



**ESTRATEGIA MARINA**  
**DEMARCACIÓN MARINA DEL ESTRECHO Y ALBORÁN**  
**PARTE IV. DESCRIPTORES DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL**  
**DESCRIPTOR 7: CONDICIONES HIDROGRÁFICAS**  
**EVALUACIÓN INICIAL Y BUEN ESTADO AMBIENTAL**



**Madrid, 2012**



# **ESTRATEGIAS MARINAS: EVALUACIÓN INICIAL, BUEN ESTADO AMBIENTAL Y OBJETIVOS AMBIENTALES**

## **AUTORES DEL DOCUMENTO**

Instituto Español de Oceanografía:

- César González-Pola
- M<sup>a</sup> Carmen García
- Francina Moya

Asistencia Técnica TRAGSATEC S.A.:

- Pelayo Izquierdo

## **CARTOGRAFÍA DIGITAL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA**

Olvido Tello

Asistencia Técnica TRAGSATEC S.A.:

- Carolina Sánchez
- Carmen Díaz
- Colaboración: Nuria Hermida Jiménez y Elena Pastor Garcia, en el marco del proyecto IDEO (Infraestructura de Datos Espaciales) del IEO, han participado en la elaboración, corrección y actualización de capas GIS que fueron utilizadas en la elaboración de la cartografía para los diferentes descriptores.

## **COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA**

Demetrio de Armas

Juan Bellas

## **COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (DIVISIÓN PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR)**

José Luis Buceta Miller

Felipe Martínez Martínez

Ainhoa Pérez Puyol

Sagrario Arrieta Algarra

Jorge Alonso Rodríguez

Ana Ruiz Sierra

Javier Pantoja Trigueros

Mónica Moraleda Altares

Víctor Escobar Paredes



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

**Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**NIPO: 280-12-175-8**



## DESCRIPTOR 7: CONDICIONES HIDROGRÁFICAS

---

### Índice

---

|           |                                                                                   |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>EVALUACIÓN DEL ESTADO AMBIENTAL ACTUAL .....</b>                               | <b>1</b>  |
| 1.1.1     | <i>Conceptos clave y criterios de evaluación .....</i>                            | 1         |
| 1.1.2     | <i>Elementos de evaluación.....</i>                                               | 2         |
| 1.1.3     | <i>Determinación de los niveles de referencia.....</i>                            | 6         |
| 1.1.4     | <i>Evaluación del estado actual.....</i>                                          | 7         |
| 1.1.4.1   | Gran escala: Cambio Climático .....                                               | 8         |
| 1.1.4.2   | Escalas media y corta.....                                                        | 13        |
| 1.1.4.3   | Alteraciones en la funcionalidad de los ecosistemas .....                         | 18        |
| 1.1.5     | <i>Lagunas de información y conocimiento.....</i>                                 | 18        |
| 1.1.6     | <i>Evaluación integrada a nivel de criterio y descriptor. Conclusiones .....</i>  | 18        |
| <b>2.</b> | <b>DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL .....</b>                                 | <b>20</b> |
| 2.1.1     | <i>Interpretación del BEA en relación con los criterios del Descriptor 7.....</i> | 20        |
| 2.1.2     | <i>Ámbito y limitaciones.....</i>                                                 | 20        |
| 2.1.3     | <i>Definición del BEA. Metodología y fundamento .....</i>                         | 20        |
| <b>3.</b> | <b>ANEXOS .....</b>                                                               | <b>22</b> |
|           | Anexo I. Glosario de términos y acrónimos.....                                    | 22        |
|           | Anexo II. Documento de solicitud de información científica .....                  | 23        |
|           | Anexo III. Referencias .....                                                      | 24        |



## 1. EVALUACIÓN DEL ESTADO AMBIENTAL ACTUAL

### 1.1.1 Conceptos clave y criterios de evaluación

El descriptor 7 está enfocado a identificar posibles alteraciones de origen antrópico en las condiciones hidrográficas, considerando como criterios para su desarrollo la caracterización espacial dichas alteraciones y el impacto que éstas puedan causar o estar causando en los ecosistemas marinos. La descripción detallada del descriptor, su interpretación y cómo se ha abordado su desarrollo se desarrollan en el Documento Marco de las Estrategias Marinas (pp 238-245). Además, la caracterización del estado ambiental actual de la demarcación marina Estrecho-Alborán toma como base la descripción de la región que se ha desarrollado en el Documento Marco correspondiente, con el cual existe un alto grado de vinculación.

La demarcación, de una superficie aproximada de 26,000 km<sup>2</sup>, contiene mayormente superficie oceánica y un porcentaje reducido corresponde con plataforma continental, menos del 15%. Los 200–250 m más superficiales están dominados por el régimen estacional que se manifiesta en las condiciones hidrográficas. Este nivel superficial, que incluye la capa fótica, es el más relevante puesto que en él se desarrollan la gran mayoría de procesos biológicos y usos humanos. En volumen la capa superficial corresponde a un porcentaje reducido de las demarcaciones mientras que el resto corresponde a aguas intermedias y profundas.

Las diferentes regiones de la Demarcación se caracterizan por campos termohalinos y dinámicos concretos que, sujetos a su propia estacionalidad y variabilidad interanual natural, constituyen el “estado ambiental de referencia” de la demarcación desde el punto de vista hidrográfico. Por tanto, las características meteorológicas e hidrográficas de la demarcación, detalladas en las secciones 2.2 y 2.3 de los Marcos Generales, dan cuenta del estado ambiental de referencia a escala de la demarcación. El “estado ambiental actual” ha de atender en este sentido a desviaciones tanto puntuales como generalizadas de lo que históricamente se han considerado como condiciones de referencia.

En lo que se refiere al cambio climático se ha de ver hasta qué punto cada demarcación se encuentra bajo los efectos de cambios hidrográficos o hidrodinámicos generalizados que puedan afectar o estén afectando ya a los ecosistemas. En este sentido el descriptor se restringirá a cambios en las condiciones termohalinas y en los campos de corrientes, y por extensión en posibles cambios inferidos en regímenes dinámicos (e.g. variación en la incidencia de los afloramientos).



Como se ha comentado, tanto el documento de recomendación AdGES7 de OSPAR como el documento SEC2011 de la Comisión (sobre la relación entre la evaluación inicial de las aguas marinas y los criterios para el buen estado ecológico) proponen focalizar el problema en los cambios de la hidrodinámica costera afectada por obras civiles. El estado ambiental es en este sentido función de los impactos producidos.

### **1.1.2 Elementos de evaluación**

El Anexo I de la Ley 41/2010, de protección del medio marino, hace referencia a las “características físico-químicas” de la demarcación que han de servir de base para establecer las condiciones hidrográficas en las que hay que basar la definición del BEA, concretamente se indican:

- Topografía y batimetría del fondo marino.
- Régimen anual y estacional de temperaturas y de capa de hielo, velocidad de las corrientes, surgencia, exposición al oleaje, características de mezclado, turbidez, tiempo de residencia.
- Distribución espacial y temporal de la salinidad.

El listado resulta confuso por cuanto mezcla variables ambientales (temperatura, salinidad o corrientes) con procesos dinámicos que son función de cambios en las variables anteriores (p. ej. afloramientos o desarrollo de capas de mezcla). Tal y como indica el documento AdGES7 de OSPAR, las condiciones hidrográficas a que se refiere la DMEM son, en gran medida, comparables a las condiciones hidromorfológicas a que se refiere la DMA (Anexo II “Caracterización de los tipos de aguas superficiales”, sección 1.2.4 B para las aguas costeras), por lo cual en dichas aguas costeras, cubiertas por la DMA, la caracterización de las masas de agua debe ser la referencia para la definición del estado actual y del BEA. Este mismo documento AdGES7 recomienda el uso de modelos hidrodinámicos para, en áreas que potencialmente se verán afectadas por obras civiles marítimas,

*[...] identificar cambios en las condiciones hidrográficas, como corrientes, olas, cizallamiento de fondo [bottom shear stress] y salinidad para determinar la magnitud de la posible área afectada, y la intensidad de los cambios para determinar el efecto sobre los hábitats.*

Actualmente todas las posibles obras que pudiesen afectar de forma relevante a las condiciones hidrográficas se encuentran en regiones costeras bajo el ámbito de la DMA (considerando que los arrecifes artificiales y las plataformas en océano abierto



han de causar una distorsión hidrodinámica muy escasa). Por otra parte, el documento SEC2011 hace referencia a la necesidad de considerar todos los efectos acumulativos:

*[...] por lo general, cualquier instalación permanente en el fondo del mar o la alteración de la línea de costa (barreras, puertos etc.), dará lugar a algunos cambios en los flujos de agua. El grado de cambio y el período en el que tiene lugar varía considerablemente dependiendo del tipo de modificación. Para realizar la evaluación del buen estado ambiental hay que tener en cuenta la magnitud de los cambios (espacial, temporal) y su gravedad en relación con elementos específicos del ecosistema, así como los efectos acumulativos de todas las alteraciones permanentes junto con los efectos de otras presiones.*

Existen dos intervenciones humanas en el medio que no son puntuales y causan un efecto acumulativo en las condiciones hidrodinámicas. Por un lado la regulación hidrográfica de los ríos no afecta sólo a los ecosistemas presentes en las propias cuencas fluviales, sino que condiciona los ecosistemas marinos en el rango de influencia de las plumas de descarga de agua dulce y, de hecho, existen especies que dependen en mayor o menor medida de dichas plumas de agua dulce (la dependencia es en parte indirecta, debida a los aportes de nutrientes). Por otra parte la acumulación de elementos artificiales en las costas que reemplazan la línea de costa natural causan variaciones en el régimen hidrodinámico que afectan al transporte de sedimentos, pudiendo llegar a modificar y sustituir los ecosistemas bentónicos locales. Ambas afecciones se tratan de forma agregada en la determinación de impactos mediante los mapas de “grado de modificación de las costas” y “grado de regulación de cuencas hidrográficas”, que dan una indicación de cuanto se ha podido distorsionar el estado actual respecto de un hipotético estado original.

Respecto de la gran escala, los campos termohalino e hidrodinámico fluctúan de forma natural y vienen mostrando tendencias en algunas variables, especialmente en la temperatura. Estos aspectos constituyen la caracterización del estado actual.

En cuanto a afecciones locales hemos visto que el descriptor está muy focalizado al efecto de las presiones por lo que la evaluación del estado actual parte de los mapas presentados en la sección correspondiente a los impactos. El indicador 7.1.1 (extensión de áreas afectadas) obliga a una caracterización de las zonas como afectadas sí/no, por lo que para afecciones puntuales implica que hay que definir umbrales para procesos que de hecho conllevan modificación hidrográfica de forma gradual. Como se ha indicado, los estudios de impacto ambiental de obras civiles están obligados a describir el impacto que éstos podrían causar. Aunque en principio dichas DIA obligarían a aplicar modelos que permitiesen establecer un rango de afección para cada variable distorsionada tanto bajo condiciones climatológicas medias como en régimen



extremal, la revisión de diferentes estudios de impacto ambiental tanto para grandes infraestructuras portuarias como para sistemas industriales que causan efluentes con propiedades hidrográficas modificadas respecto del medio receptor (centrales térmicas de ciclo combinado, regasificadoras y plantas desalinizadoras), muestra que a día de hoy no se realizan en todos los casos modelos detallados que den cuenta de hasta dónde se produce afección.

Si bien cada obra es diferente y la forma en la que afecta al régimen hidrográfico circundante es muy dependiente de los detalles particulares, tales como la forma precisa de un dique en relación a la línea de costa en la cual se asienta, las condiciones del régimen de circulación que perturba o el tipo de sedimento y características batimétricas en donde se localiza, a partir de los casos en los que se han aplicado modelos hidrodinámicos avanzados de alta resolución es posible inferir un orden de magnitud (escala máxima) en la cual dichas infraestructuras pueden causar afección. Estos órdenes de magnitud inferidos son útiles para hacer una estimación grosera de la superficie máxima que puede estar siendo afectada por elementos artificiales y cual es su proporción respecto de la escala de la demarcación (no debemos olvidar que la escala contemplada por la Estrategia Marina implica cientos de kilómetros de costa, y es en ese rango en el cual debemos determinar las afecciones en relación al descriptor).

Para los siguientes tipos de elementos artificiales tendríamos:

- **Obras Portuarias:** Los diques interrumpen los flujos, creando zonas de sombra de corrientes y oleaje y zonas semicerradas en las cuales aumentan los tiempos de residencia de volúmenes de agua. Todo ello afecta al transporte de sedimentos modificando los hábitats que hubiese previamente. En general los estudios DIA consultados indican afección en las playas o costa adyacente a la ubicación del propio puerto, pudiéndose inferir un rango de tres o cuatro veces su escala característica, entendiéndose ésta como la dimensión de los diques que penetran en el mar en perpendicular a la línea de costa. En muchos casos los puertos aprovechan bahías o ensenadas naturales ya existentes de forma que los diques principales discurren en paralelo a la costa. En estos casos el área afectada se identifica prácticamente con la lámina de agua encerrada.
- **Centrales Térmicas:** Las centrales térmicas utilizan agua de mar en sus circuitos de refrigeración y vierten aguas que, aparte de incluir ciertas sustancias químicas utilizadas para mantener los emisarios libres de recrecimientos biológicos, presentan un salto térmico positivo con respecto al medio receptor. El grado de afección depende del volumen de agua vertido y del propio salto térmico, y no todas las centrales térmicas publican estos datos. Ejemplos



consultados para centrales térmicas de envergadura (caudales  $>20\text{m}^3$ ) fijan límites máximos para el conjunto caudal y salto térmico del efluente que no produzcan incrementos de temperatura en el medio receptor superiores a  $3^\circ\text{C}$  a una distancia máxima 200 metros del punto de vertido, lo cual implica según casos saltos térmicos del vertido en el orden de  $7-8^\circ\text{C}$ .

- Plantas Regasificadoras: Al contrario que las centrales térmicas, las plantas regasificadoras utilizan agua de mar para elevar la temperatura de gas licuado y por tanto vierten al medio aguas con salto térmico negativo. En ocasiones las plantas regasificadoras se sitúan asociadas a centrales térmicas de tal forma que combinan sus circuitos compensando en parte los saltos térmicos generados. En general los volúmenes procedentes de estas plantas son menores que los de las centrales térmicas, teniéndose rangos de afección del orden de decenas o pocos centenares de metros para los casos consultados.
- Plantas Desaladoras: Las plantas desaladoras generan salmuera como subproducto de su operación, lo cual tiene un potencial dañino importante sobre los hábitats a los cuales pudieran afectar. Las autorizaciones de vertido establecen unos límites para la concentración de las salmueras contenidas en los efluentes según casos. Ejemplos concretos en zonas sensibles (p. ej. praderas adyacentes de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*) fijan puntos de muestreo preestablecidos en los cuales no se acepta sobrepasar ciertos límites de salinidad máxima en un cierto porcentaje de observaciones. De forma general podemos fijar el rango de afección de las mayores plantas existentes en España en el entorno de los centenares de metros.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales: En principio las estaciones depuradoras vierten aguas dulces, recuperadas y tratadas tras su uso humano, por lo que causan efluentes de aguas dulces que pueden alterar la hidrografía localmente. En general se trata de caudales relativamente reducidos que se emiten mediante difusores submarinos. El efecto conjunto sobre la hidrografía y la hidrodinámica es difícil de estimar puesto que se trata de aguas dulces que previamente se han retirado de los cauces naturales y que luego se han devuelto parcialmente, con lo cual la contribución sobre la alteración salina costera está acoplada a la de la alteración de las cuencas hidrográficas.
- Obstrucciones o barreras artificiales: En algunos fondos se han situado estructuras pesadas de hierro y hormigón como medida de gestión para restringir el acceso a la pesca de arrastre. Estas obstrucciones modifican localmente el campo hidrodinámico y la distribución de sedimentos. Por el



tamaño de las propias estructuras el efecto puede considerarse muy local, circunscrito a la región físicamente ocupada por las obstrucciones.

- Parques de generación de energía en el mar: Dadas las características de la plataforma continental en las demarcaciones españolas, relativamente estrechas y ricas en recursos pesqueros, no existen aerogeneradores situados en el mar. Sin embargo, a medio plazo se prevé la instalación de parques de generación de energías marinas, tanto eólica basada en aerogeneradores flotantes como a partir de dispositivos que aprovechen la energía undimotriz del oleaje. Es de esperar que futuros parques puedan alterar el régimen hidrográfico e hidrodinámico en zonas relativamente amplias.

El criterio 7.2 sobre el impacto de los cambios hidrográficos permanentes en el ecosistema tiene como primer indicador la extensión espacial de los hábitats afectados por dichas alteraciones (7.2.1). En realidad todo el entorno marino es hábitat de unas u otras especies por lo cual este indicador resulta en cierto modo redundante con el 7.1.1 y la caracterización del estado ambiental actual se corresponde con el resultado de cruzar información entre áreas afectadas por los impactos anteriormente mencionados y los hábitats recopilados en los descriptores 1 y 6. Por su parte el indicador 7.2.2, referido a cambios en la funcionalidad de los hábitats debidos a alteraciones de las condiciones hidrográficas, es más difícil de abordar de una forma objetiva. Los ecosistemas están altamente interconectados por lo cual no siempre es inmediato atribuir cambios funcionales a una presión específica, cuando de hecho varias presiones suelen afectar simultáneamente. Para tratar de tener una idea lo más afinada posible de cambios que hayan ocurrido debidos a alteraciones en las condiciones hidrográficas, se ha circulado una petición entre los diversos organismos científicos y de gestión medioambiental nacionales (Anexo II) para intentar recopilar todos aquellos casos documentados en los que se haya establecido o sugerido con cierto respaldo científico una relación causa-efecto entre alteración de condiciones hidrográficas y cambios funcionales en los ecosistemas. Esto incluye tanto las obras civiles y actuaciones directas en el mar (el objeto fundamental de este descriptor según se interpreta mayoritariamente) como aquellos cambios que se atribuyen al cambio climático.

### ***1.1.3 Determinación de los niveles de referencia***

A la hora de establecer un nivel de referencia o de base tenemos dos posibles puntos de partida a considerar, el correspondiente a un estado prístino anterior a que cualquier interferencia humana hubiese tenido lugar y el correspondiente al estado



real en la actualidad. El documento AdGES7 indica que el BEA debe en principio identificarse con el estado “normal” conocido, y ser modificado en función de las alteraciones inducidas por el cambio climático que puedan hacer variar las condiciones a escala de la propia demarcación.

En el caso del cambio climático los niveles de referencia serán las climatológicas existentes tanto de los campos termohalinos como de los campos de corriente y oleaje (incluyendo su estacionalidad intrínseca). En este sentido, los principales organismos de estudios del clima utilizan períodos de 30 años para definir condiciones de referencia. Para estudios oceánicos en muchos casos no se dispone de series temporales suficientemente largas y detalladas que permitirían construir climatologías robustas sobre períodos tan largos.

En lo que se refiere a las afecciones derivadas del impacto causado por obras civiles y vertidos, los niveles de referencia habrán de identificarse con el estado actual, que por tanto se asocia al BEA (es importante insistir que se trata de una valoración general para la demarcación). Sería interesante cuantificar en qué medida se ha distorsionado el estado actual respecto de un hipotético estado prístino, lo cual únicamente puede ser abordado mediante estudios específicos sustentados por modelos hidrodinámicos de vanguardia. De hecho, hoy en día no se realiza un modelado sistemático de regiones costeras al nivel de detalle requerido para proporcionar un mapeado continuo de los parámetros indicados en el anexo III de la Estrategia Marina que pudiera servir como referencia para actuaciones futuras. Existe sin embargo en nuestro país capacidad suficiente para implementar dichos modelos (p. ej. el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas del IH Cantabria o la Unidad de Gestión Integrada de la Zona Costera IMEDEA–Gobierno de Islas Baleares), y de hecho se llevan a cabo estudios y proyectos específicos en este ámbito de forma regular, en ocasiones para dar soporte a declaraciones de impacto ambiental.

#### ***1.1.4 Evaluación del estado actual***

Tal y como hemos venido indicando a lo largo del presente documento, se considera separadamente la gran escala, afectada por cambios graduales debidos a variabilidad natural y cambio climático, de las escalas locales e intermedias donde existe afección por causa de infraestructuras o actividades que generen vertidos o afecten a los vertidos naturales.



### 1.1.4.1 Gran escala: Cambio Climático

En el documento Marco General se han mostrado los campos climatológicos de las propiedades termohalinas en la demarcación, así como una descripción de los patrones generales de circulación y los procesos mesoescalares más relevantes. Sobreimpuesto a dichos campos climatológicos existe variabilidad en escalas interanuales y decadales y tendencias. La temperatura superficial del océano (SST) es la variable para la cual existe un registro más exhaustivo. Esto se debe a que la superficie del océano es fácilmente accesible desde buques en marcha y desde finales de los años 70 se dispone de observaciones remotas desde satélite (favorecido porque la medición de la temperatura presenta menos dificultades técnicas que la de otras variables).

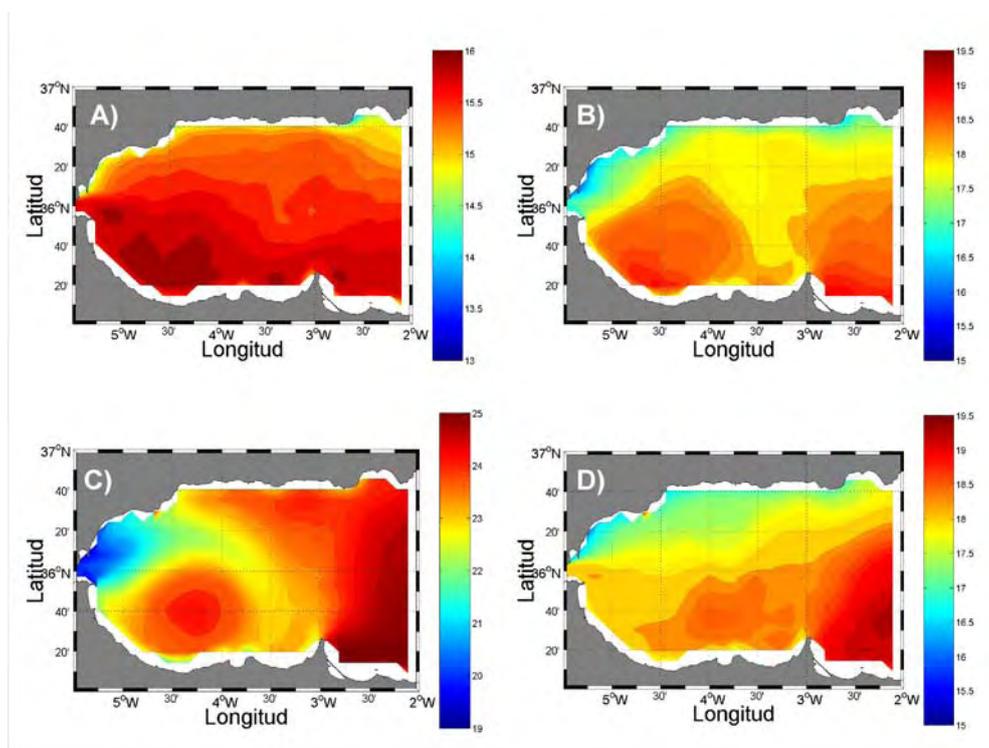


Fig. 7.1\_ Ciclo estacional de la SST en Alborán en febrero (A), mayo (B), agosto (C) y noviembre (D). Datos de la página web de la Agencia Aeroespacial Alemana (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR <http://www.dlr.es>), a partir de promedios mensuales desde 1993 a 2007 (inclusive).

Una vez sustraidas a las series de datos oceanográficos los ciclos estacionales, se obtiene una serie de anomalías o residuos que muestran una importante variabilidad a distintas escalas temporales. El objetivo del análisis de las series temporales en el contexto de cambio climático es el detectar posibles tendencias, cuantificarlas y



determinar si esas tendencias pueden explicar a raíz de la propia variabilidad natural de la serie o si por el contrario hay una causa subyacente, es decir, que sean significativas.

En el caso de Alborán, la evolución de las condiciones atmosféricas y la temperatura superficial del mar han sido muy similares a las del resto de nuestro litoral Mediterráneo desde mediados del S.XX. Se caracterizan por un periodo de descenso de las temperaturas hasta el inicio de los años 70 (fig.7.2) cuando se produce un incremento muy acusado de las mismas, de tal forma que el balance global del periodo 1948-2007 muestra tendencias positivas tanto de la temperatura del aire como de la temperatura superficial del mar.

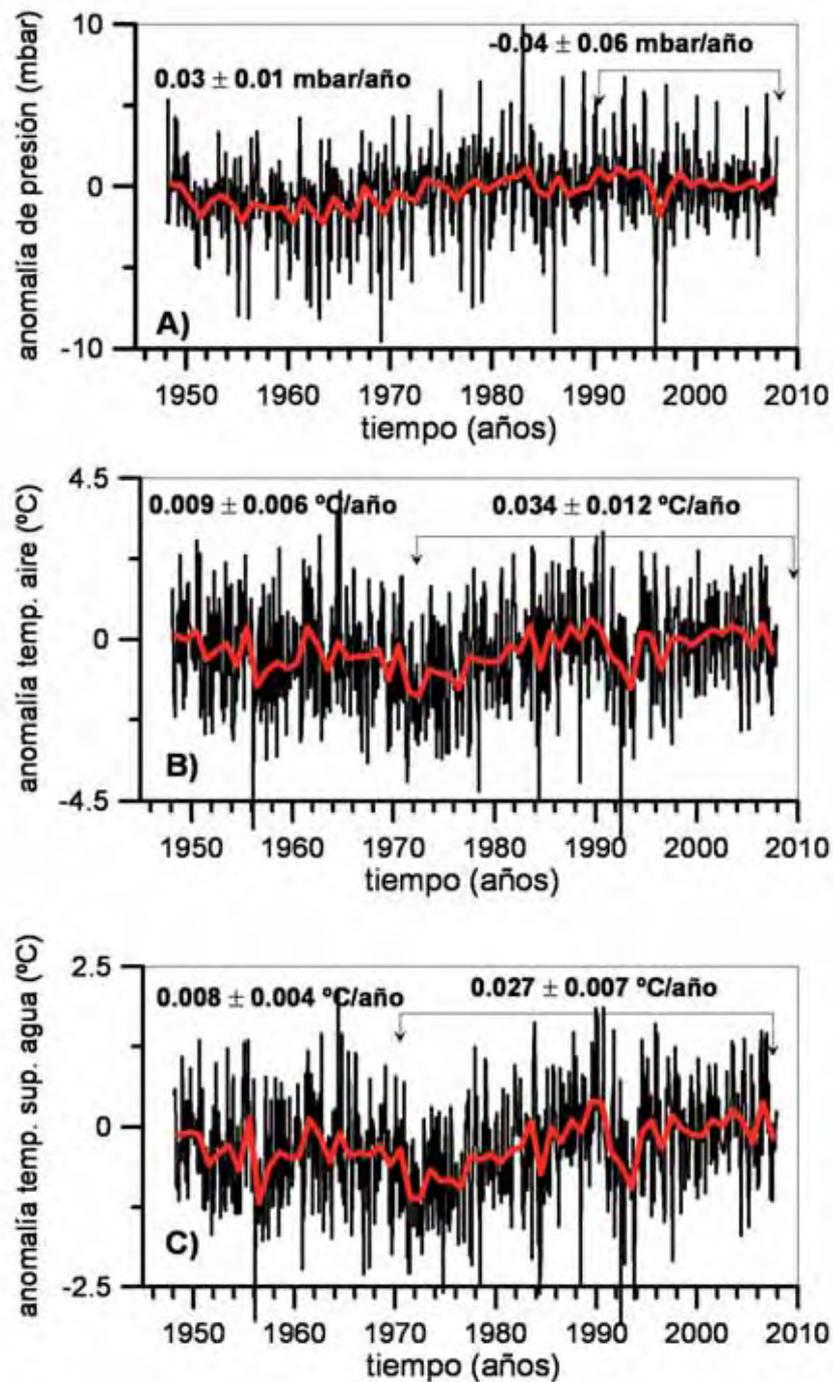


Fig. 7.2. Anomalías de presión atmosférica, temperatura del aire y temperatura superficial del agua en el mar de Alborán

Hasta aquí nos hemos referido al estudio de tendencias de temperatura superficial del mar, ya que, como se ha comentado es más factible tener medidas de esta variable. Es necesario el conocimiento de la evolución de la temperatura y salinidad a distintas



profundidades. En este contexto las figuras 7.3 y 7.4 muestran la evolución de las anomalías de temperatura y salinidad a lo largo de la columna de agua en la plataforma continental del mar de Alborán para el periodo 1992-2008, en la que se detectan tendencias positivas y significativas de calentamiento en todas las profundidades de la columna de agua en la plataforma continental (Vargas-Yáñez, 2010). Estas tendencias se basan en los datos recogidos dentro de los programas de observación propios del IEO.

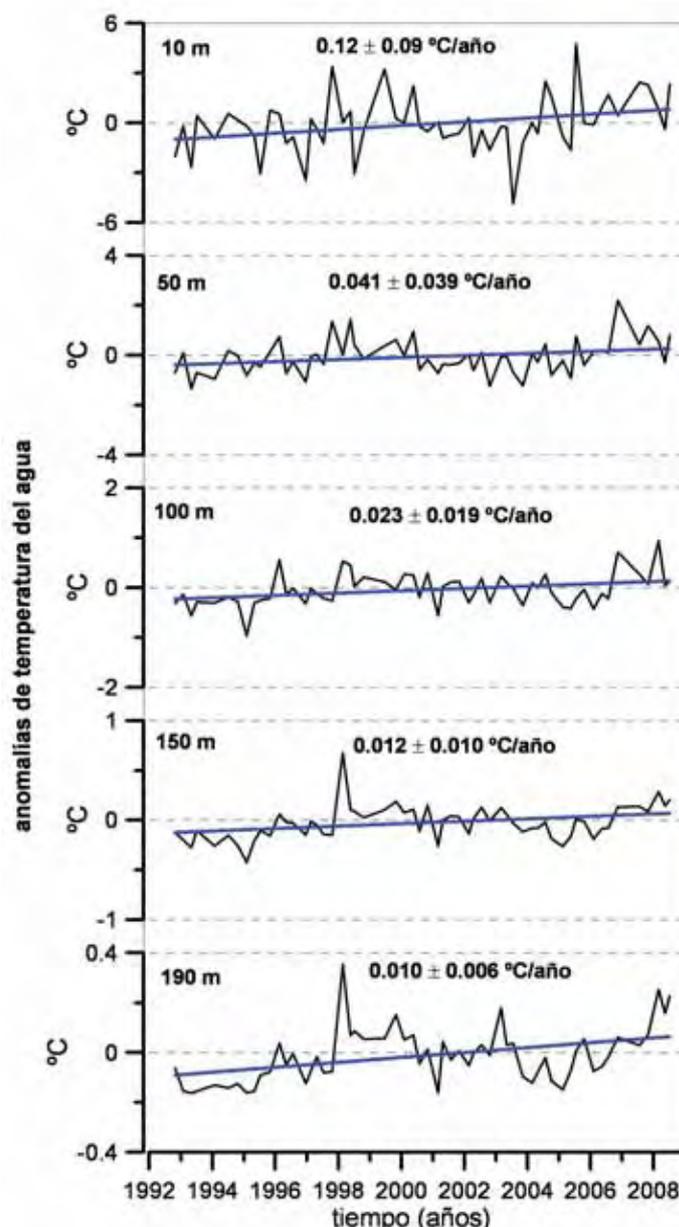


Fig. 7.2. Anomalías de temperatura a distintas profundidades en una estación de la demarcación, concretamente en la V3, muestreada rutinariamente por el proyecto RADMED ([www.ma.ieo.es/gcc](http://www.ma.ieo.es/gcc)).

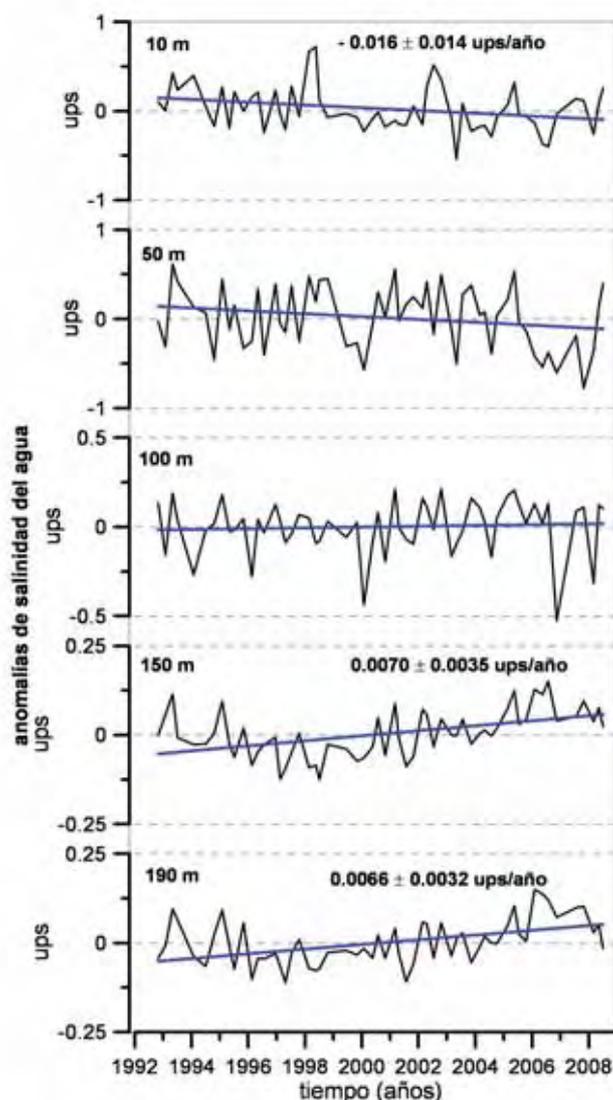


Fig. 7.3. Anomalías de salinidad a distintas profundidades en una estación de la demarcación, concretamente en la V3, muestreada rutinariamente por el proyecto RADMED ([www.ma.ieo.es/gcc](http://www.ma.ieo.es/gcc))

En todo caso hay que tener en cuenta que, aún bajo una situación de calentamiento generalizado, la respuesta del sistema climático atmósfera océano nunca será homogénea puesto que los sistemas dinámicos que redistribuyen el calor (vientos y corrientes marinas) se ven a su vez distorsionados. Los registros de corrientes marinas en las demarcaciones no son suficientemente sistemáticos y largos como para poder inferir tendencias en caso de que las hubiera (y de hecho aún no se han podido constatar tendencias significativas en los campos de corrientes en ningún océano del mundo). En este sentido será necesario mantener los muestreos existentes de



parámetros básicos como corrientes marinas pues, en su caso, serán las que puedan dar cuenta de cambios notables en los regímenes de gran escala.

En el caso de Alborán, por ser una de las pocas zonas del Mediterráneo Español donde se observan afloramientos casi permanentes, se muestra la evolución del transporte de Ekman (fig. 7.4), en la que se observa un descenso del mismo desde principios de los años 70, así como una intensificación de este descenso en la parte final de la serie temporal. Este factor debe ser tenido en cuenta, ya que se hace necesario conocer de qué manera repercute este descenso en la intensidad de los afloramientos en el aporte de nutrientes a la capa fótica, en la producción primaria de la zona y en el resto de la cadena trófica, así como en el posible secuestro de CO<sub>2</sub> en el mar de Alborán.

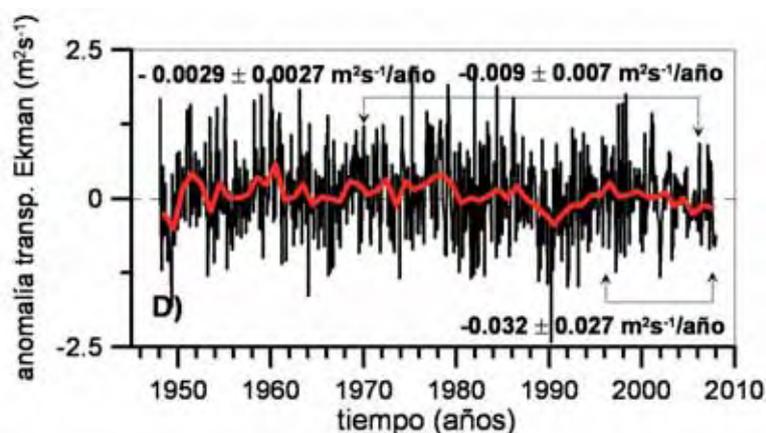


Fig. 7.4. Anomalía de transporte Ekma en el mar de Alborán.

Desde el punto de vista de la gran escala, los hábitats afectados por el cambio climático son evidentemente todos. Se han identificado trabajos científicos que describen funciones del ecosistema que parecen haber sido perturbadas por causa del Cambio Climático y que se comentarán en las siguientes secciones al describir el estado actual en relación al indicador 7.2.2.

#### 1.1.4.2 Escalas media y corta

Puesto que ésta componente del descriptor está directamente vinculada con la existencia de presiones, el estado actual viene descrito a partir de los mapas de afecciones directas elaborados y presentados en el documento de análisis de presiones e impactos. Según dicha información, la totalidad de presiones relevantes para la demarcación Estrecho-Alborán se concentra a día de hoy en regiones costeras, y



muchas de ellas se encuentran es aguas de transición, que se excluyen del desarrollo de la DMEM.

Por otra parte, el estado ambiental actual ha de ser coherente con las condiciones hidromorfológicas determinadas en el marco de la DMA. Encontrándose un buen estado ambiental excepto para cuerpos de agua anejos a grandes instalaciones portuarias.

Tal como se ha planteado en el desarrollo del descriptor, se han de considerar separadamente las afecciones que provienen de una fuente localizada, tales como grandes diques portuarios, de alteraciones no puntuales que causan un efecto acumulativo. A partir de informe de presiones se infiere lo siguiente:

1. ***Alteraciones no puntuales que causan un efecto acumulativo.***

- ***Grado de modificación de costa.*** La medida agregada de la carga de elementos artificiales indica que la línea de costa en esta demarcación ha sido objeto de transformación en aproximadamente un 24% (Figura 14 de Análisis de Presiones e impactos de la demarcación Estrecho-Alborán). La influencia de esta modificación progresiva del litoral en la hidrodinámica costera es difícil de evaluar y tan sólo existen estudios específicos para las zonas adyacentes a grandes infraestructuras, donde se localizan los efectos más notables. En tramos de costa abrupta los propios accidentes naturales del litoral provocan que la hidrodinámica local sea muy irregular, con continuas zonas de convergencia/divergencia de flujos, siendo por tanto menos importante la incorporación de accidentes artificiales pero en litorales costas más suaves el efecto es más importante. La implantación de costa artificial está relacionada con la erosión costera que, tal como se pone de manifiesto en el documento de presiones, supone un problema serio en ciertos tramos costeros de esta demarcación.
- ***Grado de regulación de cuencas hidrográficas.*** Esta Demarcación está asociada a una cuenca hidrográfica muy deficitaria y los escasos recursos hídricos en las cuencas que desembocan se ven reducidos en un porcentaje importante debido a las actividades humanas. (Tabla 8 de Análisis de Presiones e impactos de la demarcación Estrecho-Alborán). Existen además numerosas estaciones depuradoras de aguas residuales (once de gran capacidad incluidas en el registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes) cuyo efecto global es, como se ha



comentado, el de devolver parcialmente aguas retenidas para usos humanos.

## 2. **Alteraciones Localizadas**

- *Obras civiles que se introducen en el mar.* La Figura 5 del Análisis de Presiones e impactos muestra las obras civiles que ocupan un terreno marítimo clasificadas según lámina de agua encerrada, fundamentalmente diques de envergadura, destacando en este caso el Puerto de Algeciras (otros diques de envergadura se encuentran en zonas clasificadas como aguas de transición son: Motril y Almería). En base a las estimaciones discutidas en la Sección 7.2.2 podemos inferir que la superficie de plataforma continental afectada sería  $<100 \text{ km}^2$  (inferior al 1% de superficie de la plataforma continental de la Demarcación).
- *Vertidos térmicos o halinos.* Mostrado en las Figuras 55 a 59 del Análisis de Presiones e impactos, existen centrales térmicas (4) y desaladoras (más de 10) en la demarcación. La afección causada por vertidos de efluentes con condiciones hidrográficas alteradas tienen un alcance local y que en parte coincide con las zonas afectadas por obras civiles (puesto que las grandes infraestructuras que producen vertidos se sitúan en muchos casos en zonas portuarias).

Uno de los objetivos del presente descriptor es determinar cuáles son los hábitats afectados por estas perturbaciones y en qué medida, lo cual depende del cruce entre las cartografías de presiones y de hábitats. Existen diferentes grados de resolución en las fuentes de información que han dado lugar a las cartografías de hábitats presentadas en el descriptor 1, existiendo un grado alto de detalle en zonas costeras para hábitats más relevantes y una malla más gruesa para caracterización de hábitats de plataforma a partir de campañas de arrastre.

En cuanto a las presiones, el Análisis de Presiones e Impactos presenta estimaciones cuantitativas de acumulación de presiones en celdas estándar de 5 minutos de grado para (i) Potencial alteración del régimen hidrodinámico y modificación de la sedimentación (Figura 32) (ii) Potencial alteración del régimen térmico Potencial alteración de de régimen térmico (no se ha realizado para la demarcación por tratarse de efectos muy locales) y (iii) Potencial alteración de de régimen halino (Figura 60). Para ello se ha establecido criterios objetivos con valoraciones de impactos existentes



en cada celda según su tipo y magnitud y que se describen en el documento correspondiente.

El resultado de cruzar los hábitats con las estimaciones de acumulación de presiones se muestra a continuación. Puede observarse que los hábitats afectados son fundamentalmente aquellos anexos a infraestructuras civiles, mayormente anexos a zonas portuarias industriales que se adentran notablemente en el mar. Es importante notar que el tamaño de celda tipo sobre la cual se han agrupado las presiones es en general muy superior a la escala de afección esperable por las perturbaciones individuales. Por tanto la interpretación de las figuras 7.5-7.6 ha de entenderse como que existe posible interacción entre la alteración hidrográfica/hidrodinámica y ciertos hábitats presentes en la zona. No existen cartografías de hábitats a partir de campañas de arrastre que presenten interferencia con las zonas alteras por régimen térmico y muchos tramos litorales se encuentran afectados por alteración de régimen halino debido a la masiva retención de agua dulce en esta costa.

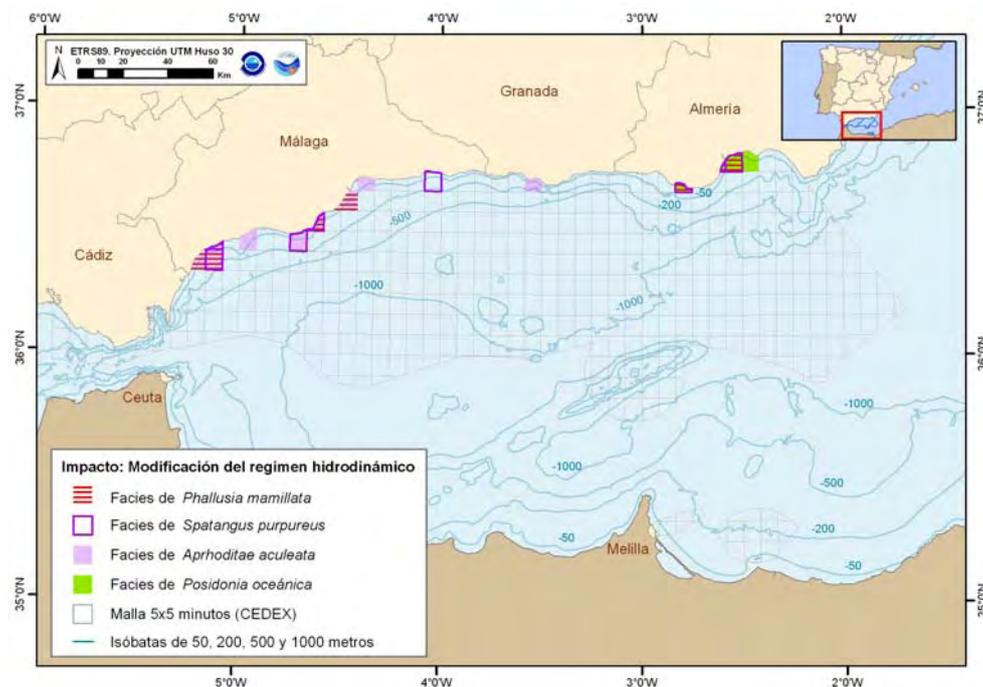


Figura 7.5. Cruce de cartografías de hábitats con potenciales alteraciones de régimen hidrodinámico y modificación de la sedimentación.

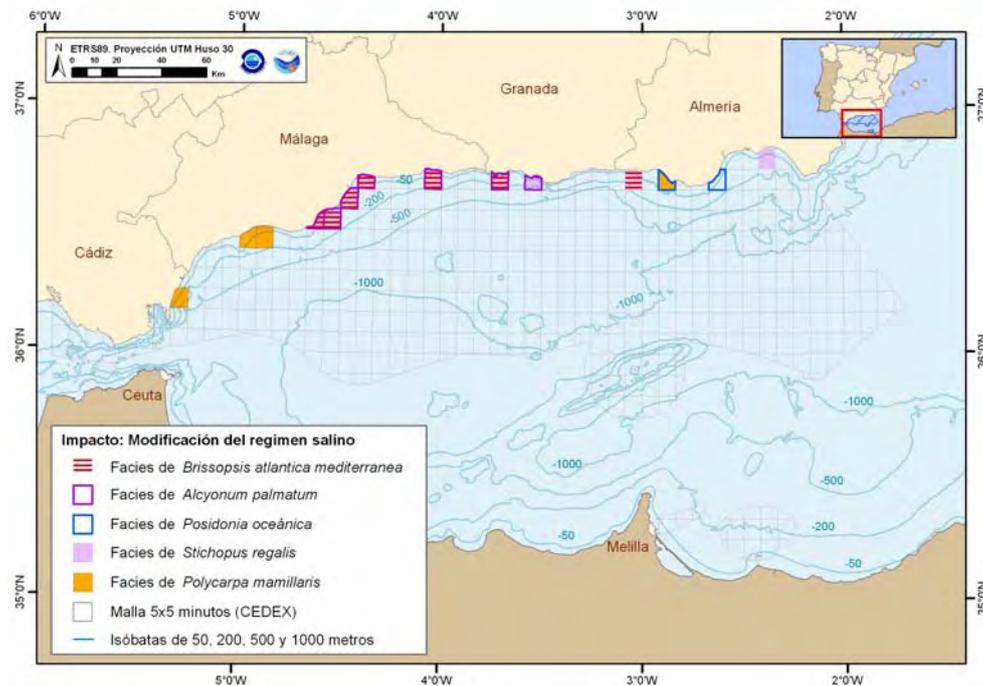


Figura 7.6. Cruce de cartografías de hábitats con potenciales alteraciones de régimen salino.

En cuanto a la componente más costera, las cartografías de hábitats costeros muestran asentamientos en las zonas de influencia directa de infraestructuras costeras, incluyendo áreas completamente antropizadas como la bahía de Algeciras, de tal forma que no es fácil cuantificar en qué medida se está produciendo una afección negativa. Únicamente podrían estimarse áreas de afección aplicando rangos de influencia máxima a partir de las afecciones puntuales principales, lo cual es un análisis que se recomienda para futuros desarrollos de la DMEM. Por otra parte, la superficie más litoral está en general influenciada por la modificación de la línea de costa natural, que tal como se ha visto tiene un efecto acumulado notable. No se han elaborado específicamente mapas de interferencia entre alteraciones hidrográficas y estos hábitats costeros cuya extensión es reducida porqué la escala a la que se han determinado alteraciones hidrográficas e hidrodinámicas no es la adecuada. Sin embargo es posible cruzar la información de forma visual entre los informes de presiones y los de cartografías de hábitats. En concreto, se observa interferencia entre praderas de fanerógamas marinas y fondos rocosos infralitorales con presencia de algas, corales y gorgonias e infraestructuras litorales en la mayor parte de las regiones y zonas adyacentes a los principales puertos (e.g. Algeciras y costas de Málaga y Almería).



### **1.1.4.3 Alteraciones en la funcionalidad de los ecosistemas**

En lo referente al indicador 7.2.2, no se encontrado apenas información específica de la demarcación Estrecho-Alborán, si bien existe un conjunto de trabajos que hace referencia a la cuenca Mediterránea de forma genérica. Se sugiere consultar la sección equivalente del documento de la demarcación Levantino-Balear, mucho más extensa.

### **1.1.5 Lagunas de información y conocimiento**

A la hora de describir las tendencias en las condiciones hidrográficas que puedan estar teniendo lugar a causa del cambio climático, el principal problema es que los programas de monitorización y los registros de series temporales son relativamente recientes. En este sentido, ni siquiera se ha determinado con precisión cuáles son los regímenes normales (climatológicos) de corrientes marinas en las plataformas continentales ni en el océano intermedio o profundo. Por tanto es necesario mantener y optimizar los programas de monitorización existentes y que nuestro país se involucre a fondo en las diferentes iniciativas internacionales que persiguen la creación de un sistema global integrado de observación de la tierra.

La determinación del impacto de obras civiles debería en principio estar cubierta por los diferentes estudios de impacto ambiental a que obliga la ley. En este sentido el desarrollo de modelos operativos que permitan caracterizar las condiciones hidrográficas en escalas cortas e inferir como éstas pueden resultar afectadas por el desarrollo de infraestructuras es fundamental, tanto para la gestión integrada de zonas costeras como para la Estrategia Marina. Sería adecuado hacer explícita la obligatoriedad, para los estudios de impacto ambiental, de indicar los rangos de afección esperados a consecuencia de las obras que se vayan a realizar.

### **1.1.6 Evaluación integrada a nivel de criterio y descriptor. Conclusiones**

En definitiva, el aspecto más relevante es que los efectos del calentamiento observado en las últimas décadas en nuestra región, que la ciencia atribuye al cambio climático, ejerce una presión importante sobre la Demarcación. Si bien no siempre es inequívoco atribuir los efectos observados en los diferentes ecosistemas al efecto exclusivo del cambio climático si se acumulan evidencias en este sentido.

Por otra parte, el impacto producido por infraestructuras civiles está muy localizado y es limitado. De hecho, siguiendo las recomendaciones del documento AdGES7 de OSPAR, que indica que el D7 “pretende dar respuesta a **nuevas** actuaciones a **gran**



**escala**”, dejaría en principio todas las infraestructuras recogidas en los anteriores mapas fuera de su ámbito de actuación. Finalmente, el impacto agregado de la modificación de la costa y de las regulaciones de las cuencas hidrográficas es difícil de evaluar. Sólo es posible constatar la existencia de una afección pero en cualquier caso el estado de referencia ha de identificarse con el propio estado actual.



## **2. DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL**

### ***2.1.1 Interpretación del BEA en relación con los criterios del Descriptor 7***

Como se ha indicado anteriormente, el documento de recomendaciones AdGES7 de OSPAR proporciona un conjunto de directrices para la interpretación del BEA en relación con el D7 y los criterios que lo estructuran. Lo fundamental según dicho documento es que el D7 ha de hacerse cargo de desarrollos nuevos, de gran escala y que causen alteraciones de forma permanente (es decir, obviando cambios temporales durante fases de construcción). En cuanto al cambio climático, todos los ecosistemas se encuentran en un proceso de transición, por lo que el BEA ha de tener en cuenta las condiciones ambientales existentes en cada momento.

### ***2.1.2 Ámbito y limitaciones***

El D7 está fuertemente ligado a las presiones causadas por infraestructuras localizadas bien en terrenos marítimos o bien en la costa pero que impliquen interacción con el entorno marino. Por tanto el estado ambiental se asocia unívocamente a la presencia o ausencia de presiones, de tal forma que al retirar cierta presión se restituye inmediatamente el estado “natural”. Este hecho condiciona la caracterización del estado ambiental en el sentido de que para otros descriptores la respuesta del sistema a las presiones es más compleja o indirecta (el estado ambiental puede ser lentamente reversible o incluso irreversible tras retirar una presión).

La ocupación de costa y terrenos marítimos se ha venido haciendo de forma progresiva históricamente por lo que no se dispone de estudios históricos detallados sobre la hidrodinámica costera local que sirvan de referencia para cuantificar como se han ido modificando las condiciones. Por tanto, y a escala de la demarcación, no es posible definir el buen de estado ambiental en base a otro supuesto que no sea asimilar el estado actual al BEA (tal y como se indica en el documento AdGES7 de OSPAR).

### ***2.1.3 Definición del BEA. Metodología y fundamento***

Por la propia naturaleza del descriptor, la definición del buen estado ambiental ha de ser de carácter cualitativo y no puede apoyarse en valores de referencia de ciertos parámetros que no deban superarse (tal y como ocurre por ejemplo en el caso de contaminantes). La propuesta de definición del BEA sería la que sigue:



**Las condiciones hidrográficas e hidrodinámicas en la demarcación son naturales excepto localmente, en determinadas zonas afectadas por infraestructuras, siendo la extensión de éstas reducida en comparación con las zonas naturales y no causando daños irreversibles en hábitats biogénicos y hábitats protegidos.**

**Los hábitats marinos evolucionan en consonancia con las condiciones climáticas reinantes.**



### 3. ANEXOS

#### Anexo I. Glosario de términos y acrónimos

**AdGES7:** Advice Document on GES 7 – Hydrographical conditions. OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. Intersessional Correspondence Group for the Implementation of the Marine Strategy Framework Directive (ICG-MSFD). Ref: ICG-MSFD(4) 11/2/2-E.

**DC2010:** DECISIÓN del al Comisión de 1 de septiembre de 2010 sobre los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas. Diario Oficial de la Unión Europea. 2010/477/UE. p.232/14.

**DMA:** DIRECTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de la Unión Europea. 22.12.2000. L.237 1-73.

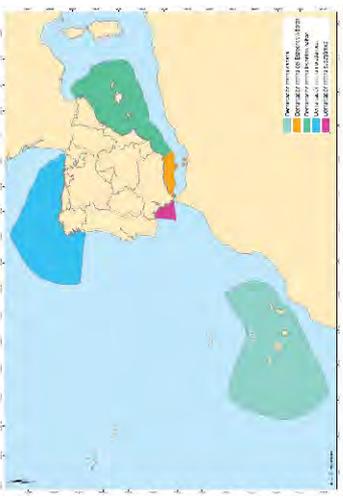
**DMEM:** DIRECTIVA 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 2008 por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina). Diario Oficial de la Unión Europea. 25.6.2008. L.164 19-40.

**RMSJRC:** Review of Methodological Standards Related to the Marine Strategy Framework Directive Criteria on Good Environmental Status. Ref: JCR EUR 24743 EN - 2011.

**SEC2011:** COMMISSION STAFF WORKING PAPER: Relationship between the initial assessment of marine waters and the criteria for good environmental status. Brussels, 14.10.2011 SEC(2011) 1255 final.



## Anexo II. Documento de solicitud de información científica

|                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN</p>                                                                                           | <p>INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Gran escala. Toda la comunidad o cuenca oceánica completa. En principio contemplando el cambio climático.</p>                                                                                                      | <p>Cambio en distribuciones de especies en general (e.g. plancton, riverásteros, bancos de microalgas, peces, mamíferos marinos, etc.).<br/>Cambia en comportamiento de especies (e.g. adelantamiento de épocas de puesta, alteraciones en patrones de migración de pelágicos, manifiestas, aves etc.)<br/>Cambios funcionales en el ecosistema (e.g. alteración de niveles de producción primaria etc.)<br/><b>Otros</b></p>                                          |
| <p>Escala media y local. Una porción de la demarcación en el rango de la mesoescala oceánica (decenas de km) o un lugar puntual.</p>                                                                                  | <p>Casos de alteraciones del funcionamiento del ecosistema por regulación de caudales de grandes ríos (e.g. especies cuyas puestas o reclutamientos están asociados a plumas de río). Alteraciones causadas por cambios del régimen de corrientes debido a grandes estructuras de ingeniería.<br/>Casos de ocupación física de hábitats relevantes por estructuras marinas.<br/>Casos de destrucción de hábitats relevantes por vertidos marinos.<br/><b>Otros</b></p> |
| <p><b>Demarcaciones nacionales (este mapa es para uso técnico y no refleja los límites oficiales con los Estados vecinos).</b></p>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN</p>      | <p>INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>César M. González-Fots Muritz<br/>Instituto Español de Oceanografía<br/>c/ Príncipe de Asturias 70 Bta.<br/>CP 33312, Gijón</p> | <p><b>Solicitud de información sobre cambios en el ecosistema marino potencialmente causados por alteraciones hidrográficas.</b></p> <p><b>Estimado/a compañero/a:</b></p> <p>Como parte del desarrollo nacional de la implementación de la Directiva Marco de Estrategia Marina, desde el Instituto Español de Oceanografía y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, estamos recopilando información relevante a los diferentes descriptores cualitativos que han sido definidos por la Comisión Europea. El descriptor nº7 indica que para alcanzar un buen estado ambiental ha de observarse que "la alteración permanente de las condiciones hidrográficas no afecta de manera adversa a los ecosistemas marinos". El desarrollo de criterios de dicho descriptor indica que ha de atenderse a los cambios hidrográficos permianmas y explícitamente a:</p> <p><b>Cambios en los hábitats y, en especial, en las funciones que en ellos se desarrollan (como por ejemplo zonas de cría, de alimentación o como rutas migratorias de aves, peces, aves y mamíferos) a consecuencia de una alteración de las condiciones hidrográficas (7.2.2).</b></p> <p>En este contexto, se ha creído conveniente realizar un recopilación, lo más exhaustiva posible, de casos específicos en los que claramente se haya establecido o sugerido que una variación del régimen hidrográfico/hidroclimático aparece como causada de cambios en hábitats marinos. Se consideran tanto los cambios a pequeña y media escala debidos a una acción directa antropogénica en el medio marino como los cambios a gran escala, concretamente aquellos debidos al incremento de la temperatura del agua en las últimas décadas y que en última instancia se atribuyen al cambio climático.</p> <p>Para que la presente recopilación sea lo más detallada posible, necesitamos la colaboración de toda la comunidad científica nacional. Por ello le pido que si eres autor de o conoces algún trabajo que pueda ser relevante, nos haga llegar la referencia bibliográfica junto con una o dos líneas que describan el cambio observado y nos indiquen a su vez a qué (cuales) demarcación(es) corresponden según tabla y mapa adjuntos en la siguiente página. El medio preferido es el correo electrónico (a las direcciones adjuntas) indicando en el cuerpo del mensaje <b>Cambios en Hábitats. SW descriptor 7.2.2.</b></p> <p><a href="mailto:polivo.vega@iceo.es">polivo.vega@iceo.es</a><br/><a href="mailto:polivo@iceo.es">polivo@iceo.es</a></p> <p>Agradeciendo de antemano tu valiosa colaboración,<br/>Un cordial saludo</p>  <p>1 de 31/2010 de 29 de diciembre de protección del medio marino.<br/>2 DIRECTIVAN DE LA COMISION de 1 de septiembre de 2010 sobre las emisiones y las normas medioambientales aplicables al buce estado medioambiental de las aguas marinas. Diario Oficial de la Unión Europea. 2010/977/UE. p.232/34.</p> |



### Anexo III. Referencias

- Camp, J.; 2003. ¿Es inevitable el incremento de HAB's en el Mediterráneo?. En: *VIII Reunión Ibérica sobre Fitoplancton Tóxico y Biotoxinas*, pp. 25–27.
- Holliday, N.P.; Hughes, S.L.; Bacon, S.; Beszczynska-Moller, A.; Hansen, B.; Lavin, A.; Loeng, H.; Mork, K.A.; Osterhus, S.; Sherwin, T.; Walczowski, W.; 2008. Reversal of the 1960s to 1990s freshening trend in the northeast North Atlantic and Nordic Seas, *Geophys. Res. Lett.*, *35*.
- Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, M.; van der Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C.A. (Eds.). 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Johnson, G.C.; Gruber, N.; 2007. Decadal water mass variations along 20 degrees W in the Northeastern Atlantic Ocean. *Prog. Oceanogr.*, *73*, 277–295.
- Reynolds, R.W.; Rayner, N.A.; Smith, T.M.; Stokes, D.C.; Wang, W.Q.; 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate, *J. Clim.*, *15*, 1609–1625.
- Sabates, A.; Martin, P.; Lloret, J.; Raya, V.; 2006. Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean, *Global Change Biology* *12*: 2209-2219.
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Marquis, M.; Averyt, K.M.; Tignor, M.B.; Miller, H.L.; Chen, Z. (Eds.), 2007. *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC (Climate Change 2007)*, Cambridge University Press.
- Thierry, V.; de Boisseson, E.; Mercier, H.; 2008. Interannual variability of the Subpolar Mode Water properties over the Reykjanes Ridge during 1990-2006, *J. Geophys. Res.*, *113*.