orilla, en este tramo del litoral.

Se podría dar el supuesto de que se instalara y explotara una camaronera en el área del manglar, por el hecho de que, en estos ambientes, desovan preferentemente los camarones adultos y se desarrollan sus larvas y postlarvas. Normalmente, si no se disponen de hatchery (semilleros de larvas de camarones), las camaroneras recogen estas larvas y postlarvas, para iniciar un cultivo intensivo.

Respecto a esta actuación, y sin descartar la posibilidad de casos mixtos, cabrían tres alternativas, que se ajustarían a las siguientes simplificaciones:

1. Los estanques se instalan tierra adentro, fuera del manglar, aunque en su proximidad. Las tomas de agua y los desagües se hacen de forma tal, que no precisan de obras marítimas, que interceptasen el transporte de deriva.
2. los estanques ocupan toda la superficie del manglar. Podrían quedar restos, en degradación, en el sector más interno. En la fachada más externa, se encontrarían retazos del manglar rojo, muy degradados. Corresponderían a los pioneros, en la conquista del medio marino. Las tomas de agua y los desagües no necesitan de espigones transversales, ni de ningún otro tipo de obras, que interrumpieran el transporte de deriva.
3. Los estanques invaden parte del medio marino. Una parte de ellos se construyen en terrenos ganados al mar. Se construyen espigones transversales, para las tomas de agua y para los desagües.

Con el primer caso, no se modifican, sensiblemente, los procesos naturales físicos, que acontecen en el litoral en cuestión.

Con el segundo caso, desaparece, en gran medida, el “sumidero sedimentario efectivo”, que causaba la progresiva creación de sustrato, en el proceso expansivo externo del manglar rojo. Sólo queda el atrapamiento dependiente de las macro-algas y de las praderas de gramíneas marinas. Por estos nuevos hechos, se refuerzan los aportes de arenas a la playa, que puede mitigar o bloquear la inestabilidad sedimentaria, o incluso invertir el proceso.

Y con el tercer caso, no sólo se mantendría la hipotética inestabilidad sedimentaria de la playa, sino que quizás se hiciese más intensa. En el debilitamiento añadido de los aportes sedimentarios, jugarían papeles decisivos:

- Los muros laterales, a barlomar, de los estanques externos. Éstos interrumpirían los transportes de deriva.
- Los espigones. También habrían interrupciones en el transporte de deriva, pero ahora de forma más drástica, por las mayores penetraciones de las obras.
- Y los muros frontales externos de los estanques. El transporte de deriva se impediría, en mayor o menor cantidad, a causa del efecto deflector - barrera energética, que provocarían estas obras, ante oleajes que superen una cierta energía.

CAPÍTULO 8

LOS DESCRIPTORES DE LA SUSTENTABILIDAD. SUS APLICACIONES AL CASO DE LAS CAMARONERAS.

ESQUEMA:

1. Introducción.
2. Descriptores de sustentabilidad: Conceptos, clasificaciones y evaluaciones.
3. Los procesos y efectos geodinámicos, con sus causas, para la definición y configuración de los geodescriptores de sustentabilidad en ecosistemas.
4. Lista base de descriptores de sustentabilidad.
5. Ejemplos de aplicabilidad de descriptores generales de sustentabilidad.

1. INTRODUCCIÓN.

Se entiende por sustentabilidad la obtención del mayor “capital” de un recurso por el hombre, siempre que el sistema, donde tiene lugar la intervención, no quede hipotecado para generaciones futuras. Esto supone la preservación de la potencialidad de la biodiversidad y de la calidad del “recipiente” geológico.

De la anterior definición conceptual, se deduce, de una forma directísima, que la sustentabilidad está muy vinculada a los impactos ambientales, que ha provocado y provoca el hombre.

En relación con el área de influencia de estos impactos, se puede hablar:

- de sustentabilidad “planetaria”, y
- de sustentabilidad “doméstica”.

Además, hay otra manera de enfocar la sustentabilidad, a gran escala, bajo unos parámetros macroeconómicos. Esta sustentabilidad conllevaría una macro planificación, que implicara tanto a los países desarrollados como subdesarrollados. Los impactos inherentes del manejo global interdependiente del conjunto del sistema Tierra, que contempla esta otra perspectiva de la sustentabilidad, serían, obviamente, planetarios.

La sustentabilidad “planetaria” está íntimamente en dependencia con grandes grupos de mega-impactos, denominados transfronterizos, que convergen, para muchos autores, en tres aspectos sobresalientes:

- degradación de la capa de ozono,
- alteraciones en el efecto invernadero,
- y destrucción de masas boscosas por la lluvia ácida, en conjunción con otras causas más complejas

Pero a los mega-impactos, que han dado y dan lugar a las modificaciones y efectos indicados, habría que unirles otros no menos significativos, asimismo de carácter transfronterizo, y con repercusiones, a mayor o menor largo plazo, en la totalidad de la Tierra.

Sin ser demasiado exhaustivos, en este listado se deberían incluir:

- Los grandes derrames de productos petrolíferos (sobre todo crudos y fuel-oil), por accidentes, en áreas oceánicas y zonas portuarias, con todas sus consecuencias en ecosistemas marinos, en sentido amplio, y litorales sensibles, en dominios internacionales o ámbitos multi-estatales.
- Las contaminaciones de las macro-redes hidrológicas. Por ejemplo, la mercurización por prácticas mineras, en la obtención intensiva de oro, en la cuenca de la Amazonía. La contaminación de las aguas superficiales puede inducir a otra, en las aguas subterráneas.
- Los incendios "provocados", a escalas regionales inusitadas, como los ocurridos en la Amazonía, para la reclasificación de suelos, y en dependencia con otras actuaciones, que llevaban a especulaciones del territorio. Con estos incendios, se incorporaban a la atmósfera cantidades significativas de CO₂, metano, ozono y otros productos, con sus efectos colaterales en la evolución de la capa estratosférica de ozono y en los cambios del efecto invernadero, entre otros. Pero además, estas grandes deforestaciones, como todas, inciden en la caída de los procesos de evaporación de las aguas de lluvia, con sus implicaciones en la probabilidad de presentación y caracterización de las precipitaciones, a escalas regionales, tanto en las zonas implicadas como en otras, más o menos próximas.

La sustentabilidad "doméstica" está ligada a los impactos que derivan de la ejecución de proyectos puntuales, en unidades ambientales concretas. Por ejemplo, de los impactos referentes a la instalación y explotación de una camaronera, en un territorio de manglar.

La sustentabilidad "doméstica" no pierde interés por el hecho de su localismo. La suma e interacciones de impactos ambientales locales, producidos de forma intensiva en el espacio y en el tiempo, con sus posibles efectos acumulativos, muchos de ellos prácticamente irreversibles, pueden desembocar en alteraciones de los factores y procesos abióticos y bióticos, en sistemas mucho más amplios, susceptibles de llegar a regionales, según los casos. Las repercusiones finales podrían o pueden llegar a niveles planetarios.

2. DESCRIPTORES DE SUSTENTABILIDAD: CONCEPTOS, CLASIFICACIONES Y EVALUACIONES.

Los descriptores de sustentabilidad corresponden a las respuestas, valoradas semi o cuantitativamente, de forma numérica, de las perturbaciones (impactos positivos o negativos) en los procesos y efectos, y/o en sus causas, que rigen la formación y el equilibrio de los sistemas ambientales, ante determinados proyectos de desarrollo, o usos ya existentes.

Como ejemplo de descriptor de sustentabilidad, se puede indicar la rotura del perfil de equilibrio, por profundización (extracción de áridos), de un fondo de arenas sueltas, que actúe a modo de contención de una playa, más o menos disipativa, que forme parte de un sistema sedimentario, donde se encuentre una formación dunar solidaria.

Los descriptores de sustentabilidad, referentes a proyectos de desarrollo, pasan a ser parámetros en los cálculos de índices de uso.

Estos descriptores deben tener enunciados amplios, pero de forma tal que permitan:

- recoger, con precisión, las especificidades de un sistema en estudio,
- y valorar los desequilibrios que se desencadenarían, si se modificaran las causas, procesos y efectos que regulan al sistema en cuestión

Los descriptores se pueden clasificar de acuerdo con diferentes criterios o niveles de síntesis:

- en primarios y secundarios.
- de idoneidad y de permisibilidad,

- generales y específicos.

Un mismo descriptor puede pertenecer a varios de estos niveles de síntesis.

Los descriptores primarios corresponden a las alteraciones directas, por las acciones del proyecto o uso. En cambio, los secundarios, o de entrecruzamientos, representan a las alteraciones que provocan unos descriptores primarios alterados. Ésto es, no dependen directamente de las acciones antrópicas.

Los descriptores de idoneidad traducen el grado de "bondad" de las acciones del proyecto o uso. Descriptores de este tipo no hacen rechazable la intervención antrópica, aún en el caso de que alcancen las valoraciones más bajas posibles. De darse estas circunstancias de escasa o nula idoneidad, no implicarían una puesta en peligro de la sustentabilidad del territorio.

Los descriptores de permisibilidad son muy radicales. Describen si las repercusiones de las intervenciones antrópicas son admisibles o no, en el sentido de que impliquen impactos no excluyentes o excluyentes, en relación con la sustentabilidad de la unidad ambiental, ante un determinado proyecto o uso.

Los descriptores generales son aquellos que se podrían identificar en un número significativo de unidades ambientales, y sólo con ligeras matizaciones diferenciales, frente a una variedad considerable de proyectos o usos del territorio. En tanto que los específicos son los propios de una unidad territorial en concreto, respecto a un determinado proyecto o uso del territorio.

Cada descriptor de sustentabilidad se valorará numéricamente, mediante criterios muy concisos, expresados claramente, en relación con:

- el proyecto, o uso, que se trate,
- y el sistema específico, a intervenir.

En la evaluación de descriptores de sustentabilidad, se debe tener presente que el impacto negativo, en el caso de que se dé este signo, no es la alteración en sí, sino el grado de degradación que supone. Esto está de acuerdo con la expresión de que "el veneno no es la sustancia, sino la dosis" (Paracelso, in Lovelock, 1992).

En estudios de sustentabilidad, lo difícil es calcular la "dosis" admisible que, por interacciones con otras alteraciones, en principio tomadas como mínimas, no determinen "umbrales críticos" inadmisibles, simplemente por efectos acumulativos.

Principalmente hay que estudiar si el ecosistema, o mejor, el sistema "acotado", está críticamente desequilibrado, porque en esas circunstancias, un ligero cambio, una ligera alteración introducida gradualmente, en "dosis" aparentemente admisibles, podría producir, muy probablemente, y según las ideas de Lovelock (1992), una secuencia de eventos bruscos (Teoría del Caos).

Lo anterior, y en cierta medida, se oponen a los conceptos de "capacidad de absorción" y de "grado de fragilidad", con todas sus implicaciones, a la hora de manejar un territorio.

De aquí que se deba hacer un análisis "cruzado" entre causas, procesos y efectos que se alteran y el conjunto de factores y procesos geoambientales, bioambientales y contaminantes del sistema que se afecta.

Así, y en coherencia con todo lo anterior, la evaluación de una sustentabilidad no debería estar en dependencia con la calidad ambiental del territorio, sino con su equilibrio ecológico. Pero resulta mucho más difícil medir grados de desequilibrios que estimaciones de calidades.

Las medidas de desequilibrios suponen abstracciones más complejas y discusiones sobre tópicos más desconocidos, que llevarían a resultados quizás bastante alejados de la realidad. Con ello, se caería en exposiciones retóricas, más o menos bonitas, pero de una operatividad "práctica" que dejaría mucho que desear.

3. LOS PROCESOS Y EFECTOS GEODINÁMICOS, CON SUS CAUSAS, PARA LA DEFINICIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS GEODESCRIPTORES DE SUSTENTABILIDAD, EN ECOSISTEMAS.

En principio, cabría descartar que el hombre pueda influir en los procesos geodinámicos, o en sus causas, dado que éstos tienen lugar a escala de "tiempos geológicos", donde pierde significado, normalmente, las escalas de "tiempos históricos". Sin embargo, hay casos de interés, perceptibles en tiempos históricos, en que se dan estas modificaciones, que hipoteca al medio físico.

Entre los ejemplos de causas, procesos y efectos geológicos, que puede modificar el hombre, se encuentran los siguientes:

- Disminución de los recursos de un acuífero.
- Cambios geoquímicos en suelos y sedimentos en general.
- Aborto de formaciones coralinas arrecifales.
- Erosión generalizada en los litorales.
- Debilitamiento de la alimentación sedimentaria de las playas.
- Modificaciones drásticas de entornos lacustres.
- Modificaciones drásticas de desembocaduras de ríos.
- Y otros.

a). Disminución de los recursos de un acuífero.

Se podrían describir múltiples ejemplos que conlleven una disminución de los recursos de agua en un acuífero. Entre ellos, están, en zonas caribeñas, las actuaciones de sustitución del bosque tropical, que facilita la infiltración, por determinadas explotaciones agrícolas, como pueden ser las plataneras. Ante estos tipos de proyectos, progresivamente pierden caudales los arroyos y se secan fuentes, aparte de otros procesos ligados a esta dinámica de las aguas subterráneas.

Un efecto similar, de modificación de un acuífero, se podría dar al disminuir la permeabilidad del acuífero, ante una contaminación a gran escala, provocada por el hombre:

- de derivados del petróleo, o de su propio crudo,
- y de fangos, en medios arenosos.

Para el segundo supuesto, imagínese la rotura de una gran represa, que contenga una gran cantidad de limos y arcillas, en un entorno formado, aguas abajo, por un relieve llano y de naturaleza arenosa, que permite el desarrollo de un acuífero libre. El escenario descrito se da, con relativa frecuencia, en el levante peninsular español. Tras la rotura, los finos llegarían a las arenas y taponarían gran parte de los poros. Ello traería consigo que quedara muy menguada la capacidad de infiltración en estos materiales. Consecuencia de ello, sería que el acuífero quedaría bastante hipotecado. La obstrucción de los poros sería un efecto muy perdurable.

b). Cambios geoquímicos en suelos y sedimentos en general.

Un suelo y un depósito sedimentario están caracterizados, entre otras cosas, por su geoquímica. En función de esta, tendrán determinadas utilidades para el hombre y representarán un recurso.

Por otra parte, algunas actuaciones del hombre, como, por ejemplo:

- abuso de pesticidas y fertilizantes,
- inadecuados sistemas de riego,
- deforestaciones,
- etc.,

y determinados impactos, como la lluvia ácida, entre otros, pueden provocar efectos, que desencadenen cambios cambios geoquímicos en suelos y sedimentos. Estos cambios pueden llevar implícitos que los medios físicos afectados dejen de tener utilidad para el hombre, o queden muy alterados en el papel que juegan en el ecosistema. De esta forma, quedarían hipotecados por intervenciones antrópicas.

c). Aborto de formaciones coralinas arrecifales.

Las formaciones coralinas arrecifales se desarrollan en mares someros, de aguas limpias, agitadas y cálidas.

Determinadas intervenciones del hombre, en el litoral, pueden hacer que cambien algunos de estos condicionantes, indispensables para el desarrollo de las formaciones coralinas arrecifales. Frente a tales cambios, se produciría el hipotecamiento de unos de los tipos de “formaciones sedimentarias organógenas”. Ejemplo de estas actuaciones hipotecantes serían:

- Construcción y uso de un puerto-isla.
- Los vertidos masivos al mar.
- La tala intensiva de bosques litorales y de manglares. Estas actuaciones provocan la erosión del sustrato litológico y el aporte de materiales hacia el mar arrecifal, que aumenta su turbidez.
- Y otros.

d). Erosión generalizada en los litorales.

Los litorales retroceden ante un aumento del nivel medio del mar. Con esta transgresión, se destruyen las formaciones litológicas, que hacen frente a la acción erosiva del mar, y entran en inestabilidad sedimentaria las playas arenosas, que es otra forma de erosión.

La elevación del nivel medio del mar se puede deber, en parte, al incremento del efecto invernadero, correspondiente a actuaciones antrópicas. Concretamente, a la producción de CO₂, por la quema de combustibles fósiles y de biomasa vegetal actual.

Con esta acción erosiva del borde del mar, quedan hipotecados muchos espacios físicos litorales.

e). Debilitamiento de la alimentación sedimentaria de las playas.

Cuando se interviene en las laderas de las cuencas hidrológicas, cuyos ríos, o barrancos, desembocan en el mar, se puede modificar la llegada de aportes sedimentarios al litoral. Esto ocurre, fundamentalmente, ante dos tipos de intervenciones:

- con la construcción de presas, y
- con las repoblaciones forestales.

Frente a estos tipos de actuaciones, todas aquellas playas, que se alimentaran, básicamente, de los áridos transportados por las aguas encauzadas, que desembocan en el mar, se verían afectadas, deficitariamente, en sus solicitudes sedimentarias, y podrían llegar a situaciones de inestabilidades, tales que implicaran la insostenibilidad de estos medios físicos.

Sin embargo, se podrían llegar a circunstancias totalmente opuestas, en relación con procesos de talados incontrolados de bosques, incendios forestales provocados por el hombre, abandono de cultivos, entre otras actuaciones. A pesar de beneficiarse los ambientes de playa, por estas intervenciones, aparecen

otros efectos insostenibles, en determinadas áreas geográficas, como sería el avance de los procesos de desertificación, por ejemplo.

g). Modificaciones drásticas de entornos lacustres.

Como ejemplo, sea el escenario lacustre endorreico del Mar de Aral, que se localiza en el Asia Central. Este Lago, en su día, era el cuarto más grande del mundo, con una extensión de 65 000 kilómetros cuadrados. Sólo en la tercera parte del vaso se superaban los 10 metros de profundidad, lo que explica el grado, relativamente alto, de salinidad de sus aguas.

Los programas agrícolas de la antigua U.R.S.S. convirtieron este entorno en un área especial de producción de algodón, con aguas de regadío procedentes del Lago.

La sobre-explotación de agua para el riego trajo consigo que se redujera drásticamente el volumen de agua almacenada. Actualmente, el Mar de Aral supone un 40 % de lo que era.

Progresivamente, se produjo un doble aumento en la salinización:

- de las tierras desérticas que se regaban,
- y del propio Lago.

La doble salinización se explica fácilmente, en un contexto de cuenca endorreica. Las tierras se salinizaban, gradualmente, debido a la fuerte evaporación. Las aguas de escorrentía, retomaban las sales depositadas en la superficie y las llevaban al Lago. De esta forma, el Lago se salinizaba también. Los posteriores regadíos se realizaban con agua cada vez más salada, con lo que se acentuaba este proceso doble de salinización.

Llegó el momento en que las tierras de cultivo se abandonaron, por problemas de calidad del agua de riego y del propio suelo.

Con estas actuaciones, lo que ha quedado hipotecado son:

- El volumen relicto del agua del Lago, por el aumento de salinidad. Esto ha hecho desaparecer gran parte de sus recursos biológicos. Ahora, la pesquería es prácticamente inexistente.
- Y la parte del vaso desecado, en cuanto que en la actualidad no puede soportar ningún tipo de utilidad por sus contenidos en sales. Antes era el soporte de unos recursos biológicos, del medio lagunar, que ya no se pueden dar.

En cambio, aunque aparentemente aparece hipotecado, no lo es el área de desierto, que se aprovechó en su momento para el cultivo del algodón. Se ha pasado de un desierto inaprovechado a otro salino, que no permite su utilización agrícola. Estrictamente sí ha habido un cambio del ecosistema, con todas las repercusiones que ello supone.

h). Modificaciones drásticas de desembocaduras de ríos.

Todos los deltas son construcciones recientes en la desembocadura de los grandes ríos, siempre que supongan fuertes acarreo de sedimentos.

Los deltas representan a escenarios donde los procesos geodinámicos de erosión, transporte y depósito dan lugar a geomorfologías muy jóvenes, móviles y cambiantes.

Para que se formen deltas se precisan:

- Muchos caudales en los ríos.
- Millones de toneladas de materiales erosionados,
- Y el concurso de mares poco agitados, de mareas mínimas.

Últimamente, casi todos los deltas están amenazados por la generalización de los embalses. En algunos casos, se identifican, incluso, catástrofes ambientales, que traducen la ejecución de proyectos de desarrollo, de nula o de escasa sustentabilidad.

Un ejemplo de estos casos catastróficos está en la región deltaica del Nilo. La insostenibilidad se relaciona con el Represamiento de Assuán, que, entre otras cosas:

- Hace que disminuyan los aportes sedimentarios en la desembocadura del Nilo. Los áridos quedan atrapados en la represa.
- Y que decaiga la capacidad de transporte del Río, al disminuir su caudal.

Todo ello implica que se rompa el equilibrio entre la erosión en la desembocadura, el transporte y el depósito, que determinan el progreso del Delta del Nilo. Con la rotura del equilibrio, el Delta entra en una fase de retracción (de erosión neta), con todas sus consecuencias, básicamente de pérdida del biotopo, que sustenta a su biocenosis.

4. LISTA BASE DE DESCRIPTORES DE SUSTENTABILIDAD.

Descriptores de sustentabilidad, en relación con lagunas costeras.

En el manejo de lagunas costeras, o ambientes próximos (saladares, por ejemplo), el estudio de la sustentabilidad, de determinados proyectos, se estimará, en principio, conforme con una serie específica y peculiar de descriptores, de carácter general respecto a un conjunto de intervenciones, obviamente exógenas antropogenéticas (extraños e introducidos por el hombre). Un listado provisional, al efecto, sería:

Descriptores de idoneidad:

- a). Cómo repercutiría la intervención en la protección - conservación del medio ambiente en su conjunto. Coeficiente de importancia: 0.20.
- b). Grado de impacto paisajístico: Como se visualiza la intervención, y/o vertidos ocasionados por el uso del territorio. Coeficiente de importancia: 0.10.
- c). Efectos sobre la biocenosis que producen el levantamiento, o la eliminación, de tendidos de cables sub-aéreos, u otras estructuras, en el borde o a través de la laguna. Se considera, básicamente, la mortandad, por choques, en una avifauna a proteger. Coeficiente de importancia: 0.35.
- d). Removilizaciones muy localizadas y transitorias de los sedimentos, en el fondo de la laguna. La turbidez no debe producir efectos significativos en la biocenosis. Coeficiente de importancia: 0.20.
- e). Actuaciones en el entorno próximo (en la vegetación de borde), que conlleven una caída en la aportación de materia orgánica a los mares vecinos, desde la laguna. La productividad y riqueza de los ecosistemas marinos dependen, en parte, de estas aportaciones. Coeficiente de importancia: 0.05.
- f). Alteraciones en la unidad territorial por las características de la infra-estructura subsidiaria para el proyecto, previas y a realizar en el territorio propiamente dicho y/o en su área circundante. Coeficiente de importancia: 0.05.
- g). Modificaciones en el usufructo de la laguna. Coeficiente de importancia: 0.05.

Descriptorios de permisibilidad.

A). Conformidad del proyecto con los usos y explotaciones regulados por la legislación, referente a la conservación de espacios naturales bajo protección.

B). Todas aquellas perturbaciones, que repercutan:

- en las áreas de refugio (dormitorio) y reproducción animal de interés,
- y en las áreas de hibernada, para aves migratorias,

del ecosistema.

C). Destrucción, u ocultación, de singularidades geológicas, de interés por su rareza científica y/o por representar recursos didácticos muy interesantes, ausentes en entornos de carácter regional.

D). Cambios físico-químicos (temperatura, contenido en oxígeno disuelto, salinidad, pH, etc.), que rebasen, por separado, o en conjunción, el umbral crítico de tolerancia, a partir del cual hay letalidad, en mayor o menor grado (total o parcial), en la biocenosis lagunar. Se tiene presente si se atenta:

- a la singularidad biológica,
- y a la supervivencia de unas posibles especies raras, o en peligro de extinción, del ecosistema.

De este factor general, se deriva una serie de factores particulares, a modo de despliegue de un menú, que se recogen en los descriptorios que se enuncian a continuación.

E). Recepción de aguas residuales, tanto industriales como urbanas, en lagunas con restingas arenosas. Los cambios físico-químicos, ligados:

- a la contaminación,
- a la turbidez que se origina,
- y a la obstrucción de la porosidad, por los fangos “negros”,

en el ambiente arenoso y en las aguas embalsadas pueden:

- Crear condiciones desfavorables para los organismos filtradores. Las partículas tapan los sistemas de alimentación y filtración de los mismos.
- Llegar al límite de la letalidad de muchas especies de la biocenosis lagunar, por las nuevas condiciones físico-químicas introducidas.
- Desarrollar condiciones poco propicias para el establecimiento de comunidades maduras.
- E impedir la renovación del agua, por una circulación lateral-vertical, por lo que perdura las condiciones adquiridas de letalidad. La circulación lateral se relaciona con el intercambio con el mar abierto y la vertical en relación con la llegada de aguas dulces o salobres, a través de surgencias.

F). Incrementos artificiales de áridos en la “barra” de sellado de la laguna, de forma tal que se impidan los reboses naturales de agua desde el mar y la formación de inlets, o comunicaciones naturales, entre mar abierto y aguas retenidas, con los temporales. La obstaculización de estos intercambios pueden repercutir en las condiciones físico-químicas, que regulen la vida de la biocenosis lagunar.

G). Construcción de obras, que modifiquen las peculiaridades naturales del biotopo, y con ello, muchos de los condicionantes de su biocenosis. Un caso particular sería las obras que alteren los aportes de agua a la laguna. Por ejemplo, abertura de una bocana. Esto último implicaría cambios en las características ambientales, con sus repercusiones en los organismos vivos del medio.

- H). Removilizaciones significativas de los sedimentos, por actuaciones mecánicas en el fondo. La turbidez puede producir efectos sensibles en determinadas especies de la biocenosis. De esta manera, se alteraría la cadena trófica del ecosistema.
- I). Actuaciones en áreas próximas, o dentro del ambiente, que impliquen modificaciones en los aportes sedimentarios hacia la laguna y en la deposición de los áridos en ella. Por tales motivos, se alteraría la batimetría lagunar, que, a su vez, provoca cambios en los factores físico-químicos del medio acuático, que regula la vida en el ecosistema.
- J). Creación de barreras físicas internas, que perturben el diagrama de transporte de sedimentos, en el medio lagunar. Esto trae consigo cambios batimétricos, con sus efectos en la biocenosis.

En un contexto de lagos no “costeros”, se tendría que eliminar muchos de los anteriores descriptores generales, e introducir otros. Sirva de ejemplo, de un nuevo descriptor, los efectos contaminantes, tanto de la masa acuosa como del sustrato, por vertido de aguas residuales, ya sean domésticas como industriales, respecto a los recursos de disponibilidades hídricas, del propio cuerpo de agua como de los acuíferos subsidiarios, para actividades antrópicas.

Descriptores de sustentabilidad, en relación con instalaciones y explotaciones de camaroneras.

El soporte de formulación, de estos descriptores, podría estar en muchos de los parámetros del índice de uso, de las instalaciones y explotaciones de las camaroneras. Según los casos concretos, se eliminarían algunos de éstos y se introducirían otros.

Conforme con estos parámetros extrapolables, una primera batería provisional de descriptores se diseñaría como sigue:

Descriptores de idoneidad.

- a). Efectos en el equilibrio ecológico acuícola, de la unidad territorial, y/o ecosistemas próximos.
- Coeficiente de importancia: 0.190.
- b). Perturbaciones en la biomasa de la zona ocupada, de borde e interpuesta, por la instalación de la propia camaronera y por la construcción de infra-estructuras viarias y de servicios.
- Coeficiente de importancia: 0.190.
- c). Efectos sobre la biocenosis, que produce el levantamiento de tendidos eléctricos, requeridos por la camaronera.
- Coeficiente de importancia: 0.190.
- d). Posibles cambios en el micro-clima, por la instalación de la camaronera.
- Coeficiente de importancia: 0.064.
- e). Grado de distorsión paisajística, por la visualización de la instalación, en un entorno con una alta calidad del paisaje, que se utiliza como escenario recreacional-turístico, o tiene potencialidad para ello.
- Coeficiente de importancia: 0.238.
- f). Alteraciones de los procesos y efectos de erosión y sedimentarios.
- Coeficiente de importancia: 0.128.

Descriptorios de permisibilidad

- A). Atentado nulo o efectivo a una biodiversidad de muy alto significado, en relación con su contenido en especies vegetales o animales raras o en peligro de extinción, por ocupación física del sustrato, que llevaría a la destrucción de biomasa, por introducción de especies exóticas o por otras causas.
- B). Probabilidad de que se llegara al umbral crítico de tolerancia, en relación con la letalidad de una biocenosis significativa a proteger, del ecosistema acuícola de la unidad territorial.
- C). Alteración o destrucción, nula o efectiva, de ecosistemas acuícolas significativos periféricos, por enterramientos u otras causas, achacables a los procesos y efectos colaterales, que implicarían unas obras o actividades propias o anexas a la camaronera.
- D). Construcción de obras marítimas, por exigencias de la camaronera, que impliquen obstaculizaciones significativas en los aportes sedimentarios, hacia áreas sensibles, de especial valor ecológico, como pueden ser ciertos manglares, con un alto grado de biodiversidad.
- E). Obstaculización significativa, por intervenciones realizadas, a requerimientos de la camaronera, de la alimentación sedimentaria de una playa arenosa, de interés, ubicada aguas abajo.
- F). Retroceso generalizado de la línea de costa, en un tramo significativo del litoral, por las obras inherentes a la camaronera.
- G). Destrucción, u ocultación, de singularidades geológicas, de interés por su rareza científica y/o por representar recursos didácticos muy ilustrativos, ausentes en entornos de carácter regional.
- H). Ocupación de un área de especial significado etnográfico-histórico-artístico.

Las descripciones oportunas y las peculiaridades del conjunto de estos descriptorios, de idoneidad y de permisibilidad, son prácticamente los mismos que los correspondientes a los parámetros, con enunciados homólogos, del índice de uso.

Descriptorios de sustentabilidad, en relación con el manejo de playas.

La guía procedimental, para el estudio de los impactos físicos en una playa, en lo referente:

- tanto a los procesos,
- como a los efectos sedimentarios,

se diseña de acuerdo con baterías de preguntas, conforme con las acciones de proyectos de desarrollo, o de usos ya existentes.

Los impactos se miden e interpretan según metodologías específicas.

Las identificaciones, con sus evaluaciones, de estos impactos, constituyen descriptorios para estudiar la sustentabilidades de los proyectos, en la playa a intervenir.

En principio, para los ambientes de playa, se podrían formular las preguntas “guiadas”, que deben permitir el diseño de los descriptorios más significativos de sustentabilidad, en relación con las obras marítimas. Los bloques de preguntas se hacen en función de la clasificación estructural de las obras de defensa de las costas. Unas tentativas de estos bloques de preguntas serían:

a). Interrogaciones para el diseño de descriptorios de sustentabilidad, en relación con los muros.

1. ¿Habrían removilizaciones de sedimentos y transportes de los mismos?.

2. ¿Tendrían lugar acreciones y/o erosiones a barlomar y sotamar de la obra?
3. ¿Cómo serían las repercusiones sobre las corrientes de deriva?. Aquí se incluyen las posibles creaciones de barreras energéticas transversales.
4. ¿Se propagarían, aguas abajo, los procesos y efectos sedimentarios, determinados por la actuación?
5. ¿Hasta dónde llegaría la propagación de los anteriores procesos y efectos?
6. ¿Afectarían a otras playas, de aguas abajo?

b). Interrogaciones para el diseño de descriptores de sustentabilidad, en relación con los revestimientos.

A los descriptores del epígrafe anterior, habrían que añadirles estos otros:

1. ¿Cómo influye la intervención en las barras de arena, cuando una playa evoluciona entre estadios morfodinámicos, más o menos disipativos y reflectivos?
2. ¿Qué repercusiones habrían de esperarse en el sector más interno de un depósito de arenas, cuando se influye en las barras de una playa, que evoluciona de disipativa a reflectiva, y viceversa?

c). Interrogaciones para el diseño de descriptores de sustentabilidad, en relación con obras transversales, en un litoral con transporte neto de deriva.

1. ¿Cómo se interfieren los transporte de deriva?
2. Una obra transversal aislada, o la primera, aguas arriba, de un campo de estructuras transversales, ¿en qué medida provoca rip currents, con transportes de áridos, hacia fondos inactivos?
3. ¿Cómo influye el diseño morfológico, en planta, en el desarrollo de esos rip currents?
4. Cuando se construyen campos de obras transversales, ¿cómo influye la parametrización de estas obras, para que se formen rip currents internos, con sus consiguientes implicaciones en las inestabilidades de los depósitos de arena?
5. ¿Qué procesos y efectos habrían de esperarse, a barlomar y a sotamar de las estructuras, o del conjunto de estructuras? ¿Bajo qué circunstancias?
6. Y, en general, ¿cómo repercuten las obras en las playas de aguas abajo? ¿Hasta dónde?

d). interrogaciones para el diseño de descriptores de sustentabilidad, en relación con obras transversales, en un litoral con transporte nulo de deriva.

1. ¿Cuáles serían ahora las respuestas a la anterior batería de preguntas?
2. ¿Qué pasa frente a ocasionales situaciones de temporales?
3. ¿Podrían quedar tramos de playas aislados sedimentariamente?

e). Interrogaciones para el diseño de descriptores de sustentabilidad, en relación con los diques exentos y arrecifes artificiales emergentes.

1. ¿Habría algún umbral de gradiente de sobre-elevación, del agua del mar sobre el estrán, para que se produzca un transporte de arena, a lo largo de la playa?

2. En el supuesto de una respuesta afirmativa, en la pregunta anterior, ¿cuáles serían las velocidades umbrales mínimas, en unas condiciones muy generales, sin considerar la muy activa participación de las variables topográficas y valores granulométricos de los áridos, entre otros?.
3. En el caso de darse esas velocidades umbrales mínimas, ¿cuáles son las alturas mínimas del oleaje?.
4. La parametrización del diseño del dique exento, ¿qué papel juega en la formación de hemitómbolos y tómbolos?.
5. ¿Cómo se interfieren los transportes de deriva? ¿A causa de qué? ¿Crean barreras energéticas transversales, que determinen transportes de áridos hacia fondos inactivos?.
6. ¿Qué repercusiones habrán en otras playas de aguas abajo?.
7. ¿Cómo repercute en la plantas de la playa la ecuación de equilibrio, que relaciona los transportes Q_p y Q_s ?.

f). Interrogaciones para el diseño de descriptores de sustentabilidad, en relación con la alimentación artificial de playas.

1. ¿Se debe a una intervención antrópica el déficit sedimentario de una playa, que gozaba de buena salud sedimentaria, y que ahora precisa de una alimentación artificial?.
2. Si se corrigen esas causas, para evitar la alimentación artificial, y para que entre en funcionamiento una regeneración natural, con efectos apetecibles en un plazo de tiempo razonable, ¿qué otras posibles repercusiones habrían en el conjunto del litoral?.
3. ¿Qué ocurriría si se pretendiera optimizar una playa, mediante una alimentación artificial, sin analizar las causas que han determinado la degeneración del depósito sedimentario?.
4. ¿Cuál sería la cuantía de una alimentación artificial, para llegar a un depósito óptimo? ¿Con qué variables y estimaciones se tendría que jugar?.
5. ¿Qué tasa media de pérdidas de arenas se espera que haya? ¿Con qué periodicidad, y con qué cuantía, habría que hacer realimentaciones, para tener una playa con un depósito en condiciones óptimas? ¿En qué se basarían las predicciones?.
6. ¿Qué características deben reunir las arenas para una alimentación artificial, que no produzcan impactos en el ámbito de regeneración?.
7. El conocimiento y la comprensión de los diagramas de transporte, en la playa, ¿se tendrán presentes en las metodologías de la alimentación artificial, para minimizar los impactos negativos?.
8. ¿Se esperarían repercusiones, con la alimentación artificial de una playa, en otras, de aguas abajo? Una intervención dada, ¿provocaría impactos estéticos, y físicos en general, en otras playas, si les llegaran los áridos de la alimentación? ¿Se debería a un empleo de áridos de características contrastadas, respecto a los de la provincia morfodinámica, en que se encuentra la playa a optimizar?.
9. La alimentación artificial, ¿provocaría el aterramiento de praderas de algas o de gramíneas marinas, instaladas en la playa sumergida del territorio a intervenir? ¿O sólo se enturbiaría el medio físico de estas praderas? La turbidez, ¿provocaría la regresión de una pradera de algas o de gramíneas? Con la destrucción de praderas, ¿se atendería a la defensa física de las playas?.
10. ¿Qué problemas presentarían, para el usuario, el empleo de áridos de machaqueo, procedentes de una cantera? ¿Y en relación con la dinámica litoral?.

11. El diseño de la planta de una orilla, ¿cómo repercutiría en la estabilidad de la alimentación artificial? ¿Según que metodologías se configuran las plantas en proyectos?. Esas configuraciones, ¿podrían producir impactos?.
12. Las fuentes de aportes, ¿estarían en la propia playa a regenerar? ¿O habría que recurrir a fondos sumergidos de otras playas?. En cualquier caso, ¿qué repercusiones físicas colaterales podrían darse?.

Descriptores de sustentabilidad, en relación con la extracción de áridos, desde bancos sumergidos, para las alimentaciones artificiales de playas.

Los descriptores que se precisan para el estudio de la sustentabilidad de una extracción de áridos, desde un banco sumergido, se podrían obtener a partir de esta otra serie de interrogantes:

1. ¿Cómo se afectarían los fondos a explotar? ¿Habría de esperar que evolucionara el perfil de equilibrio, conforme con la “Regla Bruun”? ¿Actuarían las corrientes litorales y/o las oscilaciones infragravatorias como mecanismos en el reajuste del perfil de equilibrio?.
2. ¿Se identificaría un efecto de “excavación remontante”, a causa del reajuste del perfil de equilibrio? ¿Cabría prever otros efectos?.
3. Cualquiera de los efectos de reajuste del perfil de equilibrio, ¿llegaría hasta la orilla de una playa? ¿Cuáles serían las repercusiones en este sector de playa? ¿Podrían provocar una inestabilidad sedimentaria, o que se acentúe esta, si es que ya se daba?.
4. ¿Se alterarían los procesos de erosión y de transporte de áridos, lo que a su vez repercutiría en los efectos de deposición sedimentaria, en el conjunto del área de influencia de la intervención de extracción?.
5. ¿Se destruirían las contenciones, o sustentaciones, de los depósitos playeros de áridos? ¿Se daría el caso particular de la destrucción de barras sumergidas, que actúen como contenciones de los depósitos sedimentarios, y/o como mitigantes de la energía del oleaje?.
6. ¿Se verían afectadas la destrucción total o parcial de praderas de vegetación, como las de posidóneas (Posidonea oceánica) ? ¿Qué repercusiones, y en qué medida, tendrían en la dinámica sedimentaria de las playas, la destrucción de praderas de vegetación?.
7. En el marco de que las playas “donantes” sean sistemas sedimentarios abiertos o cerrados, y de que las zonas a explotar se encuentren en ámbitos disipativos, o no, ¿habrían, o no, disequilibrios sedimentarios, cuyas repercusiones alcanzaran a las zonas más internas de las playas? ¿Se explicarían basculaciones sedimentarias entre el estrán y la playa sumergida, que tengan características de impactos físicos provocados?.
8. La explotación de unos fondos, ¿tendrán repercusiones en los procesos y efectos físicos de otras playas próximas?.

5. EJEMPLOS DE APLICABILIDAD DE DESCRIPTORES GENERALES DE SUSTENTABILIDAD.

Primer caso.

Sea el descriptor “cambios físico-químicos”. Por convenio, en este descriptor queda excluida la turbidez por removilizaciones u otras causas, y los contenidos en nutrientes.

Este descriptor, referido a una laguna costera, comprendería las características estándar de:

- temperatura,

- contenido en oxígeno disuelto,
- salinidad, y
- pH.

Para valorar numéricamente al descriptor, después de una intervención antrópica, se utilizaría un cuadro de referencia. En el caso más general, este cuadro tendría en cuenta un doble efecto:

- Cómo repercuten las alteraciones introducidas en los procesos de sedimentación, básicamente en la sedimentación por precipitación química.
- Y cómo influyen estas alteraciones sobre la biocenosis, sin obviar que la precipitación química puede influir, a modo de descriptor secundario, en el desarrollo de los organismos vivos.

Dentro de un contexto de simplificación, de forma provisional, y a modo de propuesta de pauta a seguir, se diseña un cuadro de referencia, tabla 5, conforme con los efectos sobre la biocenosis. Este se deberá modificar, después de haber sido discutido por un equipo multidisciplinar. De todas formas, cualquier cuadro de referencia será operativo, o válido, siempre que su confección se haga en función de un proyecto en concreto, y para un escenario determinado.

CRITERIOS	PUNTUACIÓN
Se favorece la restauración de especies propias del ecosistema, que habían desaparecido por unas condiciones desfavorables.	de +10 a + 08
Se favorece la recuperación de especies significativas, que se encontraban en situación precaria, y que intervienen decisivamente en el equilibrio ecológico.	de + 07 a + 05
Se favorece la recuperación de unas pocas especies, que aparentemente carecen de importancia en el equilibrio ecológico.	de + 04 a + 00
No se producen alteraciones en la biocenosis.	0
Se llega casi al límite de la letalidad de muchas especies de la biocenosis.	de 00 a - 05
Letalidad de algunas especies de la biocenosis	de - 06 a - 08
Letalidad total de la biocenosis.	de - 09 a - 10

Tabla 5

Cambios físico-químicos en las aguas de lagunas costeras. Efectos sobre la biocenosis.

Segundo caso.

Sea la turbidez que se crea en un medio acuoso.

Este descriptor se podría aplicar, de nuevo, a una laguna costera.

Supóngase que esta laguna:

- Está completamente cerrada, separada del mar por un brazo de arena (una “restinga” o “barra”, dependiente, o no, de una flecha). Sin embargo, esta “restinga” es fácilmente rebasada por oleajes, y puede romperse (desarrollar inlets), en algunos sectores y durante ciertos intervalos de tiempo, ante fuertes temporales. Además, se da una circulación lateral de agua, en un doble sentido, a través de las arenas de la barra, en relación con los cambios de mareas y otras circunstancias oceanológica.

- Encierra surgencias de aguas dulces - salobres.
- Recibe aguas residuales (servidas), de unas urbanizaciones cercanas.
- Se encuentra en la desembocadura de un barranco, que esporádicamente lleva aguas.
- Tiene en sus proximidades una camaronera, que vierte aguas con suspensiones de finos, en relación con las operaciones de mantenimiento.
- Y soporta actuaciones mecánicas antrópicas, en su fondo.

De acuerdo con las hipótesis asumidas, la turbidez podría tener una cuádruple causa:

- Las suspensiones de finos (limos y arcillas), acarreados por el barranco y por los desagües de la camaronera.
- Las descomposiciones de materia orgánica.
- Las removilizaciones, por las obras mecánicas, en el lecho de la laguna. La turbidez dependería de la puesta en suspensión de sedimentos.
- Y los vertidos de aguas residuales. La turbidez se debería a la presencia de los fangos “negros”.

Los efectos de la turbidez se dejarán sentir:

- en el depósito de las arenas,
- en la columna de agua, y
- en la biocenosis lagunar.

Luego, se precisaría de un triple cuadro referencial, para evaluar la sustentabilidad del descriptor. La estimación cuantitativa, numéricamente, corresponderá, en principio, al valor integrado de las tres medidas, según sus coeficientes de importancia relativa, espacial, temporal y de probabilidad de presentación. Aquí, se habría obviado posibles repercusiones cruzadas, que se establecerían entre estos tres aspectos, y que ciertamente se tendrían que considerar.

Específicamente, para los efectos en el depósito de arena, se propone evaluar al descriptor, en una primera tentativa, de acuerdo con el cuadro referencial, que se recoge en la tabla 6.

CRITERIOS	PUNTUACIÓN
La circulación inter-granular del agua tiene la intensidad suficiente como para impedir la obstrucción lateral y la vertical	0
Se produce una obstrucción parcial lateral entre los granos de la arena.. El fondo de la laguna queda muy fuertemente obstruido	de 00 a - 07.5
Se produce una obstrucción total entre los granos de las arenas del fondo. La obstrucción lateral puede llegar a ser completa. La renovación del agua, por infiltraciones, se encuentra muy debilitada, o incluso es nula.	de -07.5 a -10

Tabla 6

La turbidez en las aguas de las lagunas costeras. Efectos sobre los depósitos de arena.

Entre los efectos en la biocenosis, que afectan al equilibrio ecológico, y respecto sólo a secuelas de las intervenciones antrópicas, están:

- Los cambios físico-químicos, que implican las perturbaciones en las renovación de las aguas, por la obstrucción, entre los granos de arena..
- La obstrucción de los conductos de los organismos filtradores, por las partículas en suspensión. Queda alterado uno de los eslabones de la cadena trófica.
- Formación de pantallas a la luminosidad, que afecta a los productores primarios.
- Protección de ciertos organismos, ante los predadores.
- Y otros.

En el cuadro, o cuadros, de referencia, para la evaluación de los efectos que se producen en la biocenosis, en dependencia con actividades antrópicas, se tendrá presente todo lo anterior.

CAPÍTULO 9

LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD. SUS APLICACIONES AL CASO DE LAS CAMARONERAS.

ESQUEMA:

1. Indicadores de sustentabilidad: Conceptos y clasificaciones.
2. Metodología de cálculo de indicadores específicos.
3. Ejemplo de estimación de un indicador de sustentabilidad, en un ecosistema dado.
4. Diseño de un prototipo de camaronera, para un escenario geográfico específico, y estimación de su indicador de sustentabilidad.

1. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD: CONCEPTOS Y CLASIFICACIONES.

Un indicador de sustentabilidad corresponde al valor que da una expresión analítica, que combina, mediante las opciones operacionales apropiadas, las mediciones numéricas de los descriptores de sustentabilidad, con sus respectivos coeficientes.

Un indicador de sustentabilidad traduce, globalmente, el “riesgo” de perderse el equilibrio en un sistema, o de hacerse más desequilibrado, con hipotecas de sus recursos, por las intervenciones antrópicas. Los descriptores, de este indicador, sólo muestran “riesgos” parciales de hipotecas, pero que pueden provocar repercusiones generales, por concatenaciones cruzadas, entre las alteraciones provocadas por el hombre, en las variables, los condicionantes, las dependencias y las causas que definen y hacen evolucionar al sistema, hacia un equilibrio.

Un indicador de sustentabilidad, en general, y sus descriptores, en particular, permiten valorar las acciones de un proyecto concreto de desarrollo, en un sistema determinado. Un análisis de esta valoración debe conducir a la calificación del proyecto como sustentable o no. Si se diera el último de estos supuestos, un análisis del indicador precisaría qué acciones, y en qué medida, se tendrían que modificar, para alcanzar la sustentabilidad (un desarrollo sostenido).

Un sub-indicador estaría configurado por ecuaciones parciales, que intervendrán en otras más complejas o completas.

En principio, los indicadores de sustentabilidad serán generales o específicos, según partan, respectivamente, de unos descriptores válidos, que se puedan aplicar a situaciones:

- genéricas, o
- particulares.

En ambos casos, se opera de la misma manera.

2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE INDICADORES ESPECÍFICOS.

En la estimación de indicadores de sustentabilidad, previamente se han de seguir los siguientes pasos:

1. Se seleccionan, o diseñan, los descriptores a considerar.

2. Se analizan cada uno de los descriptores, para clasificarlos como de idoneidad o de permisibilidad, respecto al proyecto o uso en cuestión, en un territorio dado.
3. Se evalúan numéricamente cada uno de los descriptores clasificados, de acuerdo con unos criterios claros, que tiendan, en la medida de lo posible, a la objetividad, establecidos por un equipo multidisciplinar.
4. Se atribuyen a los descriptores sus correspondientes coeficientes de importancia, espaciales, temporales y de probabilidad de presentación, en tantos por uno.

Para el cálculo de un indicador específico de sustentabilidad, se puede aplicar una expresión donde:

- a). Los descriptores de idoneidad, con sus coeficientes, aparezcan como sumandos. Los valores de estos estarán dentro de una escala arbitraria, por ejemplo, entre -10 y +10.

En el caso hipotético de una calificación positiva máxima, en todos los descriptores, los coeficientes de importancia relativa harán que no se rebase la escala establecida

- b). Y donde los descriptores de permisibilidad se encuentren como multiplicadores de toda la expresión matemática. Los valores de estos descriptores serán:

- "+1", cuando describan una garantía de sustentabilidad, tras la realización del proyecto, y
- "-1", si el proyecto llevara a un hipotecamiento.

Según las premisas anteriores, la expresión matemática se configura como sigue:

$$I_s = \left[\sum_{i=1}^n k_i e_i t_i p_i N_i \right] M$$

donde:

I_s = indicador de sustentabilidad.

k_i = coeficiente de importancia parcial, en tantos por uno.

e_i = coeficiente espacial, en tantos por uno.

t_i = coeficiente temporal, en tantos por uno.

p_i = coeficiente de probabilidad de presentación, en tantos por uno.

N_i = valores de los descriptores de idoneidad, en una escala de -10 a +10.

n = número máximo de descriptores de idoneidad.

M = Parámetro de permisibilidad, que tomará los valores de +1 ó -1.

En relación con el parámetro de permisibilidad M , el valor de +1 querrá decir que todos los descriptores de permisibilidad son positivos. El valor de -1 significará que por lo menos hay un descriptor negativo de permisibilidad.

Después de operar, un valor por encima de cero, traduce que no hay hipoteca generalizada. Los aspectos positivos que se introducen superan a los posibles negativos “asumibles”. No hay aspectos negativos excluyentes.

Un valor de +10 se debe leer como que no hay ningún tipo de hipoteca en la unidad ambiental, de acuerdo con los descriptores considerados, y que, además, se ha optimizado la unidad ambiental en cada uno de sus aspectos.

En el supuesto de que la sumatoria fuese cero, el proyecto se realizará si el parámetro M es positivo. En este caso, la sumatoria “nula” indica que el proyecto ni hipoteca ni optimiza el territorio. Los aspectos negativos “recuperables”, que conllevan algunos descriptores de idoneidad, serían compensados por los aspectos positivos de otros.

Si la sumatoria es negativa, el proyecto sería rechazable, independientemente del valor del parámetro M. Los aspectos positivos no compensarían a los negativos, y la acumulación de estos últimos, aunque sean “asumibles” por separado, harán que el proyecto o uso se clasifique como inadmisibles.

La metodología gozaría de “bondad” siempre que los indicadores, en un mismo sistema, discriminen, significativamente, y en relación con sus valores numéricos, distintos proyectos o usos, que tendrían evaluaciones de impactos bastante diferenciados o distanciados, por estimaciones o jímétricas apriorísticas.

3. EJEMPLO DE ESTIMACIÓN DE UN INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD, EN UN ECOSISTEMA DADO.

Escenario geográfico del ejemplo.

Sea el caso de la Charca de Maspalomas. Esta se localiza en el extremo meridional de la Isla de Gran Canaria (Canarias, España). Sus coordenadas son:

27° 44'00" N y
11° 35'00" W.

Se trata de una depresión costera ubicada en la desembocadura del Barranco de Fataga. Tal depresión determina una pequeña laguna de aguas salobres, con una superficie aproximada de 54 314 m². La profundidad no rebasa los 2 metros.

El sistema lacustre forma parte del espacio natural protegido de las Dunas de Maspalomas, y limita con un bosque de palmeras y una área turística de alta densidad urbana, ambas imbricadas entre sí.

Caracterización del ecosistema.

Se podría considerar a la Charca de Maspalomas como una laguna litoral, de aguas salobres, próxima a una albufera. La geomorfología antecedente, una “caleta”, corresponde a la desembocadura del Barranco de Fataga.

La restinga sería una flecha arenosa apoyada, como respuesta a transportes de orilla, ciertamente debilitados, de sentido E-W, en dependencia con el oleaje refractado del N-NE. La singularidad negativa, que provocó el desarrollo inicial de la flecha, está en el extremo del brazo oriental de la barra, que taponó a la desembocadura.

En el entorno de Canarias, el oleaje del N-NE tiene su dominancia, normalmente, desde primavera hasta mediados de otoño.

Con los temporales habituales, la restinga se solía romper localmente, lo que facilitaba la renovación de las aguas de la Charca. Sin embargo, en los últimos años, estos procesos no tenían lugar, ya que se

dificultaba la rotura, a causa de la acumulación artificial de arenas, para su ocupación por hamacas (tumbonas). No obstante, los temporales inusitados provocaban y provocan la rotura de esta barra, con lo que las aguas de la Charca se acercaban o acercan, ocasionalmente, a su equilibrio natural.

Las aguas de la Charca son salobres y resultan de los siguientes procesos:

- infiltraciones laterales del agua del mar, relacionadas con las mareas,
- reboses superficiales, en periodos de temporales, y
- surgencias de aguas subterráneas, incrementadas por aportes procedentes de aguas de riego.

Las infiltraciones laterales y las surgencias se dificultaban, de forma natural, por tupimientos de las porosidades entre las arenas, a causa de:

- La deposición de fangos, procedentes de la descomposición y fermentación de restos orgánicos, procedentes de vegetales y animales, propios de la Charca.
- La deposición de limos, transportados por las aguas del Barranco de Fataga.
- Y por la floculación en el interior del ambiente.

La floculación se realiza, en principio, a partir de materiales arcillosos, partículas menores a 1/256 mm, que se comportan como coloides, con cargas eléctricas. Los iones Na^+ , del agua del mar, neutralizan las cargas eléctricas negativas de las arcillas en disolución, y provocan su separación del agua y caída por gravedad. Dado el pequeño tamaño de estas partículas, se rellenan los huecos disponibles entre las arenas.

Las arcillas podrían proceder de los transportes, por las aguas del Barranco.

Como consecuencia de estos tres procesos, se reduce drásticamente la permeabilidad del vaso y, como consecuencia, el doble flujo entre la Charca y el exterior.

A lo largo de ciclos anuales, las variaciones del nivel del agua denotan pronunciados ascensos y descensos. Si se toma como representativo lo acontecido entre mayo de 1994 y marzo de 1995, la evolución normal del nivel del agua determina un mínimo en mayo, y un incremento progresivo durante el verano, con el pico más acusado en octubre. La diferencia, entre estas dos situaciones extremas, describe una variación de volumen, del agua contenida, de 8 157 m³ aproximadamente.

A estas estimaciones, hay que añadir las variaciones que provocan las avenidas ocasionales del Barranco de Fataga y los reboses del mar, con los temporales.

Las características físico-químicas del agua, medidas entre marzo de 1994 y marzo de 1995, a las 12.00 y 18.00 horas solares, se resumen de la siguiente manera:

- a). Salinidad: entre 22^{o/oo} y 43^{o/oo}.
- b). pH: entre 7.57 y 9.51.
- c). Oxígeno disuelto: entre 1.12 y 8.70 mg/l.
- d). Temperatura: entre 19.0 y 32.2 grados centígrados.

El contenido botánico de la Charca de Maspalomas está formado, significativamente;

1. Por algas verdes, de la familia de las Charáceas, concretamente por:

- La Chara globularis, que soporta una alta salinidad marina, y que existía antes de la recuperación.

- Y la *Lamprotamiun succintun*, que, por lo contrario, no soporta una alta salinidad marina. Apareció después de la limpieza de 1987, sin una siembra antrópica.

2. Y por Fanerógamas marinas, la *Rupia marítima*, que se desarrolla antes y después de la limpieza, pero que actualmente se encuentra en regresión: de cubrir toda la Charca, ha pasado a representar pequeñas manchas.

El contenido zoológico, del medio acuático, más significativo, antes y después de la limpieza de 1987, queda restringido a los peces:

- *Liza aurata* (70.8 % de la biomasa total),
- *Chelon labrosus* (18.1 %),
- *Diplodus sargus* (5.4 %), y
- *Dicentrarchus punctatus* (3.9 %).

La biomasa total de peces está en torno a 230 kg. (1993 - 1995).

El proceso de degradación antrópica de la Charca.

Hasta las proximidades del año 1972, la Charca gozaba de una salud relativamente aceptable. Los tarajales penetraban en las aguas, desde las dunas próximas, y, puntualmente, se tenían estampas que podían hacer recordar a iniciales manglares.

El biotopo sostenía:

- Una flora y fauna intrínseca, constituida por especies raras y en peligro de extinción, junto a otras más comunes.
- Y una fauna exógena (las aves migratorias), en determinadas épocas del año. El lugar se comportaba como una zona de refugio y/o descanso, de ciertas aves de paso.

Con el inicio de la ocupación urbanística, aparece una contaminación, fuertemente acústica y luminosa, que hace que la Charca deje de ser un lugar de paso de aves migratorias. Esto ya hace que el ambiente pierda calidad.

Por otro lado, se vertían las aguas residuales, de las urbanizaciones próximas. Esto traía consigo la aparición de fangos “negros”, que tupían, aún más los intersticios de las arenas y dificultaban los flujos de infiltración, al disminuir, considerablemente, la permeabilidad del vaso. Se superponían los tupimientos naturales y los inducidos por las actividades antrópicas. Todo lo anterior determinaba problemas en la renovación del agua, lo que, a su vez, repercutía en las condiciones físicas, que regulaban la estabilidad del ecosistema.

En la actualidad, los vertidos no se dan y, por otra parte, se realizó (otoño de 1987), una eliminación artificial de gran parte de los anteriores fangos (tanto orgánicos como “negros”).

En 1995, por la utilización de una ducha pública próxima, de los usuarios de la Playa de Maspalomas, hay un aporte de agua con productos “bronceadores” y similares, a la Charca, que podrían reproducir, en sectores muy puntuales de esta, efectos no deseables, parecidos a los originados, antaño, por las aguas fecales.

Considérese que la suma de pequeñas actuaciones, de por sí sólo poco importantes, podrían ocasionar la aparición de efectos significativos, para el conjunto del ecosistema (Teoría del Caos).

El proyecto de recuperación de la Charca.

Para resolver los problemas de contaminación de la Charca, en 1987 se llevó a cabo un Proyecto de Recuperación. Éste consistió, básicamente:

- En una desecación temporal de la Charca, mediante bombeo.
- En una extracción de arenas contaminadas del fondo y de los laterales.
- En una reposición de arenas limpias, que se extrajeron de las dunas próximas.
- Y, finalmente, en una abertura transitoria de la barra, para el llenado acuático de la Charca.

Se mantuvo el superávit sedimentario artificial sobre la barra, que dificultaba los reboses del agua del mar.

A partir de esta recuperación, periódicamente, casi todos los años, hasta 1992, durante el mes de abril o mayo, en coincidencia con la floración algal, se abría la barra (se labraban pasos o canales), para evitar problemas de anoxia, que producían la muerte masiva de peces. Un error en el cálculo de estas aberturas provocaba “catástrofes” en la biocenosis de este ecosistema degradado, y tenía lugar la muerte masiva de los peces, que no podían resistir la degradación. Desde 1992, hasta mayo de 1995, no hubo mortandades masivas, y no se precisó abrir la barra.

Estas mortandades están muy ligadas a las floraciones algales. Con la llegada de la primavera, se produce un incremento sensible de la temperatura, que permite la producción de floraciones vegetales, especialmente del fitoplancton. La floración reviste especial importancia cuando existen nutrientes (nitrógeno y fósforo), sin limitaciones iniciales. Las muertes del mes de mayo de 1995 posiblemente se relacionen con las lluvias, que acontecieron en el mes de marzo, y que determinaron la introducción, en la Charca, de cantidades suficientes de nutrientes, como para permitir la explosión de las floraciones algales. Cuando se produce una alta densidad de las microalgas, como ocurre en los periodos de mortandades, el agua toma una coloración marrón verdosa, y se impide que la luz solar pueda penetrar hasta el fondo. A consecuencia de ello, se produce la muerte de la vegetación, que soporta el fondo. La vegetación muerta consume una gran cantidad de oxígeno, durante el proceso de putrefacción.

Otros procesos, ciertamente secundarios, de consumo de oxígeno, son:

- La respiración de las microalgas durante las horas de oscuridad. Durante este proceso, además, los vegetales dejan de producir oxígeno.
- Y el escape del oxígeno, disuelto en forma de burbujas, desde la masa de agua a la atmósfera, al mismo tiempo que se impide la incorporación del oxígeno atmosférico al medio acuoso, a causa de las altas temperaturas, que empiezan a reinar con la primavera.

La conjunción de todos estos procesos pueden conducir a episodios de anoxia (falta de oxígeno en el agua).

Evidentemente, los primeros organismos que sufren las consecuencias de falta de oxígeno son los peces. Primero aquellas especies más sensibles, y luego las restantes.

Soluciones actuales.

En estos momentos, se barajan tres alternativas de intervenciones:

1. En el caso de que no se consiga la regeneración natural de las poblaciones ícticas, y se considere necesaria la presencia de los peces, como atractivo de este espacio, quizás la estrategia pasaría por favorecer la comunicación periódica con el mar, para permitir la renovación de las poblaciones.
2. Si lo que se pretende es recuperar, de forma natural, un ecosistema en que, posiblemente, todos los componentes del mismo no respondan de igual modo a los intercambios naturales con el medio marino, se considera más acertado no intervenir en la dinámica de la Charca, y continuar llevando a

cabo un seguimiento y control de su evolución. Esta alternativa de “intervención cero” es la que ha adoptado, hasta el momento, la Consejería de Medio Ambiente, del Gobierno de Canarias.

3. Una tercera posibilidad, que ya está en consideración, consiste en proveer artificialmente, y sólo en circunstancias muy concretas, de oxígeno al fondo de la Charca, mediante bombeo o inyección forzada, para evitar situaciones de anoxia.

La sustentabilidad de la Charca.

En este escenario, se pueden calcular y discutir descriptores e indicadores de sustentabilidad, al menos para cinco situaciones o proyectos significativos, a saber:

- Para la presión urbanística turística de las décadas de los años 60 y 70.
- Para el Proyecto de Recuperación del año 1987.
- Para la alternativa de optimización, conforme con las comunicaciones periódicas de la Charca con el mar.
- Para la “alternativa cero”.
- Y en relación con inyecciones artificiales y esporádicas de oxígeno.

Desde una perspectiva de ilustración, el estudio de la sustentabilidad se puede simplificar. Para esto, sólo se considerará el Proyecto de inyecciones artificiales y esporádicas de oxígeno.

De una forma sucinta, el Proyecto se podría describir de la siguiente manera:

1. La instalación de una red de difusores intercomunicados y localizados en el fondo de la Charca, para permitir la salida forzada de oxígeno, cuando se prevean situaciones de anoxia.

Esta red no debe suponer unos significativos resaltes sobre el lecho, para que no pueda interferir las débiles corrientes de fondo, que se producen en la Charca, con todas sus implicaciones. Posiblemente la red se encontraría sobreelevada, apoyada en pilotes.

2. La construcción de una caseta, donde colocar unos compresores, con motores de explosión, que inyecten oxígeno. Esta caseta se encontraría en el palmeral o en las dunas limítrofes. Tendría una tipología edificatoria, incluida la coloración, que interfiriera lo menos posible en la morfología del entorno. Así, los impactos paisajísticos adquirirían una mínima incidencia.
3. Y unas tuberías enterradas, que conexas los compresores con la red de difusores.

Después del enterramiento, habría tenido lugar una adecuada restauración del espacio físico, para que estas obras pasen totalmente desapercibidas.

Pero antes de las pertinentes estimaciones, inferencias e interpretaciones de la sustentabilidad de la Charca, y como punto de partida, se debe seguir la siguiente guía procedimental:

- a). Establecimiento, en un mapa, como paso previo, de los límites externos del sistema lacustre y de la franja seca envolvente.

Por otra parte, se delimitará el área de influencia del Proyecto, dentro de la unidad territorial.

- b). Diagnóstico rápido de calidades naturales, actual e inmediatamente antes de 1987, correspondientes a la Charca y a su más inmediato entorno.

En las estimaciones de calidades, se debe jugar con coeficientes espaciales y temporales, y con probabilidades de presentación de procesos y efectos.

Se especificarán los criterios seguidos.

- c). Medición de la caída de la calidad ambiental, en términos porcentuales, en relación con el Proyecto.
- d). Formulación de parámetros de idoneidad y de permisibilidad.

Se propondrá un banco de los anteriores parámetros, que sean válidos para la estimación del índice de uso del Proyecto.

- e). Cálculo del índice de uso. Obviamente se tendrán presentes los parámetros de idoneidad y los de permisibilidad.
- f). Identificación, evaluación y secuenciación de las acciones, que han determinado los impactos positivos y negativos más significativos.
- g). Identificación, evaluación y secuenciación de los factores y procesos, que se han mejorado y degradado de forma relevante.
- h). Estimación y discusión del índice de impacto global, según la matriz causas - efectos, que se haya utilizado.
- i). Proposición de recomendaciones, a manera de conclusiones.

En este ejemplo, se utilizan los descriptores de sustentabilidad, que se han inventariado en el capítulo anterior, en relación con las lagunas costeras.

Los descriptores en cuestión, y sus coeficientes, toman los valores que se condensan en la tabla 7.

1	2	3	4	5	6	7
a	10.00	0.330	1.000	1.000	1.000	3.300
b	-2.00	0.170	0.250	1.000	1.000	-0.085
c	-	-	-	-	-	
d	-4.00	0.330	0.020	1.000	1.000	-0.026
e	-	-	-	-	-	
f	-8.00	0.080	1.000	0.170	1.000	-0.101
g	10.00	0.080	1.000	1.000	1.000	0.800
Valor de las filas de idoneidad						3.888
A	1					1
B	1					1
C	1					1
D	1					1
E	1					1
F	1					1
G	1					1
H	1					1
I	1					1
J	1					1

1 = siglas del descriptor. 2 = valoración del descriptor. 3 = coeficiente de importancia. 4 = coeficiente espacial. 5 = coeficiente temporal. 6 = coeficiente de probabilidad de presentación. 7 = valor de la fila.

Tabla 7

Valores de los descriptores de idoneidad, con sus coeficientes, y de los de permisibilidad, para el caso de la Charca de Maspalomas, en relación con un proyecto de inyección artificial de oxígeno.

Algunas peculiaridades de la valoración se resumen de la siguiente manera:

- En el descriptor “a”, al coeficiente temporal se le da el valor de 1.00, ya que se computa no sólo el tiempo de actuación sino también aquél en que perduran los efectos, dentro de una evolución equilibrada del ecosistema.
- El descriptor “b” interviene en cuanto que se tienen que construir algunas instalaciones de infraestructura, para alojar a la maquinaria necesaria.

Estas instalaciones, necesariamente, se tendrán que ubicar en el palmeral anexo, o en las dunas limítrofes. En cualquier caso, constituirán impactos periféricos, que tendrán unas endorrepercusiones, desde puntos singulares de observación meridionales del entorno de la Charca. Desde estos puntos singulares, el impacto periférico y su endoproyección ocuparían casi un 25 % de la cuenca visual de la Charca.

- En el descriptor “d”, se supone que se afecta a la 1/50 parte de la superficie del fondo. Esto daría un coeficiente espacial de 0.02. El coeficiente temporal no tiene sentido, y se le da el valor unidad, para que no afecte al resultado final.
- El descriptor “f” se refiere, sobre todo, a los posibles ruidos que pueden producir los compresores, para la inyección del oxígeno, y sus repercusiones sobre la avifauna. El coeficiente temporal considera los impactos sólo en el periodo de funcionamiento (dos meses al año).
- El descriptor “g” tiene en cuenta el “bienestar síquico” que produce el observar comunidades maduras, y no contemplar una charca con los efectos de mortandades masivas, por anoxia.

Del conjunto de descriptores evaluados, el indicador de sustentabilidad, de la intervención que se estudia, sería:

$$I_s = [(0.33)10 - (0.17) \pi (0.25)^2 - (0.33)\pi (0.02)^4 - (0.08) \pi(0.17)^8 + (0.08)10] \pi 1 = + 3.88$$

Las estimaciones se han hecho según una escala de -10 a + 10.

El valor obtenido traduce que se lograrían aumentar los aspectos positivos del territorio. Los negativos, inherentes a la intervención, quedarían enmascarados por estos. Además, estarían ausentes los descriptores que implicaran el hipotecamiento de la Charca. En conjunto, se enriquece el “patrimonio” a heredar. Y todo esto es lo que interesa en un análisis de sustentabilidad.

4. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CAMARONERA, PARA UN ESCENARIO GEOGRÁFICO ESPECÍFICO, Y ESTIMACIÓN DE SU INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD..

Escenario de la ubicación.

Supóngase El Yemen, en la Península de Arabia, con todas sus implicaciones climáticas. El proyecto se realizaría en el entorno de una hipotética bahía, de este espacio geográfico, que llevara adosada una laguna costera periforme, de unos seis kilómetros de penetración, por cuatro de anchura, en el fondo del saco. Se admite que la profundidad media del vaso lagunar fuera de unos tres metros, respecto al nivel medio del mar. La bocana, que comunica con el mar abierto, se encontraría en el lado oriental, y tendría una abertura de unos doscientos metros. Rebasada la bocana, aguas abajo, en la fachada de mar abierto, y sin ningún promontorio de interposición, que interfiriera la dinámica litoral, se habría desarrollado una larga y ancha playa significativa de arenas, que podría tener interés en el esparcimiento recreativo - deportivo de los lugareños y en el usufructo turístico.

Las restantes características, de la unidad ambiental, se describirían como sigue:

1. El rango medio de las mareas semidiurnas oscila alrededor de los dos metros, y asegura un flujo y reflujo del agua, desde y hacia el mar, con sus correspondientes diagramas de corrientes, que afectan a la totalidad de la laguna. El oleaje dominante, con situaciones de temporales, procede del NE. Hay también oleajes reinantes del SE, que rara vez adquieren energías propias de temporales.
2. El ecosistema lagunar no define una biodiversidad de una especial carga genética, si se contrasta la zona con su entorno regional.

La fauna del último nivel de la cadena trófica está formada, significativamente, por ostras, peces y cangrejos comerciales.

3. El borde septentrional de la laguna corresponde a un relieve plano, que se clasifica como loma suave, con una pendiente inferior a un 15 %, hacia tierra adentro. La loma arranca en la coronación de un acantilado, de poca altitud, que se sitúa en la fachada marítima.

Los materiales de este terreno están constituidos, a partes iguales, por arenas, limos y arcillas, que determinan una buena impermeabilidad.

4. Los terrenos colindantes con el límite septentrional de la laguna, la loma, soportó unas salinas artesanales, construidas en la Edad Media, por excavación. Se identifican 35 estanques de explotación, con plantas de 130 metros por 77 metros. Las profundidades son de 1 metro. En la cabecera de las salinas hay un viejo molino de viento, que se utilizaba para el bombeo del agua del mar.

Todas estas instalaciones actualmente se encuentran abandonadas, y bastante deterioradas. Suponen un patrimonio etnográfico a preservar.

5. En la orilla meridional de la laguna, se levanta un pequeño núcleo poblacional de pescadores. Sus actividades proceden, en buena parte, de la laguna.
6. En el litoral regional, y hacia aguas arriba, las ubicaciones industriales y de otros focos contaminantes, superan una distancia "crítica", que impide efectos negativos en la calidad de las aguas del dominio marítimo, limítrofe a la laguna, en relación con muchos usos, como sería la instalación y explotación de camaroneras, y el aprovechamiento recreacional turístico del territorio.
7. Todo este territorio no tiene ningún tipo de protección legal.

Características y explotación de la camaronera.

Las cuatro ideas básicas de la instalación y explotación de la camaronera son:

- a). Preservar el patrimonio etnográfico, que representan las salinas del medievo.
- b). Desarrollar, como efecto colateral, una explotación semi-intensiva, de los recursos vivos renovables de la laguna, sin producir significativos desequilibrios ecológicos.
- c). Evitar desequilibrios sedimentarios, por la construcción de las instalaciones marítimas anexas, en las playas arenosas de aguas abajo, que podrían soportar potenciales actividades recreativas - deportivas y una industria turística.
- d). No provocar impactos paisajísticos, y/o de cualquier tipo.

Si se admiten las anteriores premisas, la instalación de la camaronera y su explotación, así como el aprovechamiento de la propia laguna, se registrarán conforme con las siguientes descripciones y fases:

1. Reconversión de las salinas en piscinas para la camaronicultura. Ello requerirá la restauración de los estanques, y su “lavado”, para eliminar las sales de impregnación.

Estas acciones no deberán atentar al contenido etnográfico, que representan las salinas.

2. Construcción de las infra-estructuras adecuadas, para el funcionamiento de la camaronera. Se precisarán las siguientes obras:

- Construcción de un reservorio principal de agua, en el espacio comprendido entre la coronación del acantilado y los estanques más orientales. De esta manera, estará a una mayor altitud que las piscinas, lo que facilitará la llegada de agua de renovación a estas.

Este reservorio, para que se ajuste al entorno, será de excavación. Las dimensiones rondarán, en planta, los 600 por 100 metros. Se mantendrá la profundidad de 1 metro.

El viejo molino de viento será respetado, en la ocupación del terreno.

- Toma de agua, para alimentar al reservorio principal. Ésta constará de tres elementos:
 - a). Bocas de succión, en un monolito-isleto artificial, levantado a unos 200 metros de la orilla, mar adentro. El monolito se diseñará de forma tal que recordase a la geomorfología circundante, en cuanto a estructuras geológicas del acantilado próximo y a la coloración de éste.
 - b). Conducción enterrada, hasta la estación de bombeo.
 - c). Y estación de bombeo, en una edificación que no rompa la morfología paisajística - cultural del escenario geográfico.

Este conjunto de elementos no interferirían el transporte de áridos, desde aguas arriba, hacia la playa arenosa, ni crearía actuaciones distorsionante en el componente etnográfico del paisaje.

- Construcción del sistema de alimentación y descarga de agua. El sistema constará de un canal principal, de canales secundarios de distribución, de canales secundarios de desagüe y de un canal principal de desagüe.

El sistema se encontrará embutido en el terreno, con lo que no producirá ningún tipo de impactos paisajísticos. Obviamente, las alimentaciones se harán a través del fondo, y los desagües, por rebosaderos.

3. Los tendidos eléctricos y las infra-estructuras de otros servicios se harán subterráneamente.

4. Se considera apropiada la red viaria existente, para la explotación de la camaronera.

5. En la camaronicultura, se utilizarán especies autóctonas:

- *Penaeus setiferus*, cuyo adulto puede adquirir una talla de unos 35 cm. y
- *Penaeus duorarum*, de unos 25 cm.

6. El vertido de los desagües tendrá lugar en la laguna.

7. Y se cerrará la bocana de la laguna, mediante una red vertical o malla anclada, con flotadores y con pilotes equidistantes interpuestos. No obstante, esta bocana se abriría periódicamente.

Los aumentos de nutrientes, que implicarían las descargas de los desagües, así como el atrapamiento de la fauna por la red, harían que se pasara de una explotación extensiva a otra semi-intensiva, sin llegar a una acuicultura intensiva, de los recursos vivos renovables, concretamente de las ostras, cangrejos y peces.

Consideraciones generales, respecto al equilibrio ecológico de la laguna, ante el conjunto de intervenciones descritas.

La incorporación de nutrientes, en el sistema lagunar no conllevará a situaciones de eutroficación, en toda su extensión, en sentido de formarse, desde la superficie, pantallas “opacas”, por densos desarrollos de microalgas. Las pantallas “opacas” hubieran supuesto la aparición de unas condiciones inapropiadas, por falta de luz, para la fisiología de la vegetación sub-acuática (praderas de macro-algas y de gramíneas marinas, por ejemplo). Ante esas condiciones, se favorecerían los procesos de descomposición y putrefacción de la vegetación sub-acuática, lo que consumiría grandes cantidades de oxígeno. Esos consumos de oxígeno determinarían, muy probablemente, condiciones de anoxia, para la fauna lagunar, con muertes parciales o masivas, selectivas o no.

En principio, no se llegaría a las situaciones de eutroficación, en sentido estricto, a causa de las muy considerables renovaciones diarias de las aguas, con sus contenidos en nutrientes y microalgas, por los vaciados y llenados, en relación con las mareas. El rango de las fluctuaciones mareales resulta apropiado para estas renovaciones. En el supuesto de que excepcionalmente se alcanzaran situaciones de eutroficación, o muy próximas a ellas, y para contrarrestar el efecto más negativo (la anoxia), se efectuarían aireaciones artificiales, mediante paletas giratorias, movidas por motores, todo ello sobre flotadores. Los motores se alimentarían con baterías

Pero sin embargo, la realidad sería que se han elevado los nutrientes en el conjunto de la laguna. Esto podría romper el equilibrio ecológico, o, dicho de otra manera, el equilibrio de interdependencias entre las especies del sistema.

En lo referente a las especies faunísticas, de interés en la pesquería (los niveles más altos de la cadena trófica de la laguna), el equilibrio se restablecería, sin poner en peligro sus reservas:

- por las propias actividades de pesca (manejo pesquero),
- y por las aberturas periódicas de la bocana, que permitirían la salida de las especies que llegaran a la “saturación”, y la entrada de alevines, para reponer, o renovar, poblaciones diezmadadas.

Con todo, habría que tener mucho cuidado con estos tipos de alteraciones. Con las medidas correctoras programadas apriori, podría ocurrir que no se consiguiesen la totalidad de los efectos apetecidos. Por ejemplo, con las aberturas periódicas de la bocana, posiblemente todos los componentes del sistema lagunar no responderían de igual modo, frente a los intercambios con el medio marino abierto, y quedarían algunas especies degradadas.

En realidad, se precisaría de una minuciosa investigación, conforme con seguimientos o monitorizaciones, que permitan obtener series temporales significativas de observaciones, sin obviar otras, asimismo significativas, previas a la actuación. Así, se podría estar en condiciones de disponer de las herramientas adecuadas, para controlar la evolución del equilibrio ecológico en el sistema lagunar, con el empleo de las correcciones oportunas. Éste sería el único camino a recorrer, para evitar que la laguna, por la explotación mixta camaronera - recursos vivos renovables, y la globalidad de la unidad territorial, sufriera daños insostenibles, irreparables.

Conceptualmente, en estos tipos de monitorizaciones, se necesitan disponer de parámetros descriptivos del equilibrio ecológico. De entrada, tales parámetros se pueden basar en las relaciones, que se establezcan entre las biomásas de las especies, de los últimos niveles de la cadena trófica, donde se encuentran las especies en explotación (ostras, cangrejos y peces). En efecto, si hay una rotura del equilibrio de una cadena trófica, que mide ciertamente el equilibrio ecológico, esta se transmite a lo largo de todos sus eslabones, hasta trepar a los niveles de los depredadores. Luego, si se detectan desequilibrios en estos últimos eslabones, es que acontece un desequilibrio a lo largo de toda la cadena.

Una forma sustitutoria poca dificultosa, de calcular relaciones muy próximas a las anteriores, y sus evoluciones, que tienen significados bastante operativos, sería mediante los datos estadísticos de kilos de pesca, o de recolección, de las distintas especies implicadas.

Pero para afinar más las detecciones de las modificaciones, en el equilibrio ecológico, las relaciones entre biomásas rebasarían el marco de los últimos niveles de la cadena trófica. Las relaciones y sus evoluciones serían “verticales”, y no únicamente “horizontales”. Intervendrían especies significativas pertenecientes a los diferentes eslabones, y las observaciones no se limitarían a los niveles de las especies en explotación.

Desde una perspectiva de manejo de las pesquerías de la laguna, estos parámetros, tanto los de los últimos eslabones de la cadena trófica, como los de la cadena en su conjunto:

- Corregirían tendencias o pautas incorrectas, en la explotación de los recursos vivos renovables.
- Y ayudarían a programar estrategias adecuadas, que incluirían los “paros biológicos” selectivos y ocasionales, de las actividades pesqueras. El calendario de los “paros” no estaría establecido en función de criterios más o menos caprichosos, o conforme con estimaciones a ojímetro.

De todos modos, las relaciones calculadas y las biomásas relativas medidas, de las especies en explotación, deberían estar siempre dentro de unas determinadas escalas. Para una especie en concreto, nunca se deberían llegar a valores por debajo de la situación inicial (previa a la pesca semi-intensiva).

Otros parámetros, de menor complejidad, sin dejar de ser relativamente fiables, aunque solamente indicativos e indirectos del equilibrio ecológico, se centrarían en mediciones e interpretaciones de los siguientes factores:

- concentración de oxígeno disuelto,
- clorofila,
- nitritos y
- nitratos.

El indicador de sustentabilidad de la intervención mixta: camaronera diseñada y pesca semi-intensiva en la laguna anexa.

En este ejemplo de intervención mixta, se utiliza una combinación de descriptores de sustentabilidad, válidos tanto para la instalación y explotación de camaroneras, como para las actuaciones en lagunas costeras.

Se admite el siguiente listado específico, probablemente muy revisable:

1. Descriptores de idoneidad:

- a). Cómo repercutiría la intervención en la protección-conservación del medio ambiente en su conjunto.

Coefficiente de importancia: 0.091.

- b). Grado de impacto paisajístico: Cómo se visualiza la intervención.

Coefficiente de importancia: 0.091.

- c). Perturbaciones en la biomasa de la zona terrestre ocupada, de borde lagunar e interpuesta, por la instalación de la propia camaronera, y por la construcción de infra-estructuras viarias y de servicios, para las explotaciones de la camaronera y de la pesca semi-intensiva.

Coefficiente de importancia: 0.073.

- d). Efectos sobre la biocenosis, que produce el levantamiento de tendidos eléctricos, requeridos por la camaronera. Se considera, sobre todo, la mortandad de aves por choques.

Coeficiente de importancia: 0.109.

e). Posibles cambios en el micro-clima, por la instalación de la camaronera.

Coeficiente de importancia: 0.073.

f). Efectos en el equilibrio ecológico terrestre, de la unidad territorial en su conjunto.

Coeficiente de importancia: 0.146.

g). Alteraciones de los procesos y efectos de la dinámica litoral, con repercusiones en playas no significativas, de aguas abajo, de la provincia morfodinámica intervenida.

Coeficiente de importancia: 0.054.

h). Suspensiones muy localizadas y transitorias de los sedimentos, en la laguna. La turbidez no debe producir efectos significativos en la biocenosis.

Coeficiente de importancia: 0.036

i). Posibilidad de eutroficciones puntuales y esporádicas.

Coeficiente de importancia: 0.054.

j). Efectos en el equilibrio ecológico acuícola, de la unidad territorial, y/o ecosistemas próximos.

Coeficiente de importancia: 0.146.

k). Modificaciones en el usufructo de la laguna.

Coeficiente de importancia: 0.127.

En las valoraciones de cada uno de estos descriptores, se siguen los siguientes criterios:

- El descriptor no permite la identificación de alteraciones específicas: cero unidades.
- El descriptor describe modificaciones, que mejoran el medio ambiente: unidades positivas.
- El descriptor es una herramienta, con la que se llega a percibir cambios degradantes en el medio ambiente: unidades negativas.

En cuanto a los coeficientes espaciales, y en el supuesto que se estudia, se consideran por separado el medio terrestre y el medio acuícola lagunar. En realidad, se debería operar con coeficientes espaciales, referidos a la unidad ambiental terrestre-lagunar en su conjunto. Pero para ello, previamente se tendría que haber delimitado esa unidad territorial, cosa que no se ha hecho.

2. Descriptores de permisibilidad.

A). Conformidad del proyecto con los usos y explotaciones regulados por la legislación, referente a la conservación de espacios naturales bajo protección.

b). Atentado nulo o efectivo a una biodiversidad de muy alto significado, en relación con su contenido en especies vegetales o animales raras o en peligro de extinción, por ocupación física del sustrato, que llevaría a la destrucción de biomasa, por introducción de especies exótica o por otras causas.

c). Todas aquellas perturbaciones, que repercutan:

- en las áreas de refugio (dormitorios) y reproducción animal de interés,
- y en las áreas de hibernada, para aves migratorias,

del ecosistema.

- D). Destrucción, u ocultación de singularidades geológicas, de interés por su rareza científica y/o por representar recursos didácticos muy interesantes, ausentes en entornos de carácter regional.
- E). Cambios físicos-químicos (sedimentos en suspensión, temperatura, contenido en oxígeno disuelto, salinidad, pH, etc.), que rebasen, por separado, o en conjunción, el umbral crítico de tolerancia, a partir del cual hay letalidad, en mayor o menor grado (total o parcial), en la biocenosis lagunar. Se tiene presente si se atenta:
- a los organismos filtradores, con sus repercusiones en la cadena trófica,
 - a la singularidad biológica,
 - a la supervivencia de unas posibles especies raras o en peligro de extinción, del ecosistema,
 - y al desarrollo de condiciones poco propicias para el establecimiento de comunidades maduras.

Estos cambios se deberían a la recepción de aguas residuales (servidas) de la camaronera en la laguna, durante las operaciones periódicas de limpieza de los estanques, y a la renovación continua en los mismos.

- F). Posibilidades de eutroficcaciones totales, o significativas.
- G). Obstaculización “permeable” de la bocana de la laguna, de forma tal que impida significativamente la entrada, desde mar adentro, de alevines, para renovar las poblaciones. No se dificultan otros intercambios entre la laguna y el mar abierto.
- H). Construcción de obras, que modifiquen las peculiaridades del biotopo, y con ello, muchos de los condicionantes de su biocenosis.
- I). Actuaciones en áreas próximas, o dentro del ambiente, que impliquen modificaciones en los aportes sedimentarios hacia la laguna y en la deposición de los áridos en ella. Por tales motivos, se alteraría la batimetría lagunar, que, a su vez, provocaría cambios en los factores físico-químicos del medio acuático, que regula la vida en el ecosistema.
- J). Creación de barreras físicas internas, en la laguna, que perturben el diagrama de transporte de sedimentos, en el medio lagunar. Esto trae consigo cambios batimétricos, con sus efectos en la biocenosis.
- K). Alteración o destrucción, nula o efectiva, de ecosistemas acuícolas significativos periféricos, por enterramientos u otras causas, achacables a los procesos y efectos colaterales, que implicarían unas obras o actividades propias o anexas a la camaronera.
- L). Construcción de obras marítimas, por exigencias de la camaronera, que impliquen obstaculizaciones significativas en los aportes sedimentarios, hacia áreas sensibles, de especial valor ecológico, como pueden ser ciertos manglares, con un alto grado de biodiversidad.
- M). Obstaculización significativa, por intervenciones realizadas, a requerimientos de la camaronera, de la alimentación sedimentaria de una playa arenosa, de interés, ubicada aguas abajo.
- N). Retroceso generalizado de la línea de costa, en un tramo significativo del litoral, por obras inherentes a la camaronera.

P). Ocupación destructiva de un área de especial significado etnográfico-histórico-artístico.

La tabla 8 condensa el conjunto de estimaciones.

l	2	3	4	5	6	7	8
a	10.00	0.091	1.000	1.000	1.000	0.910	x
b	05.00	0.091	1.000	1.000	1.000	0.455	y
c	-2.50	0.073	0.250	1.000	1.000	-0.046	
d	00.00	0.073	0.250	1.000	0.500	0.000	
e	00.00	0.109	1.000	1.000	1.000	0.000	
f	-2.00	0.146	1.000	1.000	0.800	-0.234	
g	00.00	0.054	1.000	1.000	1.000	0.000	
h	-5.00	0.018	0.200	0.600	0.800	-0.008	z
h	00.00	0.018	0.800	0.400	0.800	0.000	
i	-4.00	0.027	0.100	0.200	0.800	-0.001	
i	00.00	0.027	0.900	0.800	0.800	0.000	
j	-2.00	0.146	1.000	1.000	0.800	0.234	
k	10.00	0.127	1.000	1.000	1.000	1.270	
Valor de las filas de idoneidad					=	+ 2.580	
A	1.000					1.000	
B	1.000					1.000	
C	1.000					1.000	
D	1.000					1.000	
E	1.000					1.000	
F	1.000					1.000	
G	1.000					1.000	
H	1.000					1.000	
I	1.000					1.000	
J	1.000					1.000	
K	1.000					1.000	
J	1.000					1.000	
M	1.000					1.000	
N	1.000					1.000	
P	1.000					1.000	
Valor del parámetro "M"					=	+1.000	
Indicador de sustentabilidad					=	$(2.58) \pi 1 = +2.580$	
<p>1 = siglas del descriptor. 2 = valor del descriptor. 3 = coeficiente de importancia. 4 = coeficiente espacial. 5 = coeficiente temporal. 6 = coeficiente de probabilidad de presentación. 7 = valor de la fila. 8 = observaciones. x → se restauran ruinas de interés etnográfico. y → se revaloriza paisajísticamente el territorio, con la restauración, y no se introducen elementos distorsionantes. z → en relación con la limpieza de los estanques.</p>							

Tabla 8

Estimación del indicador de sustentabilidad, para la explotación conjunta de la camaronera diseñada y de la pesca semi-intensiva, en la laguna anexa.

Del conjunto de descriptores evaluados, el indicador de sustentabilidad, de la intervención que se estudia, toma el valor de + 2.58. Las estimaciones se han hecho según una escala de -10 a + 10.

En este ejemplo, el valor obtenido traduce que se lograrían aumentar los aspectos positivos del territorio. Los negativos, inherentes a la intervención, quedarían enmascarados por aquéllos. Se cumple, por otra parte, que estarían ausentes los descriptores que implicaran un hipotecamiento de las reservas, del medio ambiente en cuestión.

BIBLIOGRAFÍA

- Alverinho, J. M., Curr, R. C., Davies, P., Pereira, A. R. and Williams, A. T. 1994. Dune Vulnerability and Management: Portugal and North West Europe. 837-848. In: Soares de Carvalho and Veloso Gomes (Editores). 1994. Littoral 94 (Proceedings). Eurocoast-Portugal. 1050 pp (Volúmenes y II).
- Battaglia, B. 1994. Biodiversity and Environmental Quality in Coastal Lagoons: The Case of the Lagoon of Venice. II International Conference on Oceanography (Towards Sustainable Use of Oceans and Coastal Zones). Lisboa, 14-19 de Noviembre de 1994. Documento de 21 páginas.
- Berenguer, J. M. y Enriquez, J. 1988. Diseño de Playas de "Bolsillo". El Caso Español. Libro de Resúmenes de la 21 Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas. Málaga (España), 20-25 de junio.
- Borrego, C. 1994. Sustainable Development of Coastal Zone: Why is it Important?. 11-23. In: Soares de Carvalho and Veloso Gomes (Editores). 1994. Littoral 94 (Proceedings). Eurocoast-Portugal. 1050 pp (Vol. Y and II).
- Bruun, P. 1987. Ingeniería Costera y Utilización del Litoral. Seminario Internacional sobre Problemas de Uso del Territorio, Planificación y Manejo de Zonas Litorales. Consejo de Europa. Bilbao. 8 - 17 de octubre. Documento de 28 pp.
- C.E.E. 1992. Hacia un Desarrollo Sostenible. Programa Comunitario de Política y Actuación en Materia de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bruselas.
- Chalier, H. y De Meyer, P. 1987. Renovación de Playas en el Litoral de Bélgica. Seminario Internacional sobre Problemas de Uso del Territorio, Planificación y Manejo de Zonas Litorales. Consejo de Europa. Bilbao. 8 - 17 de octubre. Documento de 19 pp.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. 1992. Nuestro Futuro. Alianza Editorial. 460 pp.
- Durrel, L. 1988. Gaia, el Futuro del Área. Atlas del Conservacionismo en Acción. Blume. Madrid.
- Ekins, P. y otros. 1992. Riquezas sin límites. El Atlas Gaia de la Economía Verde. Edaf. Madrid. 191 pp.
- Elson, D. 1993. La Tierra: Creación, Formación y Mecanismos de un Planeta. Ediciones del Prado. Madrid. 207 pp.
- Enriquez, F. y Berenguer, J. 1986. Evaluación Metodológica del Impacto Ambiental de la Obras de Defensa de Costas. CEDEX. Ministerio de Obras Marítimas y Urbanismo. Madrid. 40 pp.
- Erickson, J. 1993. Un Mundo en Desequilibrio. La Contaminación de Nuestro Planeta. McGraw-Hill. 209 pp.
- Escribano, M., De Frutos, M., Iglesias, E., Mataix, C. y Terrecilla, Y. 1989. El Paisaje. Centro de Publicaciones. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid. 107 pp.
- Estruch, X. 1992. Las evoluciones de Impacto Ambiental en los Estudios de Paisaje. Páginas 171-189. In: De Bolos, M. (Dirección). 1992. Manual de Ciencia del Paisaje. Masson. París. 273 pp.
- Faucheux, S. y Noël, J. 1992. Las Amenazas Globales sobre el Medio Ambiente. Talasa Ediciones, S.L. Madrid. 152 pp.
- Fernández-Palacios, H., Izquierdo, M., Vergara, J. M., Hernández, C. 1992. Feasibility Study on Aquaculture Development in Yemen Report. Arab Investment Co. K. B. Consulting.
- Ferry, L. 1994. El Nuevo Orden Ecológico. Tusquets Editores. Barcelona. 231 pp.

- Frías, A. 1994. Biodiversity and the Coastal Zone of the Azores, a case for Studies. II International Conference on Oceanography (Towards Sustainable use of Oceans and Coastal Zones). Lisboa, 14-19 de noviembre de 1994. Documento de 5 pp.
- Gallardo, V. 1994. The EULA Model and its Contribution to Marine Environment Management and Sustainable Development in Central Chile. II International Conference on Oceanography (Towards Sustainable use of Oceans and Coastal Zones). Lisboa, 14-19 de noviembre de 1994. Documento de 18 pp.
- García, R. 1994. Causes of Ozone Depletion. *Physics World*, nº April, 1994. 49-55.
- Gleick, J. 1988. *Caos. la Creación de una Ciencia*. Seix Barral. Barcelona. 358 pp.
- Gómez, G. y Ramírez, J. L. 1992. Utilización de Diques Arrecifales como Defensa de Costas en España: Diseño, Construcción y Seguimiento. Y Jornadas Españolas de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Santander, 7 y 8 de mayo. Libro de Resúmenes. Páginas 75-76
- Gómez, J., Castellano, L., Fuentes, V., Gil, H. y Guevara, A. 1995. Evaluación de la calidad ambiental, vulnerabilidad y sustentabilidad de los manglares de la Bahía de Mochima, Estado Sucre, frente a un Supuesto Proyecto de una Granja Camaronera (Trabajo de Prácticas del Curso de Vulnerabilidad y Sustentabilidad, impartido por el Dr. J. Martínez). Universidad de Oriente (Núcleo de Sucre) - Instituto Oceanográfico de Venezuela. Documento de 83 páginas.
- Hansen, A. 1993. *Bandama: Paisaje y Evolución*. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. 127 pp.
- Jiménez, L. 1991. *Medio Ambiente y Desarrollo Alternativo. Gestión Racional de los Recursos para una Sociedad Perdurable*. Editorial Iepala. Madrid. 198 pp.
- Leger, R. 1992. *El Planeta en la encrucijada*. Editorial Icaria. Barcelona. 80 pp.
- Leopold and al. 1971. *A Procedure for Evaluation Environmental Impac*. U. S. Department of the Interior. Washington.
- Lovelock, J. 1979. *Gaia, una Nueva Visión de la Vida en la Tierra*. Oxford University Press.
- Lovelock, J. 1992. *Gaia, una Ciencia para Curar el Planeta*. Editorial Integral. Barcelona. 192 pp.
- Martínez, J. 1994. Ecosystems Sustainability Indicators. Páginas 535-542. In: Balensiefer, De Araujo y Rosot (Editores). 1994. *Recuperação de Areas Degradadas*. Fupef - Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba (Brasil). 679 pp
- Meadows, D. H., Meadows, D. L. y Randers, J. 1994. *Más allá de los Límites del Crecimiento*. El País Aguilar. Madrid. 355 pp.
- Meyers, N. 1992. *El Futuro de la Tierra. Soluciones de la Crisis Medioambiental en una Era de Cambios (Atlas Gaia)*. Celeste Ediciones. Madrid. 190 pp.
- Ministerio de Ambiente de los Recursos Naturales Renovables. 1992. *Un Compromiso Nacional para el Desarrollo Sustentable*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) - 1992. Informe Nacional de Venezuela. Caracas. 162 pp
- Mitchell, G. 1994. *The Selection of Indicators of Sustainable*. Civil Engineering. University of Leeds. Consultation Paper. February. 41 pp.
- Montalvo, A. 1994. *Desarrollo Sostenible. Incoherencia Económica*. Ecosistemas, nº 9 y 10. Páginas 4 y 5.

Moreno, T. y Castro, J. J. 1995. Seguimiento Científico de la Comunidad Ictiológica de la Charca de Maspalomas (Gran Canaria). Mayo 93 - Marzo 95. Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias. Las Palmas. Documento de 96 páginas.

Naredo, J. M. y Parra, F. 1993. Hacia una Ciencia de los Recursos Naturales. Siglo XXI de España Editores, S.A. Madrid. 335 pp.

Penchaszadeh, P. E. 1994. Bio-diversity of Coastal Zones: a Latin and Caribbean Approach. II International Conference on Oceanography (Towards Sustainable use of Oceans and Coastal Zones). Lisboa, 14-19 de noviembre de 1994. Documento de 24 pp.

Peterson, J. 1994. La Depleción del Ozono Estratosférico. Los Protocolos Internacionales Funcionan. Ponencia en: Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Curso de Invierno de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas, del 3 al 6 de mayo de 1994.

Ribas, J. 1992. Estudios de Paisajismo. Páginas 205-218. In: De Bolos, M. (Dirección). 1992. Manual de Ciencia del Paisaje. Masson. París. 273 pp.

Sorensen, J., Gable, F., Bandarin, F. and Magoon, O. 1993. The Management of Coastal Lagoons and Enclosed Bays. WRP. Highlands Ranch, Colorado. 304 pp.

Suárez Bores, P. 1978. Shore Classification - Simple Forms with Prevailing Wind Wave Action. Proceedings the III International Congress I.A.E.G. 4-8 de septiembre. Madrid. Sec. I, vol. 2, pp150-169.

Toledo, V. M. 1985. Ecología y Autosuficiencia Alimentaria. Siglo XXI Editores. México. 118 pp.

Von Weizsäcker, E. U. 1993. Política de la Tierra. Editorial Sistema. Madrid. 305 pp.

Yasso, W. E. 1965. Plan Geometry of Headland Bay Beaches. Jour Geology, vol 73, pp 702-714.