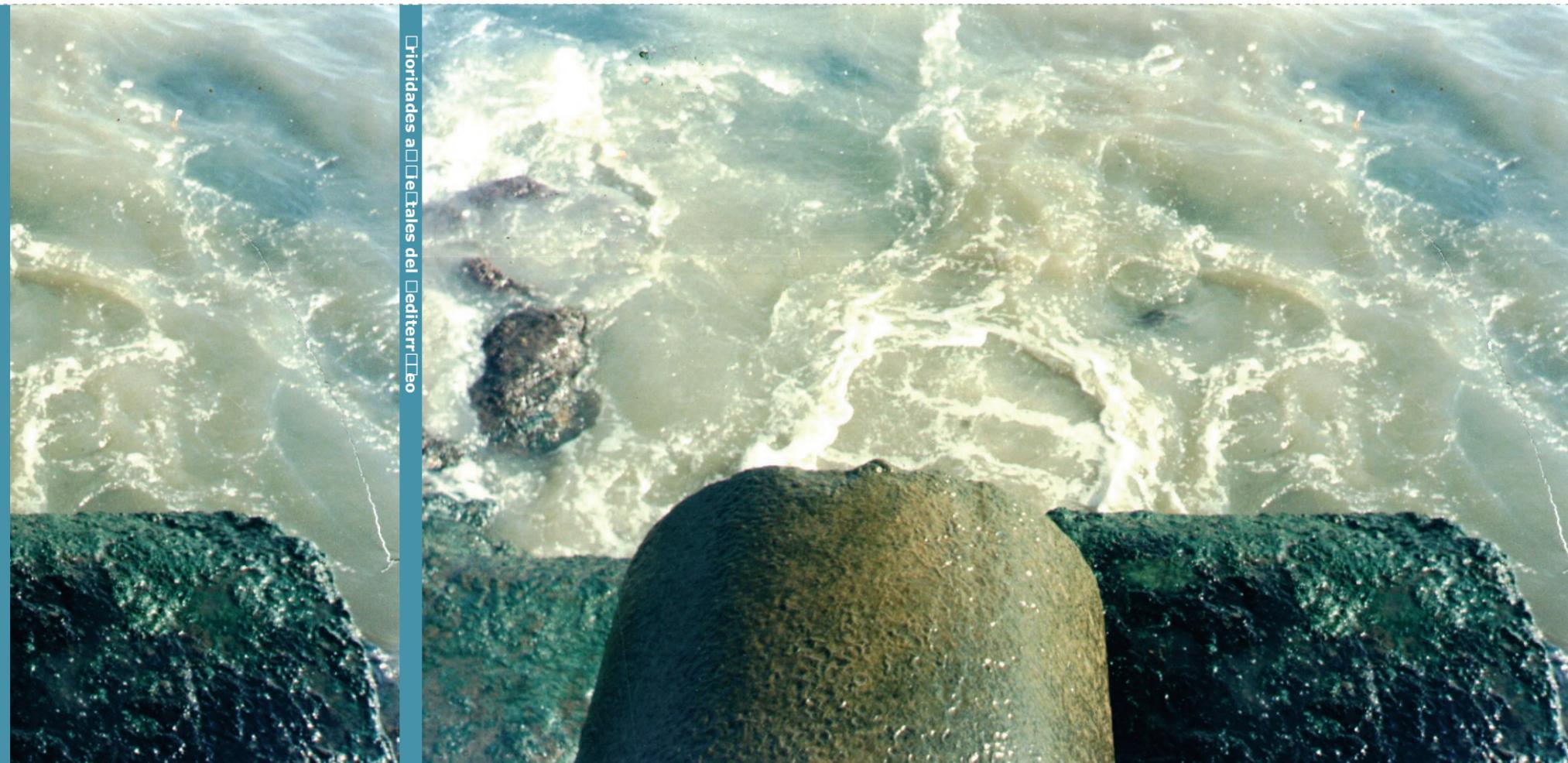
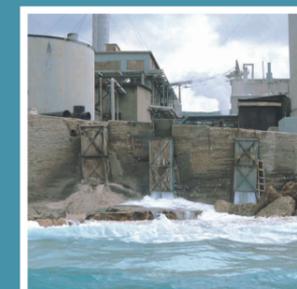


# Prioridades ambientales del Mediterráneo



Prioridades ambientales del Mediterráneo

ISBN: 978-84-8320-408-5  
  
9 788483 204085  
PVP: 11,00 €  
(I.V.A. incluido)





Agencia Europea de Medio Ambiente



## Prioridades ambientales del Mediterráneo



MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE

**2007**

Diseño de portada: AEMA  
Foto de portada © ADN Argelia, 2003  
Foto izquierda © Helmut Zibrowius  
Foto derecha © AEMA  
Maquetación: Scanprint A/S, EEA

### **Advertencia**

El contenido del presente informe no refleja necesariamente la opinión oficial de la Comisión Europea ni de otras instituciones de la Comunidad Europea. Ni la Agencia Europea de Medio Ambiente ni ninguna persona o empresa que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en este informe.

### **Todos los derechos reservados**

Queda prohibida la reproducción total o parcial de la presente publicación por cualquier medio, electrónico o mecánico, inclusive fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin la autorización por escrito del titular de los derechos de autor. Para derechos de traducción o de reproducción, póngase en contacto con la AEMA (véase la dirección en la parte inferior de esta página)

En internet, a través del servidor Europa (<http://europa.eu>), pueden consultarse otras muchas informaciones sobre la Unión Europea.

### **Revisión científica de la edición en español:**

Este trabajo ha sido realizado por TAU Consultora Ambiental por encargo de la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos (Punto Focal Nacional de la AEMA), Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente (MMA).

### **Supervisión, coordinación y control (MMA):**

Israel Pastor Sainz-Pardo  
Javier Rubio de Urquía  
Gema de Esteban Curiel

### **Coordinación (TAU Consultora Ambiental):**

Ivanna Jiménez Reguilón

### **Equipo de revisión:**

Manuel Álvarez-Arenas Bayo, TAU Consultora Ambiental  
José María Gascó Montes, Universidad Complutense de Madrid  
Rodrigo Jiliberto Herrera, TAU Consultora Ambiental  
Lourdes Losarcos Escalera, TAU Consultora Ambiental  
Eduardo de la Peña de Torres, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

### **Corrección de estilo y maquetación:**

Tina Guillem

Título del original en inglés: *Mediterranean report (EEA/UNEP), 2005*

© Agencia Europea de Medio Ambiente, 2006  
© de la presente edición Ministerio de Medio Ambiente, 2007

Publicada mediante un convenio con la AEMA y con la oficina de Publicaciones de la CE (OPOCE)  
El Ministerio de Medio Ambiente se responsabiliza por completo de la revisión científica de la traducción.

Catálogo general de publicaciones oficiales  
<http://www.060.es>

Edita: Centro de publicaciones  
Secretario General Técnica  
Ministerio de Medio Ambiente®

I.S.B.N.: 978-84-8320-408-5  
NIPO: 310-07-080-0  
Depósito legal: M. 47.798-2007

Imprime: Closas-Orcoyen S.L.  
Impreso en papel reciclado al 100% totalmente libre de cloro

# Presentación de la edición española

La situación geográfica de nuestro país supone ventajas apreciables, pero también implica responsabilidades. Coinciden en España ecosistemas de cuatro regiones biogeográficas: alpina, atlántica, macaronésica y mediterránea. Sin quitar importancia a ninguna otra, la región mediterránea imprime un carácter especial a la imagen general de España. Casi un tercio de nuestra población se sitúa cerca de las costas, y entre estas, el litoral mediterráneo es cada verano el escenario de un turismo masivo. Compatibilizar esto, y las infraestructuras necesarias, con la preservación de espacios, paisajes, y ecosistemas terrestres y marinos, es precisamente una de nuestras grandes responsabilidades.

El Mediterráneo español concentra una elevada diversidad de hábitats y especies de interés, y es también una región con un atractivo poco común. Tenemos que afrontar una actividad industrial no siempre suficientemente respetuosa con el medio ambiente, así como hemos hecho notables esfuerzos para la depuración de las aguas residuales urbanas. Estos esfuerzos, que continuarán con el recién aprobado Plan de Saneamiento y Depuración, han mejorado de manera sensible la calidad de las aguas de los ríos y de las costas.

El clima de nuestra región mediterráneo, cálido y suave, con escasas precipitaciones, es uno de los atractivos importantes, que favorece el sector turístico. Pero este clima, y sobre todo la falta de precipitaciones, enciende las alarmas en las cuencas hidrográficas del Júcar y del Segura. Asegurar el abastecimiento y el caudal ecológico se convierte en una tarea especialmente dura algunos años. La opción que ha puesto en marcha este Ministerio a través del Programa AGUA, y cuyos primeros resultados ya son apreciables, supone la desalinización de aguas marinas y salobres, resolviendo de manera compatible con el medio ambiente la disolución de salmuera y la utilización de energías renovables.

La protección de la costa se realiza por la Administración General del Estado y por las Comunidades Autónomas. Es importante resaltar que más de seis mil kilómetros de costa han sido ya deslindados, como primer paso necesario para una protección efectiva. También es importante tener en cuenta que más de 2.800 km de costa forman parte de alguna de las figuras de Espacio Natural Protegido definidas por la Ley 4/89.

Más allá de los proyectos específicos, la aplicación en toda su dimensión de la Directiva Marco del Agua impulsará los esfuerzos que administraciones y ciudadanos debemos realizar para preservar el Mediterráneo. Es este un patrimonio que durante dos mil años ha unido a los pueblos mediterráneos, forma parte de nuestra historia y en parte nos ha modelado.

Jaime Alejandro

Director general de Calidad y Evaluación Ambiental

Ministerio de Medio Ambiente



# Índice

<b>Índice</b> .....	<b>3</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>5</b>
<b>Prólogo</b> .....	<b>6</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>10</b>
1.1 Peculiaridades del mar Mediterráneo.....	10
1.2 Entorno físico .....	10
1.3 Hidrografía.....	10
1.4 Productividad de los ecosistemas .....	11
1.5 Fauna y flora: estado de la biodiversidad.....	11
1.6 Presiones de las actividades humanas y sus impactos .....	12
1.6.1 Naturaleza y gravedad de los problemas en el litoral mediterráneo y en el mar junto a la costa.....	12
1.6.2 Cuestiones prioritarias en cada país.....	13
1.6.3 Problemas emergentes que amenazan a los ecosistemas.....	13
<b>2. Análisis de los problemas</b> .....	<b>16</b>
2.1 Fuentes de contaminación de origen terrestre.....	16
2.2 Destrucción y alteración física de hábitat.....	23
2.3 Contaminación en alta mar y de origen marino .....	25
<b>3. Problemas de contaminación país por país</b> .....	<b>28</b>
3.1 Albania.....	28
3.2 Argelia .....	29
3.3 Bosnia y Herzegovina .....	30
3.4 Croacia.....	30
3.5 Chipre.....	31
3.6 Egipto .....	31
3.7 Eslovenia .....	32
3.8 España .....	33
3.9 Francia .....	34
3.10 Gaza y Cisjordania .....	34
3.11 Grecia .....	35
3.12 Israel .....	36
3.13 Italia.....	36
3.14 Líbano.....	37
3.15 Libia.....	38
3.16 Malta .....	39
3.17 Marruecos.....	39
3.18 Mónaco .....	40
3.19 Serbia y Montenegro .....	40
3.20 Siria.....	41
3.21 Túnez.....	42
3.22 Turquía.....	43

<b>4. Desastres naturales .....</b>	<b>44</b>
4.1 Sismicidad .....	44
4.2 Actividad volcánica.....	44
4.3 Movimientos de masas - tsunamis.....	45
<b>5. Especies exóticas .....</b>	<b>47</b>
5.1 Invasiones biológicas: un proceso incesante .....	47
5.2 Modo de introducción y distribución de especies exóticas en el Mediterráneo.....	47
5.3 Impacto de las especies exóticas.....	48
5.4 Especies exóticas como recurso de la pesca.....	49
5.5 Valor añadido por el estudio de las especies exóticas del Mediterráneo .....	50
<b>6. Proliferación de algas nocivas .....</b>	<b>51</b>
6.1 Proliferación de algas nocivas (PAN) en el mar Mediterráneo .....	51
6.2 Efectos tóxicos en el ser humano .....	51
6.3 Muerte de los peces y contaminación del pescado.....	52
6.4 Cambios en el ecosistema .....	53
6.5 Efectos socioeconómicos .....	54
<b>7. Cambios en los ecosistemas por una pesca no sostenible .....</b>	<b>55</b>
7.1 El concepto de ecosistema en la pesca .....	55
7.2 Pérdida de biodiversidad – el problema de los descartes.....	56
7.3 Cambios en la estructura de las poblaciones de peces .....	57
<b>8. Cambios en los ecosistemas debidos al desarrollo de la acuicultura.....</b>	<b>59</b>
8.1 Cuestiones prioritarias del impacto de la acuicultura .....	59
<b>9. Estado de la calidad ecológica en las zonas costeras.....</b>	<b>63</b>
9.1 Presencia y cobertura de macrofitos bentónicos (sensibles/oportunistas) .....	63
9.2 Presencia/abundancia de especies/grupos taxonómicos zoobentónicos sensibles/ oportunistas.....	64
9.3 Índice de diversidad de la comunidad (H) basado en el zoobentos .....	64
9.4 Estado de calidad ecológica basada en el zoobentos.....	66
<b>10. Instrumentos jurídicos y políticos.....</b>	<b>68</b>
10.1 El Convenio de Barcelona y sus protocolos (sistema de Barcelona).....	68
10.2 Cooperación de la UE con países asociados del Mediterráneo.....	69
10.3 Análisis de los problemas medioambientales y sus correspondientes instrumentos jurídicos y políticos .....	70
10.3.1 Contaminación .....	70
10.3.2 Conservación de la biodiversidad .....	71
10.3.3 Pesca – acuicultura .....	72
<b>11. Conclusiones.....</b>	<b>73</b>
11.1 Principales resultados .....	73
11.2 Pasos necesarios para mejorar la gestión del medio ambiente .....	74
11.2.1 Lagunas de conocimientos y trabajo necesario para el futuro .....	74
11.2.2 Prevención de la contaminación y mejores prácticas de gestión.....	75
11.2.3 Capacidad socioeconómica para la gestión del medio ambiente .....	76
11.2.4 Necesidades y futuras intervenciones para la gestión integrada de las zonas costeras (GIZC).....	76
11.3 Necesidad de mecanismos reguladores adecuados.....	76
<b>Siglas .....</b>	<b>78</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>81</b>

# Agradecimientos

---

El presente informe ha sido elaborado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), el Centro Temático Europeo sobre el Agua (CTE/A) de la AEMA y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Plan de Acción Mediterráneo (PNUMA/PAM). El Centro Helénico para la Investigación Marina (HCMR) ha contribuido también económicamente como socio del CTE/A. Los editores jefe han sido Evangelos Papathanassiou y Argyro Zenetos, ambos del HCMR, y Ewa Wlodarczyk (directora de proyecto de la AEMA). Las personas que más han contribuido a la elaboración de este trabajo son, por orden alfabético, las siguientes: Fouad Abousamra (PNUMA/PAM), Michalis Angelidis (Universidad de Aegean, Grecia), Nikoleta Bellou, Dimitris Sakellariou, Nikos Streftaris y Argyro Zenetos (todos del HCMR). También ha contribuido el equipo

del PNUMA/PAM: Francesco Saverio Civili, George Kamizoulis y Colpan Polat-Beken. Asimismo, queremos expresar nuestro agradecimiento a Tim Lack (CTE/A) y Linda Kioussi (HCMR) por la edición lingüística, así como a Linda Bredahl (AEMA) y a Antonis Zambelis (HCMR) por su oportuna reelaboración de los mapas y los gráficos. Mark Grundy (AEMA) editó la versión final del informe.

La AEMA agradece los comentarios sobre la versión preliminar del informe hechos por los Coordinadores Nacionales de MEDPOL y de la Comisión Europea (DG Medio Ambiente). A la versión final del informe se han incorporado los comentarios considerados oportunos.

# Prólogo

---

En 1999, reconociendo la falta de una información actualizada y detallada que pudiera servir como base de actuación, la AEMA y el PNUMA/PAM colaboraron en la elaboración de una publicación conjunta: «Estado y presiones del medio ambiente marino y del litoral del Mediterráneo» (edición española, Ministerio de Medio Ambiente, 2001). Posteriormente han seguido colaborando en otras evaluaciones detalladas que pueden servir de base para la acción global para invertir las tendencias actuales de la región; el presente informe conjunto es un ejemplo de dicha colaboración.

Inspirándose en los principios de la Estrategia Temática de la Unión Europea sobre la Protección y la Conservación del Medio Ambiente Marino, el interés conjunto de la AEMA y del PNUMA/PAM se ha centrado en un estudio de las zonas del mar Mediterráneo que requieren atención prioritaria por sus problemas de contaminación, y en la resolución de los problemas emergentes. Todas estas cuestiones se enfocan a partir de una aproximación ecosistémica. El núcleo de este informe procede de los últimos informes (2003-2004) de los Análisis Diagnósticos Nacionales (ADN) de cada país. Dichos informes se han elaborado en el marco de la aplicación del Plan de Acción Estratégico (PAE) para hacer frente a la contaminación del mar Mediterráneo procedente de actividades de origen terrestre. Asimismo, en un Análisis Diagnóstico Transfronterizo (ADT) (PNUMA/PAM, 2004a), basado en el programa MEDPOL del PNUMA/PAM, se han identificado las zonas marinas y costeras que se encuentran amenazadas por actividades de origen terrestre (como son la contaminación derivada de la urbanización, el crecimiento de la población, el turismo, las aguas residuales, la actividad industrial – incluida la industria petrolera y el tráfico marítimo – y la agricultura).

Con este informe no se pretende presentar un análisis global de la situación del medio ambiente marino en el Mediterráneo, sino examinar con detalle algunos problemas emergentes de la región del Mediterráneo, importantes para mantener un ecosistema sostenible, tal y como se reconoce en anteriores informes de la AEMA (AEMA, 1999; 2002). Entre ellos, cabe mencionar los siguientes:

- Invasiones biológicas que pueden provocar cambios significativos en la biodiversidad marina, sobre todo en la cuenca oriental;
- Prácticas no sostenibles de pesca y acuicultura en algunos países mediterráneos, que pueden originar la sobreexplotación de los recursos vivos, además de afectar al ecosistema marino y costero; por ejemplo, la pesca de arrastre en los hábitat del fondo marino y las especies no objetivo;
- Proliferación de algas nocivas, que suponen riesgos para la salud humana, en todo el mar Mediterráneo;
- Los desastres naturales y el estado de calidad ecológica se han añadido también a la lista de problemas emergentes, dado el interés general que suscitan.

Por último, es importante mencionar que los datos principales con los que se ha contado para la elaboración de este informe han sido facilitados al PNUMA/PAM por los distintos países. Este informe puede utilizarse para llamar la atención sobre opciones alternativas de política que ayuden a los responsables de las políticas regionales y nacionales a adoptar medidas prioritarias que tengan un efecto positivo en el medio ambiente marino del Mediterráneo.

# Resumen

Este informe ha sido elaborado por la AEMA y el PNUMA/PAM. Su finalidad es identificar zonas de carácter prioritario a causa de la contaminación y problemas emergentes en el mar Mediterráneo. El informe no pretende describir el estado general del medio ambiente en el mar Mediterráneo. Por el contrario, aborda cuestiones específicas que son motivo prioritario de preocupación para el desarrollo sostenible de la región y que como tales han sido reconocidas en informes anteriores de la AEMA (AEMA, 1999; 2002).

El litoral del Mediterráneo alberga numerosas actividades humanas que provocan en gran parte la degradación del ecosistema marino. Los principales motivos de preocupación son:

**Aguas residuales y escorrentías urbanas.** De las 601 ciudades costeras que tienen una población de más de 10.000 habitantes (población residente total de 58,7 millones de habitantes), sólo el 69% cuenta con una estación depuradora de aguas residuales. No obstante, la eficiencia de las estaciones para eliminar los contaminantes suele ser más bien baja e inadecuada. El problema se ha visto agravado por el rápido crecimiento de muchas poblaciones costeras, sobre todo en el sur del litoral mediterráneo.

Los **residuos sólidos** producidos en los centros urbanos del litoral mediterráneo suelen depositarse en vertederos con un tratamiento sanitario mínimo o nulo. La emisión de sólidos finos procedentes de instalaciones industriales del litoral o la de materiales inertes procedentes de las actividades de la construcción, pueden llegar a formar una capa de material de origen terrestre sobre el lecho marino.

**Efluentes industriales, incluidos los procedentes del procesamiento del petróleo.** La mayoría de las zonas costeras del Mediterráneo albergan industrias químicas y mineras que producen cantidades importantes de **residuos industriales**, tales como metales pesados, sustancias peligrosas y contaminantes orgánicos persistentes (COP) que pueden alcanzar el medio ambiente marino del Mediterráneo directa o indirectamente (por medio de ríos y escorrentías, por ejemplo). Asimismo, la acumulación de **sustancias químicas obsoletas** (como COP y plaguicidas) constituye una fuente importante de contaminantes para el medio ambiente marino. La mayoría de estos compuestos se mencionan en la sección dedicada a la presencia de COP en la región del Mediterráneo. En muy pocos casos se han adoptado medidas para controlar y tratar los lixiviados de los vertederos que contaminan las aguas subterráneas y/o el medio ambiente marino del litoral con contaminantes

orgánicos y metales pesados. Por otro lado, los incendios accidentales emiten partículas de humo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y dioxinas, que deterioran gravemente la calidad del aire.

La **urbanización** del litoral es uno de los grandes problemas de la región mediterránea, que ocasiona a menudo la pérdida de biodiversidad debido a la alteración física y a la destrucción de los hábitat. Los problemas relacionados con la edificación del litoral se repiten en todo el Mediterráneo. Ello se debe generalmente al desarrollo no controlado, sobre todo de las infraestructuras turísticas. La destrucción de humedales y marismas, asociada a la ocupación del suelo y a la explotación minera de los recursos litorales para atender las necesidades del sector de la construcción (canteras de arena y piedra), está alterando también de manera irreparable el litoral mediterráneo natural.

La **eutrofización** es muy frecuente en las superficies de agua marina abrigadas, como puertos y bahías semicerradas a lo largo del litoral mediterráneo, sobre todo en las proximidades de las poblaciones costeras. Los vertidos urbanos que no reciben tratamiento o que reciben sólo un tratamiento parcial contienen cantidades importantes de nutrientes y materias en suspensión (degradables o inertes), que contribuyen en gran medida a la acumulación de depósitos ricos en materia orgánica y contaminados con metales y otros contaminantes.

La **erosión de la arena** es un problema frecuente en muchos países mediterráneos. Aunque se atribuye a causas naturales, como el transporte de sedimentos marinos, puede verse aumentada por las actividades humanas (p. ej., canteras de arena). La erosión de la arena puede tener multitud de efectos sobre el ecosistema costero, como pueden ser la destrucción de las capas superficiales del suelo, con la consiguiente contaminación de las aguas subterráneas; la degradación del sistema de dunas, con la consiguiente pérdida de recursos sedimentarios; y la desertización y disminución de la biodiversidad.

El **transporte marítimo** es una de las principales fuentes de hidrocarburos derivados del petróleo y de contaminación por HAP en el mar Mediterráneo. Se estima que todos los años cruzan el Mediterráneo aproximadamente 220.000 buques de más de 100 toneladas. Dichos buques liberan unas 250.000 toneladas de petróleo en operaciones marítimas como descarga de lastre, lavado de tanques, entrada en dique seco y vertido de combustibles y petróleo. Además, entre 1990 y 2005 se han vertido aproximadamente

80.000 toneladas de petróleo en accidentes marítimos. Por último, los incidentes ocurridos en las refinerías, junto con los vertidos habituales de las instalaciones terrestres, se estiman en 120.000 toneladas/año, produciendo concentraciones elevadas de petróleo en sus proximidades.

Todas estas cuestiones sirven como base para evaluar los principales problemas del medio ambiente en el litoral de los países mediterráneos (tabla 1). La identificación de los puntos de alarma y las zonas de especial riesgo ambiental se indica país por país. No obstante, conviene aclarar que los informes nacionales contienen a veces datos contradictorios y que la disponibilidad de datos no es la misma en todos los países. Por tanto, el estrés contaminante se ha evaluado a escala nacional en lugar de panmediterránea.

Además de las amenazas de origen terrestre y de las relacionadas con el transporte marítimo, se han identificado una serie de problemas que son motivo de preocupación para la salud de los ecosistemas marinos del Mediterráneo.

**Invasiones biológicas.** Los cambios climáticos, sumados al deterioro de los ecosistemas próximos a puertos y lagunas, han ocasionado **cambios importantes en la biodiversidad** debido a la introducción y el establecimiento de especies exóticas. La mayoría de las especies exóticas se encuentran en la cuenca oriental (levante). La introducción de especies exóticas (más de 600 registradas en 2004) es un proceso dinámico

imparable, notificándose 15 especies nuevas cada año. Llama la atención que, en lo que va de siglo XXI, ya se han notificado 64 especies nuevas en el Mediterráneo, 23 de ellas en 2004.

**Proliferación de algas nocivas (PAN)** En el Mediterráneo, la creciente presencia de PAN ha originado graves problemas de salud pública causados por el consumo de marisco contaminado por algas tóxicas. Según los resultados del proyecto de investigación ECOHARM financiado por la UE, el impacto socioeconómico estimado de la PAN en los tres países mediterráneos evaluados – Italia, Grecia y Francia – es de aproximadamente 329 millones de euros al año.

**Explotación de los recursos marinos.** La pesca en los niveles más bajos de la red trófica marina tiene un impacto negativo sobre todo el ecosistema. Según las estadísticas de pesquerías de la FAO, el nivel trófico medio de las capturas mediterráneas ha descendido aproximadamente un nivel en los últimos 50 años, es decir, se ha producido una pérdida significativa de depredadores en la parte alta de la cadena trófica. Otro impacto documentado es el relacionado con los cambios observados en la estructura de las poblaciones de peces. En las poblaciones de demersales predominan los ejemplares alevines, lo que es indicativo de una elevada presión ejercida por la pesca. Existe también un elevado interés económico por los peces de pequeño tamaño, que conlleva capturas elevadas de peces de tamaño menor de lo permitido en algunas explotaciones de arrastre de fondo. Asimismo los elevados índices de

**Tabla 1 Principales problemas medioambientales en las zonas costeras de los países mediterráneos**

	Vertidos urbanos	Residuos sólidos urbanos	Vertidos industriales	Vertidos oleosos	Acumulación de sustancias químicas tóxicas	Eutrofización costera	Urbanización litoral
Albania	+	+	-	-	+	+/-	+/-
Argelia	+	+	+	+	-	+/-	+
Bosnia y Herzegovina	+	+	-	-	+/-	-	+
Croacia	+	+	-	+ (esperado)	-	+	+
Chipre	+/-	-	+	-	-	-	+/-
Egipto	+	+	+	+/-	-	+	+
Eslovenia	+	-	+	-	-	+/-	+
España	+	-	+	-	-	+/-	+
Grecia	+	+	+	-	-	+/-	+/-
Francia	+	-	+	-	-	+/-	+
Franja de Gaza	+	+	+	-	-	+/-	+
Israel	+	-	+	+/-	-	+/-	+/-
Italia	+	-	+	+	-	+	+
Líbano	+	+	+/-	-	-	-	+
Libia	+	+	+	+/-	-	-	-
Malta	+	+/-	+/-	+/-	-	-	+
Mónaco	-	-	-	-	-	-	+
Marruecos	+	+	+	+	+/-	+/-	+
Siria	+	+	+	+	-	+/-	+/-
Turquía	+	+	+	+/-	-	+	+
Túnez	+	+	+	-	-	+/-	+

+ : Problema importante, +/- : Problema de mediana importancia, - : Problema poco importante.

descarte de ejemplares de pequeño tamaño de especies objetivo originan una pérdida de biodiversidad de las especies no objetivo.

**Expansión de la acuicultura.** Según el MEDPOL/PNUMA/PAM, la acuicultura intensiva es «indudablemente un motivo de preocupación para el Mediterráneo» puesto que se trata de un mar regional en el que la acuicultura ha aumentado en total de 19.997 toneladas en 1970, a 339.185 en 2002. Los cambios en la diversidad (menor abundancia, diversidad y biomasa de macrofauna y flora, así como menor abundancia y diversidad de organismos que viven en los sedimentos y hábitat del fondo marino) son algunos de los efectos negativos de la acuicultura que se han podido documentar. No obstante, los efectos más graves suelen restringirse a zonas localizadas, a varios centenares de metros como máximo. Los ecosistemas locales pueden recuperarse, aunque lentamente, si cesan las actividades de piscifactoría.

**Desastres naturales.** Los efectos sociales y económicos de los grandes terremotos pueden ser devastadores, sobre todo en las zonas urbanas costeras. El aumento de la actividad sísmica en algunas regiones mediterráneas y la posterior actividad de los tsunamis aumenta la necesidad de una mejor protección del litoral.

Durante la redacción del presente informe, se puso de manifiesto la falta de conocimientos sobre las siguientes áreas temáticas:

- a) niveles y cargas de contaminantes;
- b) cuestiones de interés transfronterizo;
- c) inventarios de especies exóticas, ecosistemas específicos y puntos de alarma;
- d) tendencias en el estado de la calidad ecológica y cambios en la biodiversidad de los ecosistemas costeros relacionados con los impactos humanos, en forma de urbanización, actividades industriales, transporte marítimo, pesca, acuicultura, etc.;
- e) cooperación regional. La información relativa al sur y al este del Mediterráneo se obtiene, al contrario que la de la parte norte, a través de programas de investigación fragmentados, inconsistentes y a menudo de escasa fiabilidad.

## Conclusiones

Los principales problemas en los países del sur y el este del Mediterráneo son el tratamiento inadecuado de los residuos urbanos y la gestión de las sustancias químicas, al contrario que en los países del norte, que deben centrar sus esfuerzos en resolver los problemas planteados por el uso de sustancias químicas y su impacto sobre el medio ambiente. En la región septentrional del Mediterráneo, que es la más industrializada, existen a priori los mecanismos necesarios para la prevención, tecnologías correctoras y el marco jurídico adecuado, pero falta voluntad política por parte de los países para aplicar la legislación ambiental. La región meridional del Mediterráneo, por su parte, está creciendo a expensas del medio ambiente, dado que no dispone ni de las condiciones económicas, ni de las tecnologías necesarias.

**La prioridad máxima en la gestión ambiental de la región mediterránea es adoptar y aplicar la legislación necesaria en materia de medio ambiente.** La ratificación de los protocolos sigue siendo un reto para la región. La mayor parte de los acuerdos multilaterales en materia de medio ambiente cuentan con un escaso número de ratificaciones.

# 1 Introducción

## Cuadro 1.1 Características principales del mar Mediterráneo

- Elevadas temperaturas: (mínima anual de 12 °C, alcanzando los 25 °C en verano), lo que produce elevadas tasas metabólicas.
- Elevada salinidad: el mar más salino de Europa. Puesto que la evaporación es mayor que la precipitación y la escorrentía fluvial, el mar tiene un déficit de agua dulce de unos 2.500 km<sup>3</sup> al año (AEMA; 1999).
- Micromareas: régimen con una amplitud de marea típicamente inferior a 50 cm que, por tanto, reduce la capacidad de dilución y dispersión de residuos disueltos y en suspensión.
- Oligotrofia: pobre en nutrientes, escasa producción primaria y biomasa de fitoplancton. La oligotrofia aumenta de oeste a este. La producción primaria en mar abierto se considera limitada por el fósforo, mientras que en la mayoría de los océanos del mundo está limitada por el nitrógeno.
- Gran biodiversidad: la fauna y la flora son unas de las más ricas del mundo, sobre todo en la zona litoral, muy diversa y con un elevado grado de endemismo.
- Invasiones biológicas: elevado número de especies foráneas introducidas, que está aumentando en puertos y lagunas. El transporte a través del Canal de Suez es importante; de ahí el mayor número de especies foráneas en la cuenca oriental.

### 1.1 Peculiaridades del mar Mediterráneo

Las características principales de los ecosistemas marinos mediterráneos (cuadro 1.1 y tabla 1.1) difieren bastante de las de otros mares europeos. Dichas características determinan de forma singular el destino de los ciclos fisicoquímicos y biológicos, afectando a todos los aspectos de los procesos ecológicos.

Los niveles de oxígeno están casi saturados en la capa superficial (6 ml/l en invierno y 4,8 ml/l en verano). En aguas profundas, la concentración de oxígeno se sitúa en torno a 4,5 ml/l en la cuenca occidental y 4,2 ml/l en la cuenca oriental. Los ríos principales son el Ebro, el Ródano, el Po y el Nilo. En la tabla 1.2 se muestra la temperatura anual media del agua en la superficie y en las capas profundas.

### 1.2 Entorno físico

El Mediterráneo es el mar europeo semicerrado de mayor tamaño, caracterizado por una estrecha plataforma, una estrecha zona litoral y una pequeña cuenca de drenaje, sobre todo en la parte norte. El canal de Sicilia (150 km de ancho, 400 m de profundidad) separa dos cuencas distintas, la occidental y la oriental, y actúa como una frontera geográfica e hidrológica entre ellas.

### 1.3 Hidrografía

Las pautas de circulación y la fisiografía general del mar Mediterráneo son complejas y se muestran esquemáticamente en la figura 1.1.

**Tabla 1.2 Valores medios de la temperatura (invierno-verano) en la superficie y en las capas intermedias (200-1.000 m) del mar Mediterráneo**

Zona de mar	Temperatura °C	
	Superficie	Capa de 200 a 1.000 m
Gibraltar	15-20	13,5
Estrechos de Sicilia	14-23	13,8
Estrechos de Creta y sur del Egeo	16-24	14,9
Levantina	16-26	14,9

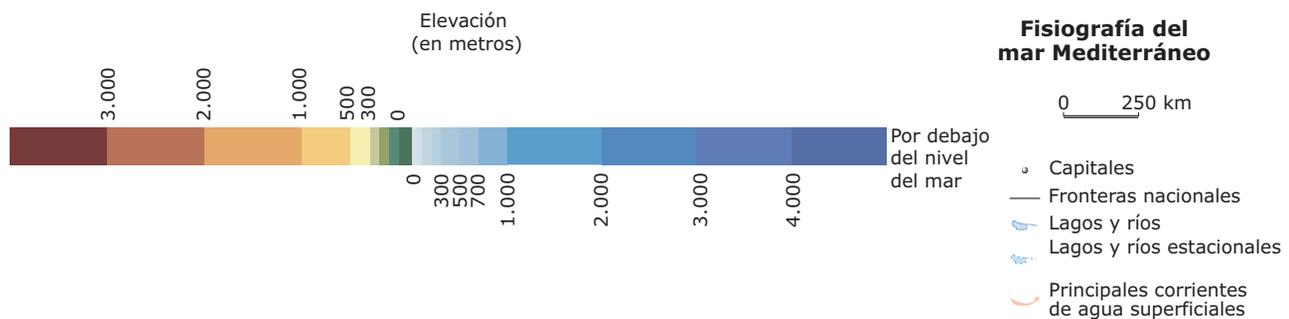
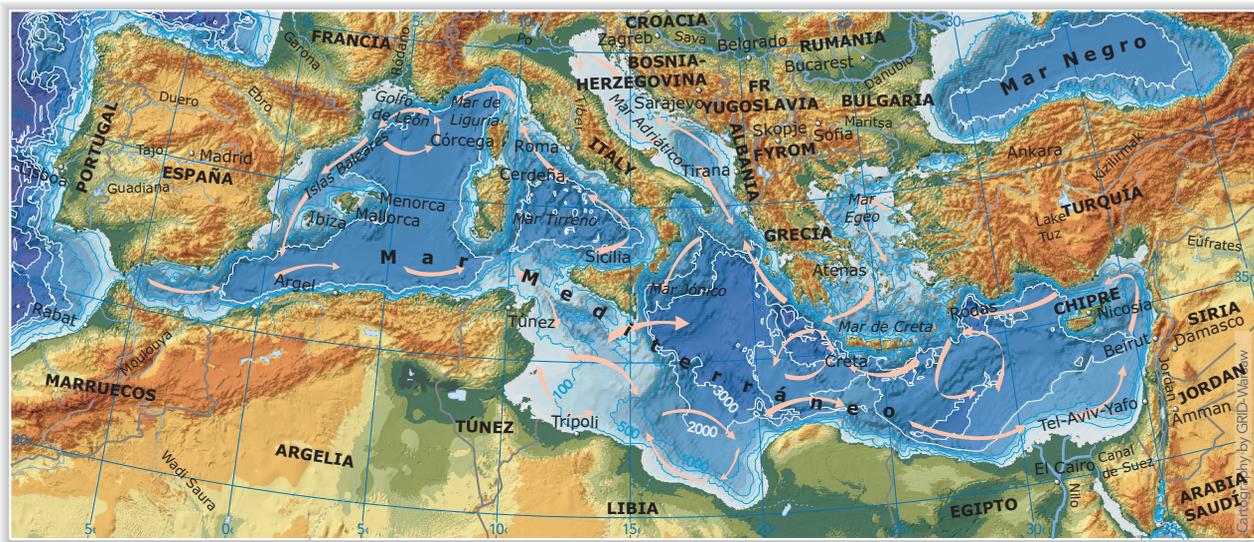
Fuente: AEMA, 2002.

**Tabla 1.1 Estadísticas del mar Mediterráneo**

Superficie km <sup>2</sup>	Longitud de costa km	Profundidad media m	Temperatura media °C (O-E)	Salinidad media ‰ (O-E)
2,5 millones	46.000	1.500	15-21	36,2-39

Fuente: AEMA, 2002.

**Figura 1.1 Fisiografía del mar Mediterráneo (distribución de profundidades y corrientes principales)**



Fuente: AEMA, 2002.

### 1.4 Productividad de los ecosistemas

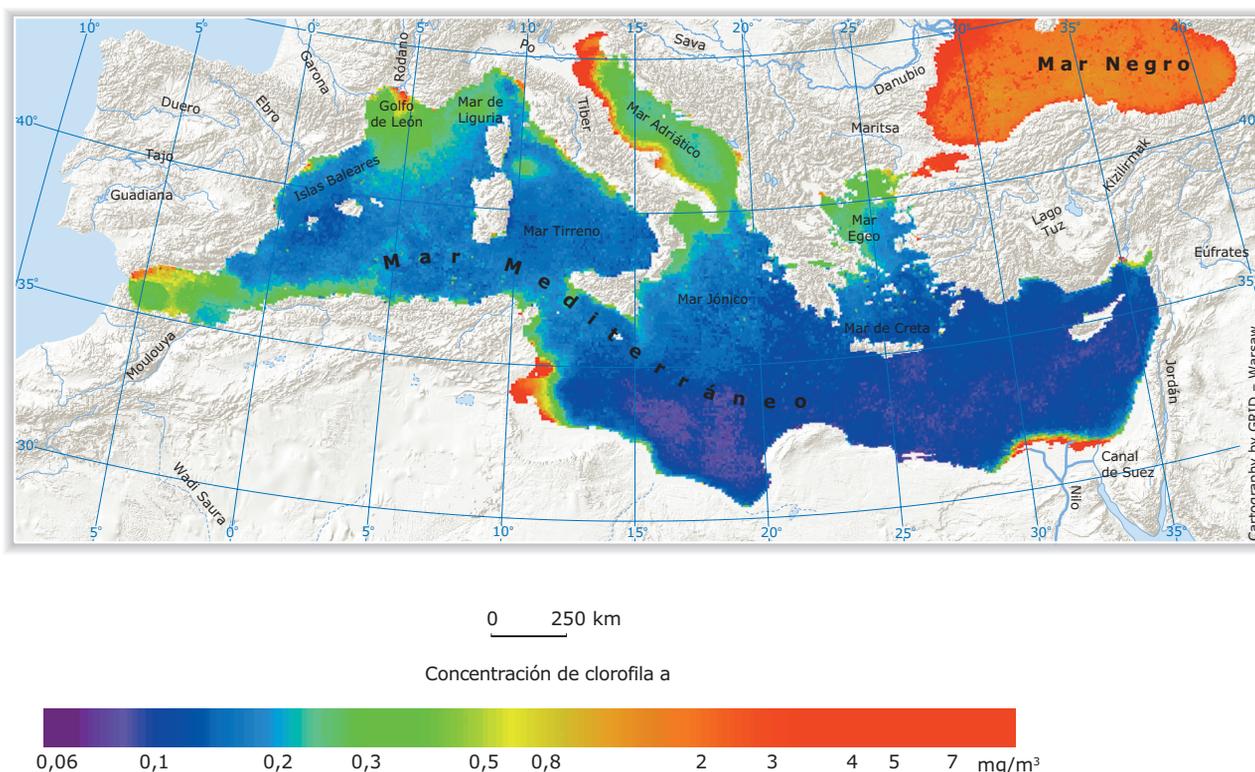
Condiciones oligotróficas: la cuenca mediterránea se caracteriza por un bajo nivel de producción primaria (figura 1.2) y de biomasa de fitoplancton. Esta escasa biomasa de fitoplancton hace que el agua sea muy transparente y que la luz penetre hasta niveles profundos en la columna de agua (Ignatiades, 1998), permitiendo así la fotosíntesis a una mayor profundidad. La producción primaria se considera que está limitada por el fósforo (F), mientras que en la mayoría de los océanos del mundo está limitada por el nitrógeno (N). En este contexto, sólo cabría esperar un aumento de la producción primaria si aumentara el fósforo. Sin embargo, recientes experimentos realizados en el Mediterráneo oriental para aumentar la carga de fósforo no han podido confirmar dicha aseveración (CYCLOPS, un proyecto de investigación financiado por la UE). La hipótesis de trabajo ha pasado a ser que el Mediterráneo oriental está claramente limitado por el fósforo durante la proliferación de fitoplancton en invierno, convirtiéndose en verano en un sistema en el que el nitrógeno y el fósforo prácticamente co-limitan. En el Mediterráneo existe un claro gradiente oeste-este

en las concentraciones de clorofila y nutrientes. En la imagen obtenida por el satélite SeaWiFS (figura 1.2) pueden verse las aguas oligotróficas transparentes y poco pigmentadas del mar Mediterráneo, que contrastan con las aguas eutróficas en el mar Negro, lo que indica una oligotrofia creciente hacia el este. La principal excepción a la naturaleza oligotrófica general del Mediterráneo oriental es el sistema altamente eutrófico del norte del mar Adriático, causado por el vertido de nutrientes de los ríos septentrionales, principalmente el río Po.

### 1.5 Fauna y flora: estado de la biodiversidad

La fauna y la flora mediterráneas han evolucionado durante millones de años dentro de una mezcla única de elementos templados y subtropicales, con una gran proporción (28%) de especies endémicas (Fredj *et al.*, 1992). La variedad actual de situaciones climáticas e hidrológicas y de biotopos específicos del Mediterráneo son, en parte, el resultado de la historia geológica de la región. Hay un total de 10.000 a 12.000 especies marinas

**Figura 1.2 Concentraciones superficiales medias de clorofila a durante el otoño de 1998**



**Nota:** Combinación de todos los datos recibidos durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 1998, obtenidos con el sensor de color oceánico del SeaWiFS.

**Fuente:** Proyecto SeaWiFS de la NASA y ORBIMAGE Inc.

registradas (con 8.500 especies de fauna macroscópica y más de 1.300 especies de plantas). Esta abundante biodiversidad representa entre el 8% y el 9% del número total de especies en los mares de todo el mundo y todavía se siguen registrando nuevas especies, sobre todo en profundidades o zonas inexploradas hasta la fecha.

El patrón general de riqueza de especies en el Mediterráneo (figura 1.3) se corresponde con el nivel de producción primaria y las concentraciones de clorofila a que se muestran en la figura 1.2.

## 1.6 Presiones de las actividades humanas y sus impactos

### 1.6.1 Naturaleza y gravedad de los problemas en el litoral mediterráneo y en el mar junto a la costa

Muchas actividades humanas son causa importante de degradación del ecosistema marino del Mediterráneo. La contaminación es sólo uno de los problemas que amenazan la viabilidad del Mediterráneo como ecosistema. La modificación y destrucción de los hábitat marinos y costeros como consecuencia de

prácticas de desarrollo inadecuadas y una mala gestión, constituyen asimismo problemas importantes. El estrés antropogénico que soporta el medio ambiente marino del Mediterráneo puede clasificarse mediante el siguiente esquema:

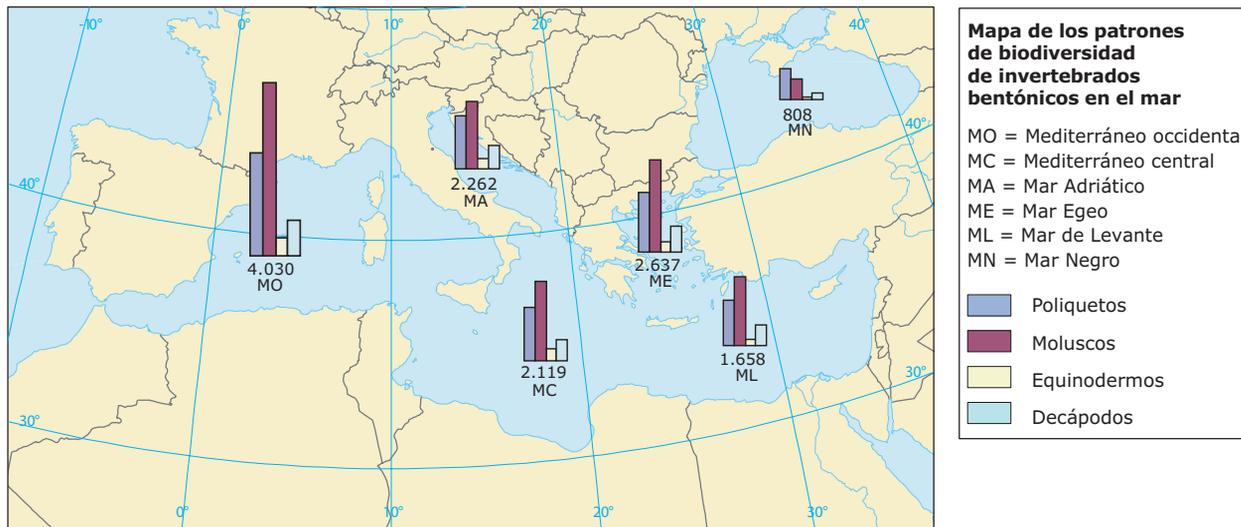
#### Fuentes de contaminación terrestres

- aguas residuales y escorrentía urbana
- residuos sólidos urbanos;
- contaminantes orgánicos persistentes (COP);
- metales pesados;
- compuestos organohalogenados;
- sustancias radiactivas;
- nutrientes;
- sólidos en suspensión;
- residuos peligrosos.

#### Alteración física y destrucción de hábitat

- edificación y alteración del litoral;
- alteración de humedales y marismas;
- alteración de aguas marinas y cuencas fluviales costeras.

**Figura 1.3 Pautas de diversidad de especies de invertebrados bentónicos en el Mediterráneo**



**Nota:** El número total de especies de invertebrados bentónicos en cada zona de mar se indica debajo de los diagramas de barras. El número total en el Mediterráneo es de unas 5.900 especies.

**Fuente:** Zenetos *et al.*, 2003.

**Contaminación en alta mar y de origen marino**

- hidrocarburos derivados del petróleo asociados a actividades de tráfico marítimo;
- basura en el mar.

**Problemas emergentes (véase 1.6.3.)**

- invasiones biológicas;
- sobreexplotación de recursos pesqueros;
- expansión de la acuicultura;
- proliferación creciente de algas nocivas (PAN).

La población de los países mediterráneos era de unos 450 millones de habitantes en 1996 y se estima que en 2030 alcanzará los 520-570 millones (AEMA, 1999). Esta presión demográfica cada vez mayor se ve agravada por el turismo. El clima suave y el patrimonio natural y cultural atraen a un gran número de turistas. De hecho, esa cifra representa casi la tercera parte del turismo internacional mundial. El turismo se concentra de forma estacional en las zonas costeras, sobre todo en los litorales de la cuenta noroccidental. Se espera que los 135 millones de turistas que visitaron la región en 1996 se conviertan en 235-300 millones anuales durante los próximos 20 años.

A lo largo del litoral mediterráneo, los respectivos países han identificado 131 «puntos de alarma por contaminación» en el marco del Programa de Acción Estratégico (PAE) del PNUMA (figura 1.4 – PNUMA/OMS, 2003). Esos puntos de alarma son fuentes de contaminación puntuales o zonas costeras contaminadas, que pueden afectar a la salud humana, los ecosistemas, la biodiversidad, la sostenibilidad o la economía.

El 26% de dichos puntos de alarma son urbanos, el 18% industriales y el 56% mixtos (urbanos e industriales) (PNUMA/PAM, 2003a). Además, se han identificado 59 zonas sensibles (zonas marinas que corren el peligro de convertirse en puntos de alarma por contaminación) en el litoral mediterráneo. Todas estas presiones han causado la degradación de la calidad del medio ambiente en algunas zonas costeras. Pero el impacto que han tenido en mar abierto en el Mediterráneo es todavía incierto.

**1.6.2 Cuestiones prioritarias en cada país**

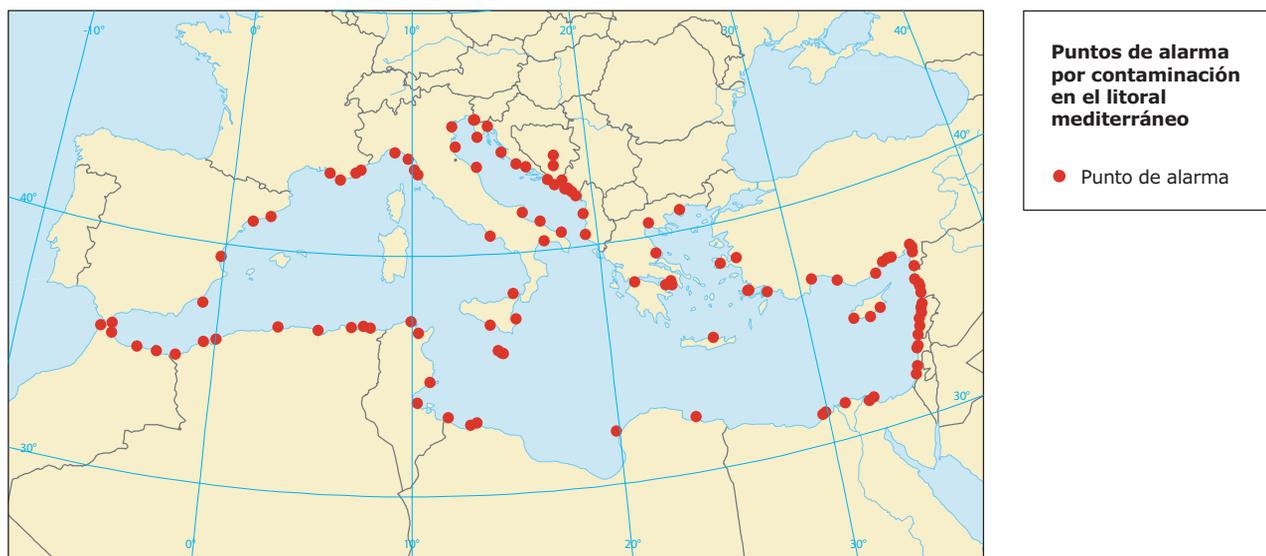
En el capítulo 10 se describen con detalle las políticas formuladas para hacer frente a las preocupaciones medioambientales relacionadas con la eliminación de la contaminación en la región mediterránea. En el cuadro 1.2 se resumen las principales iniciativas.

En los ADN, los problemas medioambientales se han priorizado y ordenado según su importancia ambiental. Los puntos de alarma por contaminación y las zonas sensibles se han incluido en las listas de prioridades de los países, que también incluyen otras zonas de interés. Los principales problemas de contaminación en el litoral mediterráneo se presentan país por país en orden alfabético, utilizando la información contenida en los ADN de cada país, así como en otras fuentes cuando no se dispone de ADN, como en Mónaco, Italia y España.

**1.6.3 Problemas emergentes que amenazan a los ecosistemas**

Se hace hincapié en los siguientes problemas como las principales amenazas en el futuro para los ecosistemas marinos del Mediterráneo (AEMA, 1999; 2002):

Figura 1.4 Puntos de alarma por contaminación en el litoral mediterráneo



Fuente: HCMR basado en PNUMA/OMS, 2003.

- **Invasiones biológicas.** La introducción de especies exóticas por medio de aguas de lastre, incrustaciones, importación e invasión ha determinado la aparición de poblaciones densas de especies foráneas, lo que ha tenido en ocasiones efectos catastróficos para el medio natural.
- **Sobreexplotación de los recursos pesqueros.** Las prácticas de pesca no sostenibles han llevado a la sobreexplotación de algunas poblaciones de peces en el Mediterráneo. La eutrofización en algunas zonas costeras es, casi con seguridad, la causa del aumento de las capturas de algunas especies pelágicas de peces en aguas del Mediterráneo, que antes tenían un bajo contenido en nutrientes. Se considera que las capturas accesorias y los descartes de la pesca de arrastre tienen un efecto negativo sobre el ecosistema.
- **Expansión de la acuicultura.** La acuicultura tiene lugar principalmente en zonas costeras con una elevada biodiversidad y unas presiones antropogénicas cada vez mayores (por ejemplo, turismo, desarrollo urbanístico, transporte y agricultura). Esto agrava los efectos de los posibles impactos. Además, produce la degradación de los hábitat en la proximidad de las jaulas y entra en conflicto con el sector turístico por el uso de las cuevas naturales. Las enfermedades de los peces, que pueden afectar a las poblaciones salvajes, así como la degradación de la comunidad bentónica debajo de las jaulas, son también otros posibles impactos de la acuicultura en el medio ambiente marino costero.

**Cuadro 1.2 Iniciativas para controlar y eliminar la contaminación en la región mediterránea**

**Protocolo FOT:** El Protocolo para la protección del mar Mediterráneo contra las fuentes de contaminación de origen terrestre, aprobado el 17 de mayo de 1980, entró en vigor el 17 de junio de 1983 y se modificó el 7 de marzo de 1996. La versión modificada aún no ha entrado en vigor.

**PAE:** El Programa de Acción Estratégico, aprobado en 1997, es una iniciativa orientada a la acción en el marco del PAM/MEDPOL que identifica las categorías objetivo prioritarias de sustancias y actividades que los países mediterráneos deben eliminar o controlar. Esto se conseguirá gracias a un calendario planificado para la adopción de medidas e intervenciones específicas. El PAE/MED constituye la base para que los países mediterráneos apliquen el Protocolo FOT a lo largo de los próximos 25 años, a partir del año 2001.

**ADN:** El Análisis Diagnóstico Nacional es el primer paso en la elaboración de un Plan Nacional de Acción (PNA) para afrontar las fuentes de contaminación de origen terrestre. Se trata de un análisis integrado de los principales problemas relacionados con las fuentes de contaminación de origen terrestre de las zonas costeras, incluyendo sus impactos ambientales.

- **Aumento de la Proliferación de Algas Nocivas (PAN).** Su expansión a lo largo de todo el Mediterráneo es un problema que no sólo provoca cambios en el ecosistema, sino que también afecta a la salud humana a través del consumo de marisco contaminado, lo que supone un impacto socioeconómico.
- **Desastres naturales.** Aunque no sea una fuente antropogénica, el aumento de la actividad sísmica en algunas regiones mediterráneas y la posterior actividad de los tsunamis, aumenta la necesidad de una mejor protección de las costas.

## 2 Análisis de los problemas

### 2.1 Fuentes de contaminación de origen terrestre

#### *Aguas residuales y escorrentía urbana (vertidos urbanos)*

Las aguas residuales procedentes de las ciudades costeras constituyen uno de los grandes problemas de contaminación del litoral mediterráneo. Su influencia en el medio ambiente del litoral marino afecta directa o indirectamente a la salud humana, la estabilidad del ecosistema marino y la economía de la zona costera (impacto sobre el turismo y la pesca).

El problema se agrava con el rápido crecimiento de numerosas poblaciones costeras, sobre todo en el sur del litoral mediterráneo. En muchos casos, sólo una parte de la población urbana está conectada al sistema de alcantarillado, lo que ocasiona el vertido directo de aguas residuales no tratadas al mar a través de otros puntos de vertido. Los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas son: materia orgánica (medida como DBO<sub>5</sub> y DQO), sólidos en suspensión, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y microorganismos patógenos. Están también presentes en las aguas residuales otros contaminantes, como los metales pesados, el petróleo y los hidrocarburos clorados.

La población permanente en el litoral mediterráneo es del orden de 150 millones de habitantes.

No obstante, esta cifra puede llegar a duplicarse en el período estival, por ser esta región uno de los destinos turísticos más frecuentados del mundo. A lo largo del litoral mediterráneo, existen 601 ciudades con una población superior a los 10.000 habitantes, según datos de 19 países, cuya población residente total es de 58,7 millones de habitantes (PNUMA/PAM/MEDPOL/OMS, 2004) (figura 2.1).

El 69% de estas ciudades tiene estación depuradora de aguas residuales (EDAR), el 21% no posee EDAR, el 6% está actualmente construyendo una y el 4% tiene una estación fuera de servicio por distintos motivos (figura 2.2a). En las depuradoras del Mediterráneo se utiliza mayormente el tratamiento secundario (55%), aunque en el 18% se realiza únicamente un tratamiento primario (figura 2.2b).

La distribución de las depuradoras no es uniforme a lo largo de la región mediterránea, ya que el porcentaje de la población urbana servida por una EDAR es mayor en el norte que en el sur del litoral mediterráneo. Por otra parte, el crecimiento de la población en las ciudades y los fallos en el funcionamiento de las depuradoras hacen que algunas de ellas no produzcan un efluente de la calidad esperada (Estudio de un caso: la ciudad de Nador, en Marruecos).

**Figura 2.1 Ciudades en el litoral mediterráneo**



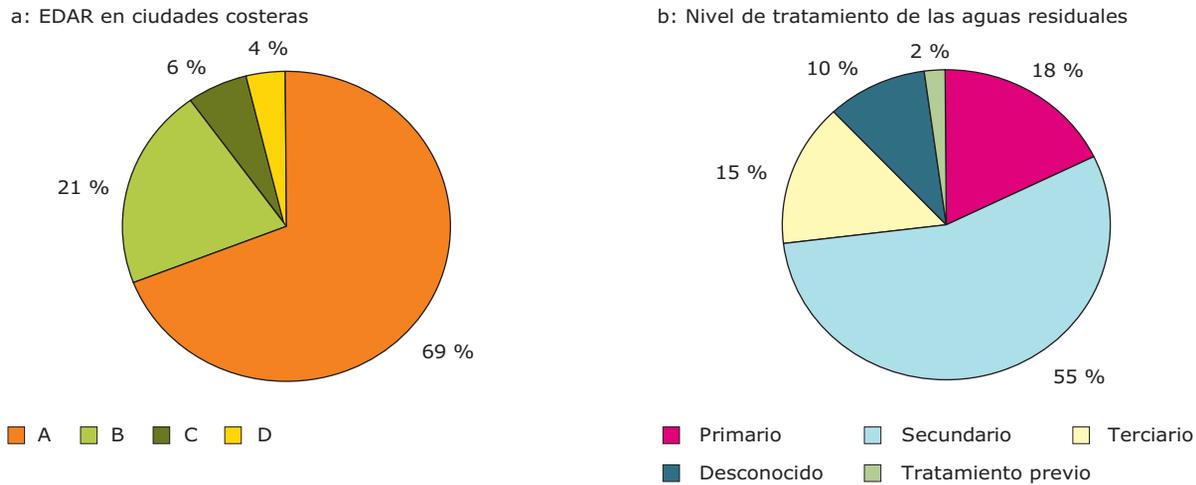
Fuente: HCMR basado en PNUMA/PAM/MEDPOL/OMS, 2004.

**Residuos sólidos**

Los residuos sólidos generados en los centros urbanos del litoral mediterráneo constituyen una amenaza grave tanto para la salud humana como para el medio ambiente del litoral marino.

Además del vertido incontrolado de residuos en forma de basura, en la mayoría de los países se depositan residuos sólidos en vertederos con un tratamiento sanitario mínimo o inexistente. Además, esos vertederos incontrolados suelen estar dentro de los límites urbanos o en la propia costa.

**Figura 2.2 Tratamiento de las aguas residuales en 601 ciudades del litoral mediterráneo con una población > 10.000 habitantes**



**Nota** A: Ciudades costeras servidas por depuradoras B: Ciudades costeras sin depuradora C: Depuradora en construcción/proyecto D: Depuradora en mantenimiento/temporalmente fuera de servicio/no hay información.

**Fuente** PNUMA/PAM/MEDPOL/OMS, 2004.

**Cuadro 2.1 Estudio de caso – Ciudad de Nador, Marruecos**

En Nador se construyó una estación depuradora de aguas residuales urbanas en 1980 que había de dar servicio a una población de 50.000 habitantes. En 1990 se amplió su capacidad de tratamiento para dar servicio a 100.000 habitantes construyendo cuatro estanques de tratamiento final de las aguas residuales con una superficie total de 17 hectáreas. Con todo, la capacidad de tratamiento de la depuradora se ha visto sobrepasada por la población de la ciudad, que ahora asciende a casi 150.000 habitantes. Además, los fallos mecánicos y el fuerte incremento de la carga de las aguas residuales durante los meses de verano han hecho que las aguas residuales que llegan a la depuradora reciban únicamente un tratamiento parcial. A estas dificultades hay que añadir que dos de los cuatro estanques de tratamiento final han tenido infiltraciones marinas que los han dejado no operativos. Como resultado, las aguas residuales urbanas de Nador llegan al litoral sólo parcialmente tratadas, degradando así el ecosistema marino.

**Cuadro 2.2 Estudio de caso - Líbano**

El sistema de recogida de los residuos sólidos domésticos es inadecuado en la mayoría de las zonas costeras; a menudo se mezclan con los residuos sólidos industriales y se depositan en vertederos que carecen de una gestión adecuada. Los vertederos más importantes emplazados en la misma costa están en Trípoli (extensión de 3 ha), Beirut (Borj Hammoud, 15 ha), Normandy (10 ha) y Saida (foto 2.1). Estos vertederos costeros son fuente de lixiviados cargados con metales y compuestos orgánicos que afectan directamente al medio ambiente del litoral marino. Se estima que la carga total de DBO lixiviada de los vertederos de Borj Hammoud, Normandy y Trípoli es, respectivamente, de 36, 24 y 7,2 millones de toneladas al año.

Los lixiviados siguen representando una amenaza para el medio ambiente del litoral, pese al cierre del vertedero de Borj Hammoud en 1997 y al proyecto que se ha puesto en marcha para la recuperación del vertedero de Normandy. Por otra parte, la larga vida de los residuos arrastrados por la corriente y de los residuos flotantes ha hecho que el fondo quede cubierto de residuos (incluyendo latas, neumáticos y bolsas de plástico) en muchos lugares situados frente a los vertederos. Esto hace que se reduzca la fotosíntesis y por tanto se asfixien la flora y la fauna marinas.



**Foto 2.1:** Vertedero de Borj Hammoud cerca del litoral (Líbano).  
**Fuente:** ADN Líbano, 2003.

Los vertederos incontrolados son fuentes de enfermedades y basura para las zonas circundantes. En muchos casos, no se toman medidas para controlar y tratar los lixiviados procedentes de los vertederos, que contaminan las aguas subterráneas y/o el medio ambiente del litoral marino con contaminantes orgánicos y metales pesados. Además, los incendios accidentales emiten partículas de humo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y dioxinas, que afectan seriamente a la salud de las poblaciones cercanas.

**Contaminantes orgánicos persistentes - COP**

Entre los contaminantes orgánicos persistentes se encuentran ciertos plaguicidas y productos químicos industriales prohibidos, cuya fabricación está también prohibida; por ejemplo, los policlorobifenilos (PCB) y los contaminantes no deseados (hexaclorobenceno, dioxinas y furanos). Entre los objetivos propuestos y acordados por las Partes Contratantes del Convenio de Barcelona, en el PAE se incluyen los siguientes:

- Retirada gradual de los siguientes plaguicidas de aquí al año 2010: DDT, aldrín, dieldrín, endrina, clordano, heptacloro, mirex, toxafeno y hexaclorobenceno. Se exceptúan los utilizados para salvaguardar la vida humana o cuando el análisis del riesgo-beneficio es concluyente de acuerdo con las recomendaciones de la OMS.
- Prohibición de todos los usos actuales de PCB para el año 2010.
- Reducción de las emisiones de hexaclorobenceno, dioxinas y furanos.

Muchos países mediterráneos no disponen de información detallada sobre las emisiones de COP de fuentes puntuales (centros urbanos e industrias). Se han realizado pocos estudios sobre la bioacumulación de algunos COP en la biota mediterránea (figuras 2.3a y 2.3b). En el litoral mediterráneo español, la distribución de las concentraciones de COP medidas en *Mytilus galloprovincialis* muestra las concentraciones más altas en la región de Barcelona, tanto para los PCB como para los DDT (proyecto BIOMEJIMED). En general, ni las autoridades locales ni las nacionales realizan controles rutinarios de casi ninguno de los COP. Se cree que la principal fuente de COP – puesto que la mayoría de los COP han sido prohibidos en casi todos los países de la región – son las existencias e inventarios remanentes de lo producido o importado en el pasado (por ejemplo, PCB en los transformadores), así como liberaciones secundarias de depósitos del medio ambiente (por ejemplo, sedimentos contaminados). La contribución de la producción industrial es importante sólo en aquellos casos en los que se permite cierto uso restringido de COP (por ejemplo, DDT como precursor de dicofol) y cuando se generan COP como productos secundarios no deseados (por ejemplo, HAP y dioxinas de la combustión (PNUMA Productos Químicos, 2002).

- Los plaguicidas organoclorados se han utilizado mucho en la región, pero en la actualidad están prohibidos tanto su producción como su utilización en la mayoría de los países. No obstante, en muchos países siguen quedando existencias de estos plaguicidas (tabla 2.1).

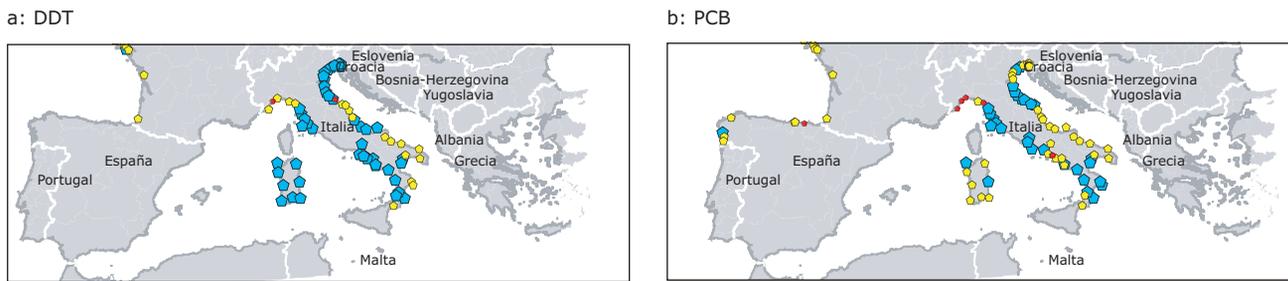
**Tabla 2.1 Existencias de plaguicidas en la región mediterránea**

País	Localidad	Pesticida	Kg
Argelia	Argel, Tipaza	Aldrín	345
	Argel, Ain Tremouchent, Mascara, Mustaganem, Sidi bel Abbas, Tizi Ouzou	DDT	189.400*
Libia	Trípoli-Bengazi	Dieldrín	20**
Marruecos		DDT	2.062*
		Dieldrín	880
		Endrín	2.626
		Heptacloro	2.062
Siria	Hamah	DDT	1.500
Turquía	Kirikkale	DDT	10.930
Túnez		Plaguicidas	882

**Nota:** \*Para el control de la langosta \*\*Notificados.

**Fuente:** PNUMA Productos Químicos, 2002.

**Figura 2.3 COP en mejillones (*Mytilus edulis*), concentración media 1996–2002**



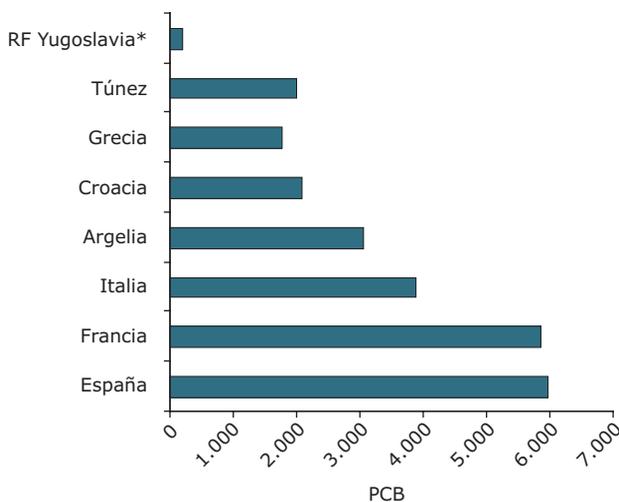
**Nota:** El color rojo indica concentraciones altas, el amarillo concentraciones moderadas y el azul concentraciones bajas.

**Fuente:** AEMA, 2004b(WHS6) Sustancias peligrosas en los organismos marinos.

- En la región mediterránea se ha hecho también un uso frecuente de equipos que contenían PCB. La producción total de PCB en Francia, Italia y España se estima en unas 300.000 toneladas durante el período 1954-1984. La producción cesó en 1985 en Francia y en 1987 en España.

La principal fuente de PCB en la región es el vertido de los equipos con aceites que contienen PCB. Las principales existencias se localizan en países del norte del Mediterráneo, ya que allí se hizo un uso más extensivo de ellos (como resultado del desarrollo económico) antes de su prohibición. Gran parte de estas existencias han sido eliminadas en los últimos años, sobre todo en los países del norte del Mediterráneo (tales como Francia, Italia y España). En la Figura 2.4 se indican las existencias que siguen quedando en la región mediterránea.

**Figura 2.4 Contribución de cada país a las existencias de PCB que seguían quedando en la región mediterránea a mediados de los años 90**



**Nota:** \* Serbia y Montenegro.

**Fuente:** PNUMA Productos Químicos, 2002.

- Las dioxinas y los furanos se producen durante la combustión de residuos (véase la sección sobre Residuos Sólidos). Lamentablemente, la información disponible se refiere principalmente a los países mediterráneos de la UE, como puede verse en la tabla 2.2 (CE, 2000).

**Metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y mercurio)**

- Las aguas residuales urbanas e industriales y las escorrentías procedentes de zonas contaminadas con metales (como minas) constituyen las principales fuentes de metales tóxicos de origen terrestre.

La elevada presencia de metales en la geología local puede influir también en el contenido de metales de los sedimentos (por ejemplo, el alto índice de mercurio debido a la anomalía geoquímica de mercurio del Monte Amiata). Con independencia del tipo de fuente de metales de origen terrestre, los sedimentos costeros contaminados constituyen una fuente importante de contaminación secundaria difusa, al emitir metales hacia el agua que los cubre.

Puesto que los metales tienden a precipitar cuando alcanzan el medio ambiente marino costero, se acumulan en los sedimentos y la biota (Figura 2.5a y 2.5b). Esto ocurre sobre todo en zonas abrigadas, como puertos y bahías semicerradas próximas a fuentes de metales de origen terrestre. En muchas regiones costeras del mar Mediterráneo se han medido concentraciones crecientes de metales, como en las costas de la Toscana (mar Tirreno), la bahía de Kastella (mar Adriático), la bahía de Haifa y la costa de Alejandría (Mediterráneo oriental), y la bahía de Izmir y la bahía de Elefsina (mar Egeo) (AEMA, 1999).

El mercurio es motivo de especial preocupación, porque se libera con facilidad de los sedimentos hacia el agua que los cubre y, de esta forma, se vuelve a introducir en la cadena alimentaria. Se ha demostrado que un consumo elevado de pescado contaminado con

**Tabla 2.2 Evaluación de las emisiones de dioxinas en los países mediterráneos de la UE hasta 2005**

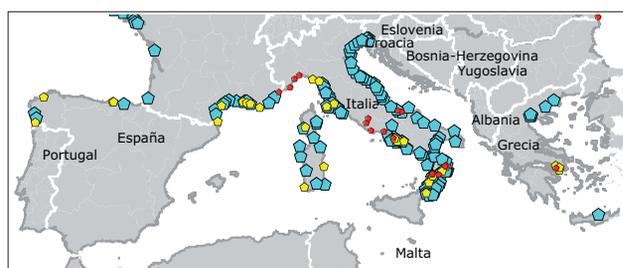
País	Fuentes	Revisado en 1995	Datos de 2000	Previsiones para 2005
Francia	Todas las fuentes	1.350-1.529	804-949	692-813
	Industriales	987-1 027	461	340
	No industriales	363-502	343-488	352-473
Italia	Todas las fuentes	366-967	370-985	227-628
	Industriales	271-620	281-648	153-303
	No industriales	95-348	89-336	74-325
España	Todas las fuentes	131-388	117-327	122-323
	Industriales	77-184	64-132	71-137
	No industriales	54-203	53-195	51-187
Grecia	Todas las fuentes	89-136	90-135	91-136
	Industriales	55-58	56	58
Grecia	No industriales	34-79	34-79	34-78

**Nota:** Los intervalos de valores en g de eqt-i/año (equivalente tóxico internacional/año) muestran diferencias en las emisiones estimadas (escenario de emisiones optimista y pesimista).

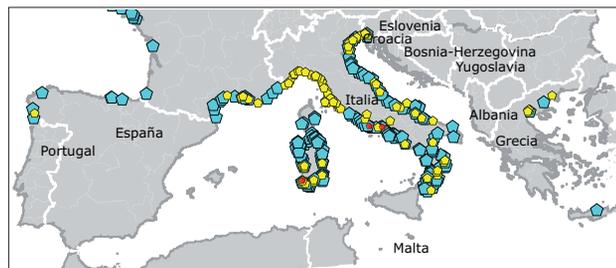
**Fuente:** CE, 2000.

**Figura 2.5 Metales pesados en mejillones (*Mytilus edulis*), concentración 1996-2002**

A: Plomo (Pb)



B: Mercurio (Hg)



**Nota:** El color rojo indica concentraciones altas, el amarillo concentraciones moderadas y el azul concentraciones bajas.

**Fuente:** AEMA, 2004b.

mercurio tiene efectos neurológicos. La ingesta semanal de la mayoría de la población de Europa central y septentrional es inferior a la «Ingesta Semanal Tolerable Provisional» (ISTP) internacional para el metilmercurio (1,6 µg/kg de peso corporal a la semana), e inferior a la más estricta «Dosis de Referencia» (DRf) de Estados Unidos (0,7 µg/kg de peso corporal a la semana). No obstante, la ingesta de la mayoría de los habitantes de las regiones costeras de los países mediterráneos y en torno al 1-5% de la población de Europa central y septentrional se aproxima a la DRf.

Además, algunas de las comunidades pesqueras mediterráneas están por encima del «Límite de Dosis de Referencia» (LDRF) estadounidense que es 10 veces mayor que la DRf, el nivel al que se considera que se producen claros efectos neurológicos (CE, 2005).

La emisión de contaminantes desde los sedimentos se ha observado en el golfo de Trieste, al norte del mar Adriático en la desembocadura del río Po, donde se registra un flujo neto de Cd y Cu hacia el agua que cubre los sedimentos contaminados (Zago *et al.*, 2000).

**Cuadro 2.3 Estudio de caso – Zona de Alejandría, Egipto**

Las aguas residuales industriales de la zona de Alejandría se vierten a la bahía de Mex, la de Abou-Qir y al lago Maryut. Esto conlleva graves signos de degradación ambiental (falta de oxígeno, decoloración, proliferación de algas) (tabla 2.3). Los vertidos de metales pesados de origen terrestre están aumentando las concentraciones de metales en las aguas marinas costeras.

En el litoral mediterráneo español, la distribución del contenido de metales pesados en *Mytilus galloprovincialis* muestra las concentraciones más altas en la zona de Cartagena, sobre todo para el mercurio, el cadmio y el plomo (proyecto BIOMEJIMED).

### Compuestos organohalogenados

Los hexaclorociclohexanos (HCH), aunque se han dejado de utilizar, están presentes en todo el litoral mediterráneo debido a su persistencia ambiental. Las principales fuentes de HCH (y sobre todo de lindano) son las existencias y el suelo contaminado en puntos de alarma, como resultado de su fabricación en el pasado y de la acumulación de existencias. Estos compuestos se utilizaron abundantemente para luchar contra las plagas en muchos países mediterráneos. En Francia se utilizaban 1.600 toneladas al año de lindano a mediados de los años noventa; en Egipto más de 11.300 toneladas entre 1952 y 1981, mientras que en Turquía el uso de lindano en 1976 fue de 96,6 toneladas (PNUMA Productos Químicos, 2002).

### Sustancias radiactivas

La radiactividad no es un problema de contaminación grave en el mar Mediterráneo. La lluvia radiactiva (causada en toda la región mediterránea por las pruebas con armas nucleares realizadas a principios de los sesenta y por el accidente de Chernóbil en 1986 sólo en las cuencas septentrional y oriental) ha sido la principal fuente de  $^{137}\text{C}$  y  $^{239,240}\text{Pu}$  en el medio ambiente marino mediterráneo. Otras fuentes (aporte de los ríos, industria nuclear, intercambios a través de los estrechos) no representan más del 10% de la carga total procedente de la lluvia radiactiva. Los aportes derivados de la industria nuclear y de accidentes (distintos del de Chernóbil) son insignificantes en términos de contribución a la carga



**Foto 2.2:** Suelo contaminado con sales de cromo y azufre en una fábrica de productos químicos ya cerrada, Porto Romano (Durres, Albania).

**Fuente:** Michalis Angelides.

total. No obstante, sí que pueden producir un incremento localizado de los niveles de radiactividad (AEMA, 1999).

### Nutrientes

El incremento de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en un ecosistema marino aumenta la producción primaria y puede ocasionar la eutrofización de la masa de agua. Este fenómeno tiene como efectos secundarios la proliferación de biomasa planctónica, la decoloración del agua, una menor transparencia, una concentración más baja de oxígeno disuelto en capas más profundas y, en casos extremos, la aparición de especies de algas tóxicas. Los vertidos de aguas residuales urbanas son una importante fuente de nutrientes, sobre todo cuando

**Tabla 2.3** Calidad de las aguas marinas cerca de Alejandría

Parámetro	Estación de referencia	Bahía de Mex	Puerto occidental	Zona de Anfoushy	Puerto oriental	Bahía de Abu-Qir
Oxígeno disuelto (OD) (ml/l)	5,3	2,01	4,81	3,32	3,98	4,93
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	0,2	10,6	8,05	39,3	22,5	16,2
Partículas en suspensión totales (PST) (mg/l)	1,5	15,6	154,0	92,3	54,7	35,5
Clorofila a (Cl-a) (µg/l)	0,05	1,21	1,15	4,3	8,94	3,32
Fósforo inorgánico disuelto (FID) (µM/l)	0,07	1,60	0,62	2,59	1,69	1,11
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (µM/l)	1,8	13,23	2,5	4,40	6,80	5,87
Amonio (NH <sub>4</sub> ) (µM/l)	20,62	5,38	16,77	3,77	3,0	
Plomo (Pb) (µg/l)	0,13	0,85	4,45	1,33	0,61	1,48
Cadmio (Cd) (µg/l)	0,017	0,83	0,63	0,31	0,14	1,15
Mercurio (Hg) (µg/l)	Sin datos	505	383	125	83	147

**Fuente:** ADN Egipto, 2003.

**Cuadro 2.4 Estudio de caso – Durres, Albania**

Una de las mayores acumulaciones de existencias de lindano en todo el litoral mediterráneo se encuentra en Durres, Albania, donde hasta 1991 estuvo en funcionamiento una fábrica de dicromato sódico para la tinción del cuero y de plaguicidas como el lindano ( $\gamma$ -HCH) y el ziram. Las emisiones del proceso de producción contaminaron gravemente la zona próxima a la antigua fábrica. En el vertedero cercano se pueden encontrar unas 20.000 toneladas de residuos tóxicos, incluyendo algunos con un alto contenido de lindano y cromo. En los almacenes de productos químicos abandonados de la antigua fábrica sigue habiendo 370 toneladas de productos químicos, entre ellos lindano, metanol, sulfuro de carbono, dicromato sódico y mono- y di-metilamina. El agua de lluvia procedente de la zona contaminada fluye hacia el mar tras pasar por una estación de bombeo que recoge las aguas residuales de la ciudad de Durres. Se han encontrado elevadas concentraciones de PCB y plaguicidas en muestras marinas recogidas en la bahía de Porto Romano. El riesgo para la salud humana es inminente en la zona, pues miles de personas han llegado recientemente de otras partes de Albania y están viviendo en o cerca de esa zona altamente contaminada.

no reciben tratamiento. Por ello, todas las zonas costeras próximas a grandes poblaciones (foto 2.3) que no operan de manera eficiente una estación depuradora de aguas residuales, están recibiendo grandes cargas de nutrientes y podrían sufrir las consecuencias. Las ciudades costeras presentadas en el capítulo sobre las aguas residuales son también fuentes de nutrientes. Los ríos son, asimismo, importantes transportadores de nutrientes y sólidos en suspensión, puesto que

drenan cuencas con actividades agrícolas (fertilizantes) y centros urbanos. Se ha estimado que, todos los años, 605.000 toneladas de N-NO<sub>3</sub> y 14.000 toneladas de P-PO<sub>4</sub> (1995) alcanzan el mar Mediterráneo a través de los ríos Po, Ródano y Ebro (PNUMA/PAM, 2003a). En la tabla 2.4 se muestran las concentraciones medias de nutrientes en algunos ríos mediterráneos.

**Tabla 2.4 Concentración media de nutrientes en distintos ríos mediterráneos; los períodos de muestreo no son idénticos (1985–1996)**

Río	País	N-NO, mg/l	N-NH, mg/l	P-PO, mg/l	P total mg/l
Adige	Italia	1,248	0,111	0,033	0,113
Acheloos	Grecia	0,350	0,020		0,020
Aliakmon	Grecia	2,350	0,110		0,140
Argens	Francia	0,740	0,090	0,110	0,220
Arno	Italia	3,620	1,347		0,406
Aude	Francia	1,420	0,090	0,090	0,490
Axios	Grecia	2,590	0,150		0,880
Besòs	España	1,900	31,000		12,700
Buyuk Menderes	Turquía	1,440		0,550	
Ceyhan	Turquía				8,680
Ebro	España	2,323	0,167	0,115	0,243
Evros/Meric	Grecia/Turquía	1,900	0,050	0,280	
Gediz	Turquía	1,650	0,050	0,190	
Goksu	Turquía				8,870
Herault	Francia	0,610	0,060	0,045	0,220
Kishon	Israel				20,000
Krka	Croacia	0,526	0,093	0,046	
Llobregat	España	1,900	3,200	1,200	1,530
Neretva	Croacia	0,269	0,029		0,050
Nestos	Grecia	0,780	0,040		0,120
Nilo	Egipto	3,000			
Orb	Francia	0,670	0,440	0,140	0,450
Pinios	Grecia	1,890	0,090		0,140
Po	Italia	2,192	0,261	0,084	0,239
Ródano	Francia	1,320	0,091	0,044	0,124
Seyhan	Turquía	0,590	0,310	0,010	
Strymon	Grecia	1,100	0,030		0,110
Tet	Francia	1,800	1,500	0,470	0,800
Tíber	Italia	1,370	1,038	0,260	0,355
Var	Francia	0,180	0,031	0,006	0,130

Fuente: PNUMA/PAM, 2003a.

## 2.2 Destrucción y alteración física de hábitat

### Construcción y alteración de las costas

- La mala gestión del desarrollo costero, a causa principalmente de su urbanización, es uno de los grandes problemas en la región mediterránea, donde a menudo se traduce en pérdida de biodiversidad.

La concentración de población en el litoral favorece la construcción de edificios que alteran la costa. En muchas costas mediterráneas se encuentran problemas por el hormigonado del litoral. Estos problemas suelen estar relacionados con la urbanización y el desarrollo turístico.

Puesto que en muchos países las costas ofrecen muchas oportunidades de empleo en industria, turismo y comercio, la migración interna aumenta la necesidad de construir viviendas y genera un rápido crecimiento de los pueblos y ciudades costeras. Por ejemplo, la densidad media de población en la costa de Marruecos es de 90 habitantes/km<sup>2</sup>, frente a la densidad media nacional de unos 64 habitantes/km<sup>2</sup>. Esta cifra es mayor en los centros urbanos (p. ej., 108 habitantes/km<sup>2</sup> en Alhucemas). Entre 1977 y 1994, el número de ciudades de tamaño medio ha aumentado desde 16 a 30, mientras que el de poblaciones pequeñas ha pasado de 2 a 14 (ADN Marruecos, 2003). Una concentración similar de actividades en las costas ha sido observada en muchos



**Foto 2.3:** Planta industrial situada en Batroun, al norte del Líbano. Vertido directo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al mar desde una fábrica de fosfatos.

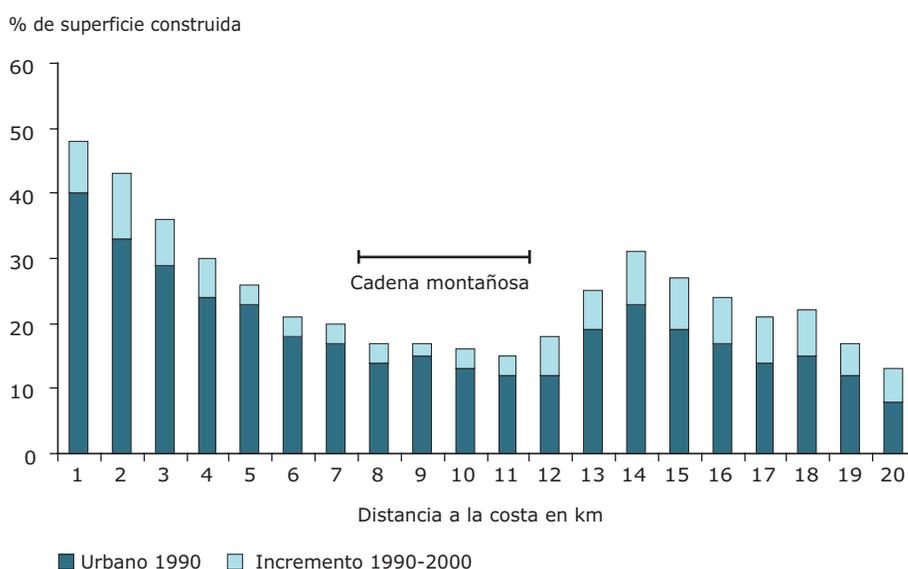
**Fuente:** Helmut Zibrowius.

países mediterráneos, como el Líbano, donde casi la mitad (49%) del litoral está edificado. Igualmente, la edificación en la costa de Barcelona (España) aumentó un 10% durante la década de los noventa (AEMA/TMA, 2004) (Figura 2.6).

### Alteración de humedales y marismas saladas

La gestión inadecuada del desarrollo costero y el aumento de suelo agrícola han reducido el tamaño de los humedales mediterráneos, ocasionando una pérdida de diversidad biológica.

**Figura 2.6 Superficie construida según la distancia a la costa (Barcelona, España) en 1990 y 2000**



**Nota:** Para entender la forma del gráfico, hay que saber que detrás de Barcelona existe una cadena montañosa que es una zona protegida. El crecimiento urbano parece continuar tierra adentro por detrás de dicha cadena montañosa.

**Fuente:** CTE/TMA 2004.

**Cuadro 2.5 Estudio de caso - Croacia**

En Croacia, la construcción intensiva e incontrolada en la costa para recreo, vivienda, complejos turísticos, puertos deportivos y pequeños puertos, ha ocasionado graves alteraciones físicas del litoral, a causa del vertido y depósito de materiales inertes. La situación es muy crítica en el estuario del río Zrnovnica, la cala de Tarska –estuario del río Mirna, el estuario del río Neretva, el estuario del río Cetina y algunas partes de la bahía de Pirovac.

**Cuadro 2.6 Estudio de caso - Egipto**

En Egipto, las construcciones para recreo están confinadas dentro de una estrecha franja de tierra cuya anchura rara vez sobrepasa varios centenares de metros entre la autopista del litoral y la costa. La mayoría de los complejos turísticos se están edificando sobre la cordillera calcárea paralela al litoral. En muchos casos, la excavación de los montes ha destruido la vegetación natural y las plantaciones de olivos e higueras. Las actividades extractivas para la construcción contribuyen a la degradación de la cordillera calcárea del litoral, causando un daño irreparable en el medio ambiente costero. La presión en la costa se intensifica aún más cuando se modifica la línea de costa (dragado, creación de lagos artificiales, etc.) en beneficio de los complejos turísticos. Todas estas modificaciones en la línea de costa afectan a la estabilidad del litoral, y también a la calidad de sus hábitat.

La erosión es un problema ambiental importante en las costas de Egipto. La construcción de presas a lo largo del Nilo ha reducido considerablemente la cantidad de sedimentos transportados por el río. En consecuencia, la erosión es muy severa en el norte del delta desde el este de Rosetta. En algunos lugares, la línea de la costa ha retrocedido cien metros (desembocadura del brazo Rosetta del Nilo). En un intento de evitar la pérdida de arena en las playas, se han construido estructuras de protección contra la erosión a lo largo del litoral. No obstante, estas construcciones han creado condiciones artificiales en la costa y, en muchos casos, un relativo estancamiento de las aguas y una degradación aún mayor del medio ambiente marino.

En el delta del Nilo (Egipto), por ejemplo, el lago Maryut ha sido drenado con fines agrícolas hasta alcanzar un 25% de su tamaño original, mientras que el lago Manzala en 1980 se había reducido a 1.200 km<sup>2</sup> desde sus 1.710 km<sup>2</sup> originales. El lago Burullus ha sufrido también una pérdida de superficie debido a las obras de drenaje realizadas para reaumentar el suelo agrícola. Además, muchos humedales cerca de ciudades y áreas industriales se utilizan como receptores de aguas residuales. En la tabla 2.5 se indican los principales humedales mediterráneos amenazados.

*Alteración de cuencas hidrográficas costeras y aguas marinas*

La erosión costera es un problema común en muchos países mediterráneos y puede tener causas naturales como el transporte de sedimentos marinos. No

obstante, el problema se agrava por actividades humanas como:

- La retención de sedimentos en la cuenca hidrográfica,
- Las construcciones mal diseñadas, y
- La excesiva extracción de arena de playa para la construcción.

La erosión puede tener numerosos impactos sobre el ecosistema costero:

- Destrucción del horizonte superficial del suelo, ocasionando la contaminación de las aguas subterráneas y la disminución de los recursos hídricos;

**Tabla 2.5 Humedales mediterráneos amenazados**

Humedal amenazado	País	Fuente
Delta del río Evros/Meric	Grecia/Turquía	ADN Grecia, 2003
Lago salado Regahaia	Argelia	ADN Argelia, 2003
Lago 23 de Julio	Libia	ADN Libia, 2003
Laguna Karavasta	Albania	ADN Albania, 2003
Lago Bizerta	Túnez	ADN Túnez, 2003

**Cuadro 2.7 Estudio de caso - Argelia**

Un 85% de los 250-300 km de las playas arenosas de Argelia está retrocediendo y perdiendo arena a un ritmo entre 0,30 y 10,4 m/año (ADN Argelia 2004). En la playa de Bejaia, el mar avanzó unos 345 m desde 1959 a 1995. En Boumerdes, Bou Ismail, Macta y Beni Saf existen problemas similares. Son pocas las playas arenosas que permanecen estables (10%) y sólo el 5% de las playas ha acumulado arena progresivamente durante las últimas décadas. Las principales causas de erosión son las siguientes:

(i) El aporte de sedimentos a la zona costera ha disminuido considerablemente en los últimos tiempos debido a que el material sedimentario queda atrapado tras las presas construidas para riego u otros fines a lo largo de los ríos y otros cursos de agua. Los sedimentos atrapados tras las 39 principales presas argelinas se estimaban en 1992 en unos 219 millones de m<sup>3</sup>, aumentando a un ritmo de unos 9 millones de m<sup>3</sup>/año (o 16,4 millones de toneladas al año).

(ii) A lo largo de la costa son transportados menos sedimentos, porque en muchos casos son retenidos por las infraestructuras portuarias. El volumen total de sedimentos retenidos en los puertos argelinos sobrepasa los 20 millones de m<sup>3</sup>, sobre todo en los puertos de Orán, Azrew, Bethioua, Argel, Bejaia, Skikda y Annaba, cuyo conjunto retiene el 78% del volumen total de sedimentos. La acumulación de sedimentos hace que los puertos necesiten frecuentes dragados para mantener la profundidad necesaria para la navegación.

(iii) La arena para la construcción se extrae de muchos lugares del litoral como: depósitos aluviales en cursos de agua (oueds) cercanos a la costa, en áreas de reciente deposición eólica, en la parte superior de las playas e incluso bajo el nivel del agua. La extracción de arena de los depósitos costeros suele ser un proceso legal. Sin embargo, la excesiva retirada de arena destruye el ecosistema costero. Por otra parte, hay operaciones ilegales que aumentan aún más la extracción de arena (foto 2.4).

- degradación de los sistemas de dunas, ocasionando la desertización y la pérdida de diversidad biológica;
- destrucción de dunas con efectos adversos sobre la dinámica de las playas y disminución de los recursos sedimentarios;
- desaparición de las franjas arenosas litorales que protegen las tierras agrícolas frente a la intrusión marina, ocasionando la salinización del suelo y las aguas subterráneas.



**Foto 2.4:** Extracción ilegal de arena en la playa de Jelufi, al este de Argel.

**Fuente:** ADN Argelia, 2003.

### 2.3 Contaminación de origen marítimo y costero

#### *Hidrocarburos del petróleo generados por las actividades de tráfico marítimo*

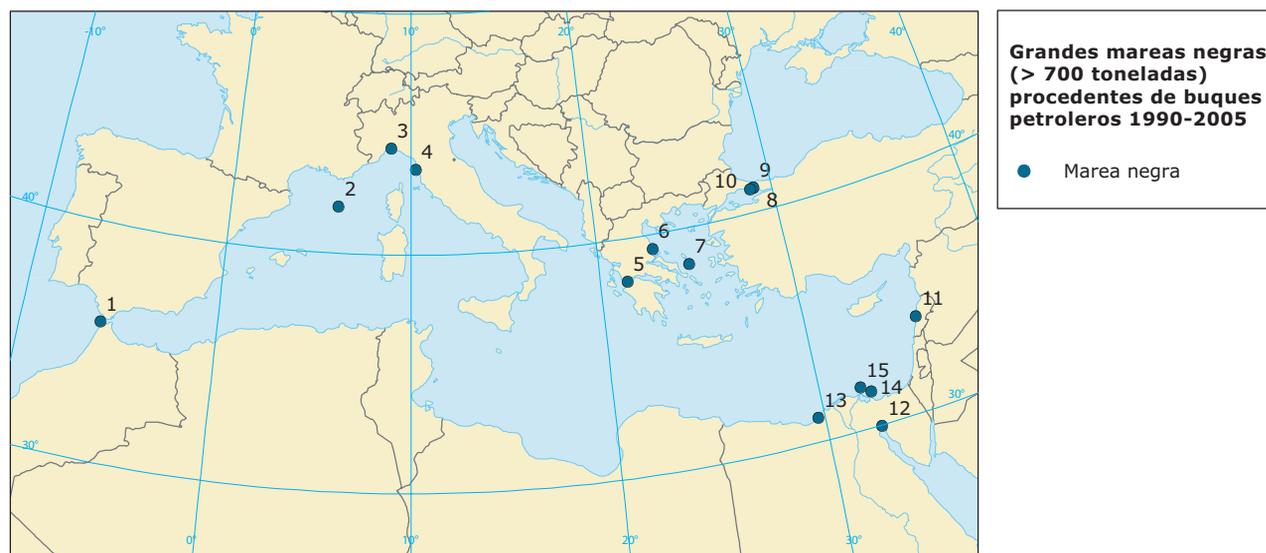
El transporte marítimo es una de las principales fuentes de contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en el mar Mediterráneo.

- *Transporte marítimo y vertidos de petróleo*

Se estima que cada año cruzan el Mediterráneo unos 220.000 buques con más de 100 toneladas, que vierten unas 250.000 toneladas de petróleo. Este vertido es el resultado de operaciones marítimas (descarga de lastre, lavado de tanques, entrada en dique seco, vertido de combustibles y petróleo, etc.) y tiene lugar en un área que desde 1973 es considerada «área marítima especial» tras su declaración por el Convenio MARPOL 73/78; es decir, un área donde los vertidos de petróleo están prácticamente prohibidos. El aporte de HAP depende del tipo de petróleo vertido y se estima que varía entre 0,3 y 1.000 toneladas anuales (PNUMA Productos Químicos, 2002).

Los vertidos ilegales de los buques han sido detectados mediante la fotointerpretación de imágenes obtenidas con el satélite ERS SAR (Radar de Apertura Sintética). En el trabajo pionero realizado por Pavlakis *et al.* (2001) en el Mediterráneo, se interpretaron 1.600 imágenes del ERS SAR obtenidas en 1999, y se demostró por primera

**Figura 2.7 Grandes mareas negras (> 700 toneladas) procedentes de buques petroleros 1900-2005**



**Nota:** Los números corresponden a los accidentes mencionados en la tabla 2.6.

**Fuente:** PNUMA – WCMC, 2004.

vez la gravedad del problema del vertido deliberado de petróleo en el Mediterráneo.

**Mareas negras**

Durante el período 1990-2005 se registró en el mar Mediterráneo y sus inmediaciones el vertido de unas 80.000 toneladas de petróleo a causa de accidentes marítimos (teniendo en cuenta sólo los accidentes con vertido mayor de 700 toneladas). Los cuatro vertidos más importantes supusieron el 77% de la cantidad total vertida. La distribución de estos vertidos accidentales

en el Mediterráneo y sus inmediaciones, según el PNUMA-WCMC, se exponen en la figura 2.7 y la tabla 2.6. Según las estadísticas del Centro Regional de Respuesta ante Emergencias de Contaminación Marina (REMPEC), entre enero de 1990 y enero de 1999 se registraron 82 accidentes con vertido de un total de 22.150 toneladas de petróleo (REMPEC, 2001). Los incidentes en las terminales petroleras y los vertidos rutinarios de las instalaciones terrestres (unas 120.000 toneladas/año, según PNUMA/PAM/OMS, 1999) contribuyen a aumentar la concentración de petróleo en su proximidad.

**Tabla 2.6 Grandes vertidos accidentales de petróleo (> 700 toneladas) 1900-2005**

Código	Fecha	Nombre	Toneladas	Causa
1	6 de agosto de 1990	SEA SPIRIT	10.000	Colisión
2	17 de agosto de 1993	LYRIA	2.200	Colisión
3	11 de abril de 1991	HAVEN	10.000*	Incendio/explosión
4	10 de abril de 1991	AGIP ABRUZZO	2.000	Colisión
5	30 de octubre de 1997	SERIFOS	900	Encalladura
6	14 de agosto de 1990	VASILIOS V	1.000	Desconocido
7	3 de mayo de 1992	GEROI CHERNOMORYA	1.600	Colisión
8	29 de marzo de 1990	JAMBUR	1.800	Colisión
9	13 de marzo de 1994	NASSIA	33.000	Colisión
10	29 de diciembre de 1999	VOLGONEFT 248	1.578	Rotura del casco
11	1 de noviembre de 1998	GIOVANNA	3.000	Incendio/explosión
12	18 de agosto de 1990	SILVER ENERGY	3.200	Encalladura
13	18 de noviembre de 2004	GOOD HOPE	1.353	Fallo técnico
14	14 de diciembre de 2004	AL SAMIDOON	9.000	Encalladura
15	4 de febrero de 2005	GENMAR KESTREL	1.000	Colisión

\*Basado en estimaciones del REMPEC

**Nota:** El número de código se refiere a la Figura 2.7.

**Fuente:** HCMR basado en PNUMA - WCMC, 2004.

### Basura en el mar

- Las costas mediterráneas se están llenando de basura, sobre todo restos plásticos (foto 2.5), pero la gravedad de su impacto no se ha cuantificado todavía. Cada vez es más evidente el impacto ambiental de los restos de plásticos depositados, perdidos o abandonados. No sólo llegan a ser un problema estético, sino que además requieren costosos procedimientos de limpieza.

El impacto ambiental aumenta cuando la fauna marina queda enredada entre los residuos plásticos o los ingiere. Los residuos en el mar suponen una amenaza también para el ser humano, ya que pueden afectar a buceadores, buques o barcas.



**Foto 2.5:** Residuos en la costa de Attiki, Grecia.

**Fuente:** M. Salomidi.

### Cuadro 2.8 Estudio de caso - Argelia

Las rutas de los petroleros pasan cerca de la costa argelina, transportando 150 millones de toneladas de petróleo al año (de un total de 500 millones de toneladas/año transportadas por el mar Mediterráneo). Esto corresponde al paso de unos 1.800 petroleros al año. Por otra parte, más de 50 millones de toneladas de petróleo al año pasan por las terminales petroleras de los principales puertos argelinos (Arzew, Bethioua, Bejaia y Skikda), con unas pérdidas operativas significativas que se vierten al mar (unas 10.000 toneladas/año). Las operaciones de descarga de lastre son también responsables de la emisión de otras 12.000 toneladas de petróleo al año a las aguas costeras. Esto ocurre porque las instalaciones disponibles para recoger el lastre no pueden hacer frente a cantidades tan grandes. Además de lo anterior, la contaminación por petróleo también es causada por el vertido de aguas residuales industriales y urbanas y lodos tóxicos de refinerías de petróleo en Argel, Orán y Skikda y de producción de gas natural. Debido a la presencia de actividades relacionadas con el petróleo en Argelia, los sedimentos portuarios y costeros contienen elevadas concentraciones de hidrocarburos totales así como HAP (tabla 2.7).

**Tabla 2.7** Concentración de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) en los sedimentos portuarios de Argelia

Puertos	HTP en mg/kg de peso seco
Orán	1.500–17.000
Arzew	930–8 600
Bethioua	67–940
Mostaganem	1.600–8 800
Ténès	680–990
Alger	1.900–31.000
Bejaia	140–260
Jijel	180–430
Puerto antiguo de Skikda	450–2.000
Puerto nuevo de Skikda	79–120
Annaba	130–6 200

### 3 Problemas de contaminación país por país

La identificación de los puntos de alarma por contaminación y de las zonas de mayor preocupación ambiental se ha basado en:

- datos de PNUMA/OMS (incluidos PNUMA/PAM/OMS, 1999 y PNUMA/OMS, 2003);
- informes remitidos en 2003 por cada país al PNUMA/PAM (Análisis Diagnósticos Nacionales en cada país, ADN);
- un Plan de Acción Nacional de un país (PAN Francia 2005).

Los comentarios recibidos de los Coordinadores Nacionales de MEDPOL en Francia, Eslovenia y España durante la revisión del borrador final se han incluido cuando se ha considerado oportuno. No obstante, hay que decir que los informes ADN contienen en ocasiones datos contradictorios y que la disponibilidad de datos no ha sido la misma en todos los países. Por tanto, el nivel de estrés contaminante se ha evaluado a escala nacional en lugar de panmediterránea, por lo que cabe esperar ciertas discrepancias de un país a otro en la designación de una zona como punto de alarma por contaminación o como zona de mayor preocupación ambiental.

#### 3.1 Albania

Aproximadamente el 58% de la población albanesa reside en zonas costeras a lo largo de los mares Adriático y Jónico (figura 3.1). Después de 1991, la mayoría de las grandes industrias albanesas (producción y procesamiento de minerales, plaguicidas, fertilizantes, productos químicos, plásticos, papel, alimentos y textiles) se vieron obligadas a cerrar, dejando tras de sí existencias de sustancias peligrosas obsoletas y suelos contaminados. Los principales problemas de contaminación son las existencias de productos químicos obsoletos, las aguas residuales urbanas no tratadas y los residuos sólidos. El vertido de aguas residuales urbanas no tratadas, la erosión de la playa y la construcción ilegal en la costa son problemas presentes en la bahía de Vlora, la de Puerto Romano, la de Durres, la de Saranda, la laguna Kune-Vaini, la desembocadura del río Drini (en la ciudad de Lezhe), el distrito de Fieri (en el río Semani), la laguna Karabasta y la playa de Divjaka. La mayoría de las fuentes de contaminación de origen terrestre se localizan en:

- Distrito de Durres: existencias de lindano y sales de cromo VI, aguas residuales urbanas no tratadas (9.600 m<sup>3</sup>/día), gestión inadecuada de los residuos sólidos (150-200 toneladas/día); actividad portuaria.

**Figura 3.1** Costa de Albania con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación



- Distrito de Vlora: contaminación por mercurio en los terrenos de la antigua fábrica de cloruros alcalinos detectada en una zona de 20 hectáreas en torno a la fábrica y a una profundidad de suelo de 1,5 m (concentraciones de mercurio de 5.000-60.000 mg/kg de suelo); niveles de mercurio en las aguas subterráneas y en los sedimentos costeros de la bahía de Vlora (hasta 2,33 mg/kg); hidrocarburos clorados y otros contaminantes peligrosos en el suelo.

### 3.2 Argelia

En las costas de Argelia viven aproximadamente 12,5 millones de personas (1998), lo que representa el 45% de la población del país. En los meses de verano, los turistas se suman a la población permanente. Argel, Orán, Annaba, Ghazaouet, Mostaganem, Arzew, Bejaia y Skikda son las ciudades costeras más importantes. (figura 3.2) (ADN Argelia, 2003). Entre los principales problemas de contaminación cabe destacar el vertido de aguas residuales urbanas e industriales no tratadas, los vertidos de hidrocarburos derivados del petróleo y la erosión de las costas. La mayor parte de las aguas residuales urbanas se vierten directamente al mar sin tratamiento alguno (foto 3.1). Aunque se han construido 17 depuradoras para el tratamiento de las aguas residuales urbanas en la zona costera argelina, sólo cinco están funcionando normalmente. Esto representa aproximadamente el 25% de la capacidad total de tratamiento. En la mayoría de las playas de baño argelinas se detecta la presencia de microorganismos fecales en niveles que exceden los umbrales establecidos por las normas sanitarias. Por otra parte, la contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo es muy frecuente en el litoral argelino, debido



Foto 3.1: Aguas residuales vertidas directamente al mar (Argel).

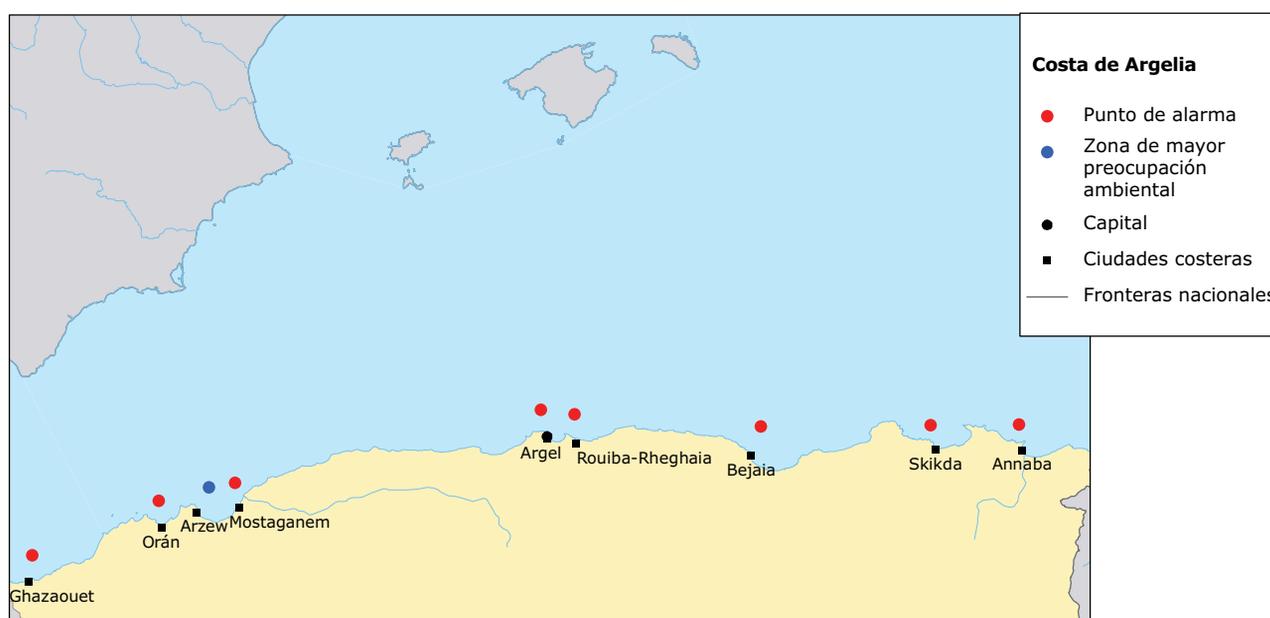
Fuente: ADN Argelia, 2003.

a las rutas de los petroleros que pasan cerca de la costa argelina. La erosión es otro problema importante. De los 250-300 km de playas arenosas que hay en Argelia, el 85% está en retroceso, perdiendo arena a una velocidad que varía entre 0,30 y 10,4 m/año.

Las zonas cuyo estado es motivo de preocupación son las siguientes:

- Bahía de Argel: aguas residuales urbanas e industriales, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc en los sedimentos.
- Orán: aguas residuales urbanas e industriales (terminal y refinería de petróleo, curtidurías).
- Skikda: aguas residuales urbanas e industriales (gas natural, producción de mercurio, terminal y refinería de petróleo, industria química), metales pesados.

Figura 3.2 Costa de Argelia con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación



**Figura 3.3 Costa de Bosnia - Herzegovina y Croacia, con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



- Annaba: aguas residuales urbanas e industriales (fertilizantes, cromo).
- Ghazaouet: aguas residuales urbanas e industriales (zinc y ácido sulfúrico).
- Mostaganem: aguas residuales urbanas e industriales, plomo, mercurio.
- Arzew: aguas residuales urbanas e industriales, gas licuado, derrames de petróleo, fertilizantes.
- Bejaia: aguas residuales urbanas e industriales (oleoducto).

### 3.3 Bosnia y Herzegovina

La costa mediterránea de Bosnia y Herzegovina en el Adriático tiene 25 km de longitud y alberga a la ciudad de Neum (con 4 300 habitantes). Los contaminantes generados en las cuencas hidrográficas de los principales ríos bosnios, el Neretva (desde las poblaciones cercanas de Konjic, Mostar, Caplinja, Ploce y Metkovic) y el Trebisnjica (desde las poblaciones de Bileca y Neum), pueden alcanzar el mar Adriático y afectar a su medio ambiente (figura 3.3) (ADN Bosnia y Herzegovina, 2003). Los principales problemas de contaminación son las aguas residuales urbanas no tratadas y el almacenamiento ocasional de productos químicos obsoletos. Las zonas cuyo estado se considera preocupante son las siguientes:

- Mostar (130.000 habitantes). Las aguas residuales urbanas e industriales se vierten al río Neretva sin ningún tratamiento y los residuos urbanos sólidos se depositan en vertederos sin una gestión adecuada. En las dos orillas del río se abandonan barriles de productos químicos obsoletos. Durante la guerra (1992-1995), los bombardeos destruyeron transformadores eléctricos, ocasionando fugas de aceite y contaminación del suelo y del agua con PCB.
- Neum (4.300 habitantes) es el único centro urbano de Bosnia y Herzegovina que vierte directamente

al mar Adriático sus aguas residuales, sometidas en este caso a tratamiento primario. La población de la ciudad se duplica durante los meses de verano debido al turismo.

### 3.4 Croacia

Croacia tiene una población costera permanente de 1.000.000 de habitantes, aumentando considerablemente durante el verano a causa del turismo. Las ciudades costeras más grandes son Split (207.000 habitantes), Rijeka (206.000 habitantes), Zadar (137.000 habitantes), Pula (85.000 habitantes), Sibenik (85.000 habitantes) y Dubrovnik (71.400 habitantes). Las constantes alteraciones físicas que se observan en muchas zonas son el resultado de una construcción masiva e incontrolada a lo largo del litoral (edificios recreativos, complejos turísticos, muelles y puertos deportivos). Esta actividad ha generado el vertido y depósito de materiales inertes. Otra amenaza para el litoral es la acuicultura, ya que ha causado la degradación de los hábitat en la vecindad de las jaulas de los peces y entra en conflicto con el negocio turístico.

En la figura 3.3 se indican las zonas costeras más amenazadas (ADN Croacia, 2003). Los principales problemas de contaminación incluyen las aguas residuales urbanas, la eutrofización de las aguas costeras y la urbanización y destrucción del hábitat costero marino en:

- Bahía de Kastela (Split): eutrofización y acumulación de materia orgánica, metales y compuestos organohalogenados en los sedimentos debido al vertido de aguas residuales urbanas e industriales sin tratar. Cambios en la biodiversidad debido a especies exóticas.

- Rijeka, Zadar, Pula, Sibenik y Dubrovnik: aguas residuales urbanas e industriales sin tratar.
- Condado de Primorsko-Goranska (terminal y refinería de petróleo de Omisalj/Rijeka): el Sistema de Oleoductos del Adriático está en la zona (JANAF, Plc Jadranski NAFtovod Joint Stock Company), junto con un sistema internacional de transporte de petróleo desde la terminal petrolera hasta refinerías de Europa central y oriental. La capacidad teórica del oleoducto es de 34 millones de toneladas de petróleo al año y la capacidad actual instalada es de 20 millones de toneladas al año. Aunque hasta la fecha no se ha producido ningún episodio importante de contaminación, preocupa la posibilidad de que se produzcan fugas de crudo en el futuro. Además, existe la posibilidad de que se introduzcan especies foráneas a través del lastre y las incrustaciones de los buques si la terminal se utiliza para cargar crudo procedente de Rusia.

### 3.5 Chipre

La zona costera meridional de Chipre está densamente poblada, con unos 370.000 habitantes permanentes (47% de la población permanente total) y turistas (3 millones al año). El sector industrial del país es pequeño y, por tanto, la contaminación industrial es limitada. Todas las poblaciones y centros turísticos de la costa cuentan con estaciones depuradoras de aguas residuales. Los principales problemas medioambientales son la alteración del litoral, las actividades mineras industriales y las aguas residuales urbanas, en la bahía de Limassol, la de Liopetri y Ayia Napa y la de Vassilikos (ADN Chipre, 2003) (figura 3.4). Más concretamente:

- Bahía de Limassol: aguas residuales urbanas e industriales sin tratar. La construcción del puerto de Limassol ha causado la erosión de la playa y las medidas de rectificación (malecones

perpendiculares a la costa) han ocasionado un grave deterioro de la calidad del agua.

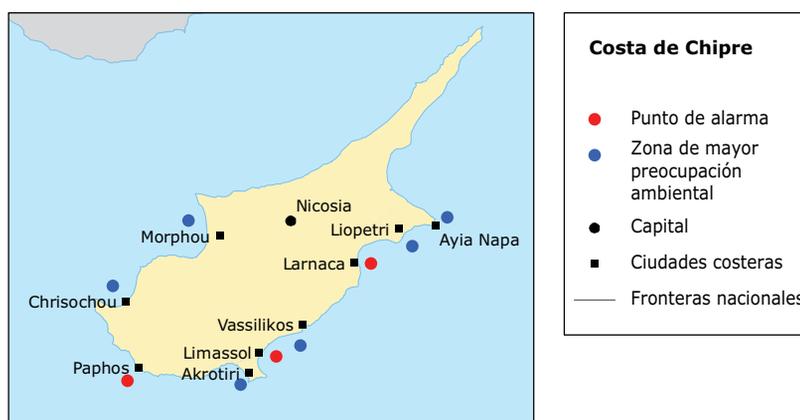
- Bahía de Liopetri y Ayia Napa: lixiviación de nitrógeno procedente de la zona de agricultura intensiva debido al uso excesivo de fertilizantes (150 toneladas de nitrógeno al año).
- Bahía de Vassilikos: la actividad minera (mineral de pirita ferrosa) es responsable de la contaminación del medio ambiente marino con cobre, hierro y zinc. Los materiales inertes procedentes de la actividad industrial han cubierto los sedimentos de la bahía, destruyendo la comunidad bentónica de la zona.

### 3.6 Egipto

La zona costera que rodea Alejandría (lago Manzala, bahía de Abu-Qir Bay y bahía de Mex, costa alejandrina) es la zona de mayor preocupación de Egipto, junto con Port Said (figura 3.5). Los principales problemas medioambientales están causados por las aguas residuales urbanas e industriales sin tratar y la intensa urbanización que ha causado la degradación del litoral (ADN Egipto, 2003). Las zonas sensibles y los puntos de alarma por contaminación son:

- Costa alejandrina: problema crítico con las aguas residuales debido al elevado crecimiento de la población y al rápido desarrollo industrial.
- Bahía de Mex y bahía de Abu-Qir: la carga total de DBO<sub>5</sub> es de 219.500 toneladas/año y 91.700 toneladas/año, respectivamente, para las aguas urbanas e industriales. Altas concentraciones de metales en los sedimentos de las bahías.
- Lago Maryut: recibe aguas residuales industriales y muestra graves signos de eutrofización (condiciones anaerobias, olores por sulfuro de hidrógeno), así como una importante acumulación de metales pesados (mercurio, cadmio, plomo, zinc) en sedimentos y biota.

**Figura 3.4** Costa de Chipre con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación



**Figura 3.5 Costa alejandrina de Egipto con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



- Costa situada entre Alejandría y Mers Matruh: intenso desarrollo urbanístico del litoral, que ha ocasionado la destrucción de las cordilleras calcáreas naturales.
- Brazo Rosetta del río Nilo: erosión.
- Humedales de los lagos Manzala, Maryut, Burullus e Idku: su tamaño se ha visto muy reducido debido al drenaje para el riego de las nuevas tierras agrícolas.

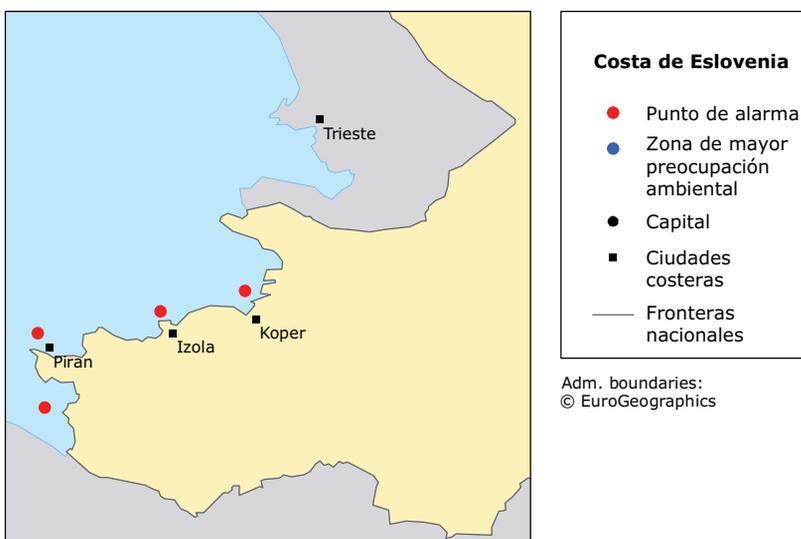
**3.7 Eslovenia**

Eslovenia posee un litoral de escasa longitud en el mar Adriático (46,6 km). En él residen unos 80.000 habitantes, concentrados principalmente en las ciudades de Koper, Izola y Piran (figura 3.16). Más del 80% del litoral esloveno está urbanizado y en muchos casos la urbanización se adentra hasta 1,5 km desde la costa. Esto deja sólo 8 km (18%) de costa en estado

natural. Los principales problemas medioambientales están relacionados con el vertido de aguas residuales urbanas e industriales parcialmente tratadas y la escorrentía desde suelo agrícola (ADN Eslovenia, 2003):

- Bahía de Koper: recibe aguas residuales sometidas a tratamiento primario procedentes de la ciudad de Koper, nutrientes y metales pesados (Ni, Cr y Zn) a través de los ríos Rizana y Badasevica (585 toneladas de nitrógeno y ocho toneladas de fósforo al año).
- Bahía de Piran: recibe aguas residuales sometidas a tratamiento primario procedentes de Piran y aguas residuales sin tratar desde Izola, así como nutrientes y metales pesados a través de los ríos Dragonja y Drnica (61 toneladas de nitrógeno y 1 tonelada de fósforo al año).

**Figura 3.6 Costa de Eslovenia con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



Adm. boundaries:  
© EuroGeographics

**Figura 3.7 Litoral Mediterráneo de España con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**

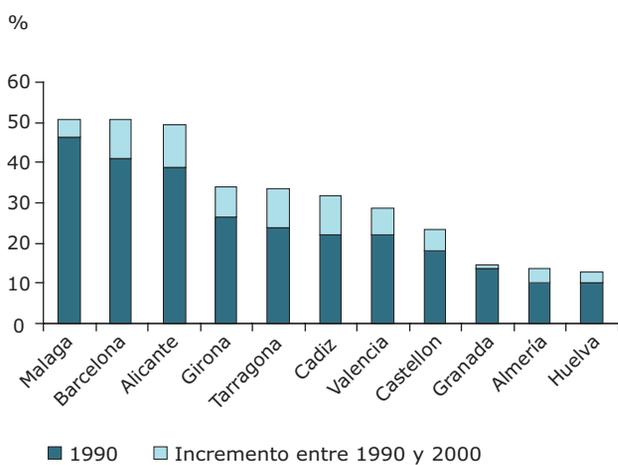


### 3.8 España

El litoral mediterráneo de España tiene una población de 15,6 millones de habitantes, lo que representa más del 39% de la población del país. La urbanización es muy intensa, puesto que el 85% de la población del litoral mediterráneo vive en ciudades y pueblos de más de 10.000 habitantes. Las principales ciudades son: Barcelona (4 millones de habitantes), Valencia (2,1 millones), Málaga (900.000), Murcia (400.000), Palma de Mallorca (370.000), Granada (310.000), Cartagena (185.000), Benidorm (125.000), Tarragona (110.000) y Algeciras (105.000) (PNUMA/Plan Bleu, 2001). La urbanización afecta a los biotopos más valiosos y frágiles de la costa, como dunas, bosques litorales,

humedales y playas. Las zonas edificadas que actúan como una importante barrera entre la tierra y el mar (la llamada «muralla mediterránea»), ocupa más del 50% de la costa. Por otra parte, la proximidad al mar de estas zonas edificadas hace que los asentamientos sean extremadamente vulnerables a las tormentas marinas, las inundaciones y otros fenómenos excepcionales. Hasta 6 millones de edificios son segundas viviendas que se ocupan con carácter estacional. El ritmo de construcción es especialmente elevado en el litoral mediterráneo (figura 3.17) debido a dos factores principales: la construcción de complejos turísticos y segundas viviendas y la creciente expansión de las zonas metropolitanas de las grandes ciudades.

**Figura 3.8 Porcentaje de superficie construida en los primeros km de costa por provincia en España (1990 y 2000)**



Los ríos Ebro, Segura y Júcar son también vías importantes a través de las cuales las contaminaciones urbana e industrial alcanzan el mar Mediterráneo cerca de las ciudades de Amposta, Murcia y Valencia, respectivamente. Aunque la mayor parte de las ciudades costeras tienen estación depuradora de aguas residuales, el vertido de aguas residuales urbanas e industriales es uno de los principales problemas de contaminación. La intensa urbanización del litoral es otro grave problema.

En la figura 3.18 se muestran los principales puntos de alarma por contaminación en el litoral mediterráneo. Estos son:

- Barcelona, Valencia, Cartagena, Tarragona y Algeciras: aguas residuales urbanas e industriales.
- Desembocadura del río Ebro (Aragosta): contaminantes urbanos e industriales.

Fuente: CTE/TMA2004.

### 3.9 Francia

El litoral mediterráneo de Francia se extiende a lo largo de 1.960 km a lo largo de las regiones de Languedoc-Roussillon, Provenza-Alpes-Costa Azul y Córcega. Los principales problemas medioambientales están causados por la contaminación transportada por los ríos y por las aguas residuales industriales y urbanas tratadas. Además, la intensa urbanización a lo largo de una costa ya densamente poblada es también una gran causa de preocupación (IFEN, 1999). El hormigonado del litoral debido a la construcción de puertos deportivos altera partes importantes de la costa natural. Entre las poblaciones de Martigues y Menton, el 15% de la zona costera con profundidades de 0 a 10 m y el 17% del litoral (110 km) es de hormigón. Igualmente, el 20% de los 120 km de costa en la región de los Alpes Marítimos está ocupado por pequeños puertos, puertos deportivos y refugios para los barcos. En la figura 3.6 se muestran las zonas de mayor preocupación ambiental. Las principales actividades antropogénicas que se desarrollan en ellas son las siguientes:

- Marsella y Niza son ciudades costeras relativamente grandes (densidad superior a 3.000 habitantes por km<sup>2</sup>) que vierten la mayor parte de sus aguas residuales urbanas tratadas al mar.
- Río Ródano: transporta cargas importantes de nutrientes y otros contaminantes (materia orgánica, metales) desde su cuenca hidrográfica.
- Estanque de Berre en Fos: Fos es el mayor puerto francés y el segundo mayor puerto europeo, y alberga terminales petroleras y de metano (el gas natural se importa de Argelia), así como un gran complejo industrial.
- Los ríos Herault, Gard y Vaucluse se consideran vectores de la contaminación industrial (centrales hidroeléctricas y nucleares, procesamiento del

petróleo, fábricas de componentes electrónicos, metales y productos químicos).

- Puertos de Marsella, Sète, Port-la-Nouvelle, Port-Vendres, Toulon (base naval francesa), Niza, Bastia y Ajaccio: la contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo se genera por las prácticas de descarga de lastre y por los derrames accidentales de petróleo.

### 3.10 Gaza y Cisjordania

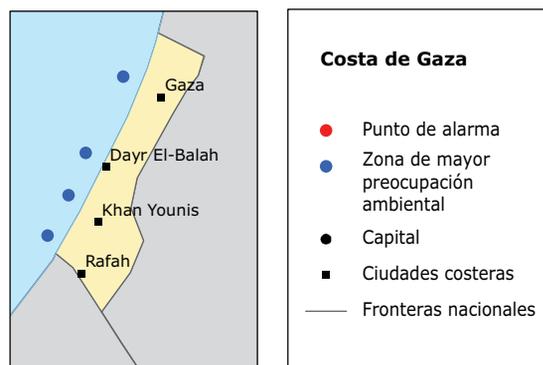
La Franja de Gaza tiene 42 km de longitud y 5,7-12 km de anchura. Alberga a un millón de habitantes y tiene un gran potencial de crecimiento, puesto que el 50,2% de la población es menor de 15 años. La zona está muy urbanizada, e incluye las ciudades de Gaza, Jan Yunis y Rafah, así como 54 aldeas. Las aguas residuales urbanas poco tratadas constituyen la principal fuente de contaminación de las costas de la Franja de Gaza. Algunas industrias pequeñas y medianas contribuyen también a la contaminación de la zona costera. Hay más de 20 redes de alcantarillado que vierten a la playa o a corta distancia de la misma, en la zona de oleaje. Estas redes de alcantarillado transportan principalmente aguas residuales no tratadas (sólo el 40% de las aguas residuales generadas en la Franja de Gaza reciben un tratamiento adecuado). Además, los sistemas de alcantarillado dan servicio sólo al 60% de la población. Las zonas de mayor preocupación son:

- Ciudad de Gaza: aguas residuales urbanas e industriales (combustibles, asfalto, industria textil, talleres mecánicos, imprentas, plásticos, cerámica).
- Ciudad de Jan Yunis: aguas residuales urbanas e industriales (combustibles, cemento, alimentos, industria textil, talleres mecánicos, imprentas, plásticos).

**Figura 3.9 Litoral Mediterráneo de Francia con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



**Figura 3.10 Franja de Gaza y principales poblaciones con problemas ambientales**



- Ciudad de Rafah: aguas residuales urbanas e industriales (combustibles, cemento, industria textil, talleres mecánicos, metal, madera).
- Ciudad de Dayr El-Balah: aguas residuales urbanas.

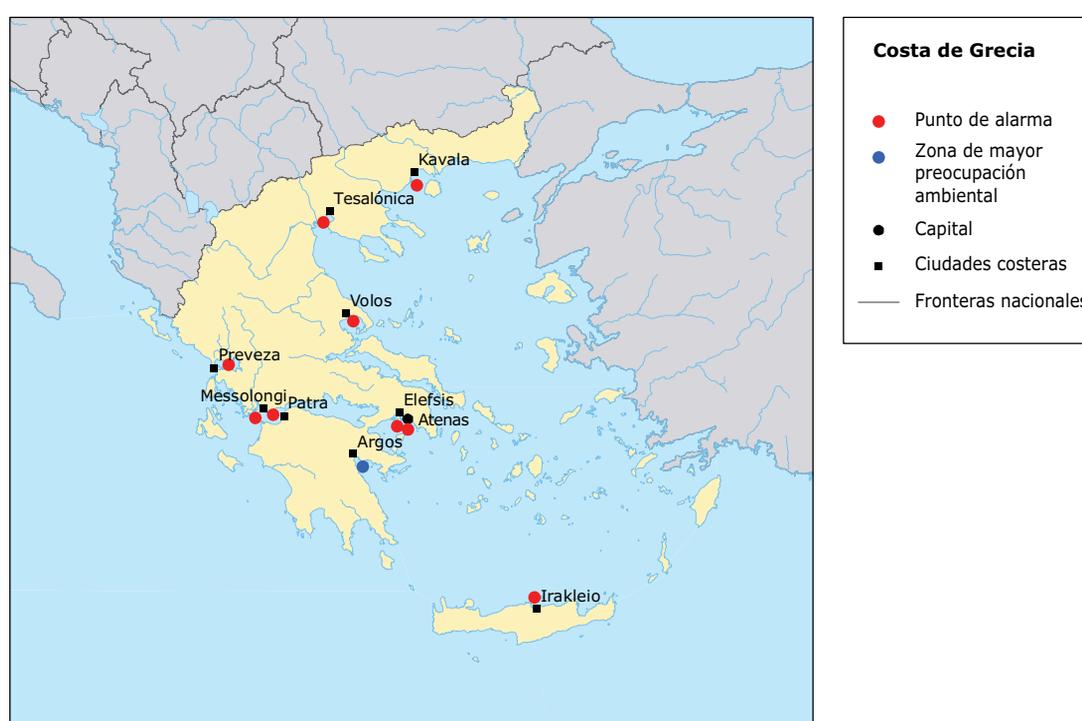
### 3.11 Grecia

El litoral de Grecia tiene una longitud de aproximadamente 15.000 km. Alberga al 50% de la población del país y la mayor parte de la actividad industrial (ADN Grecia, 2003). La mayoría de las ciudades costeras cuentan con estación depuradora de aguas residuales. Los problemas medioambientales localizados están ocasionados por aguas residuales urbanas e industriales indebidamente tratadas y por la escorrentía de las zonas agrícolas. La principal fuente

de nitrógeno de las zonas costeras marinas de Grecia es la escorrentía de las tierras agrícolas, que contribuye entre un 45% (en las islas del mar Egeo) y un 70% (en el Peloponeso oriental) a la carga total. En la figura 3.7 se indican las zonas costeras marinas amenazadas de Grecia, que son las siguientes:

- Bahía de Elefsis: aguas residuales industriales sin tratar (1.000 plantas industriales), incluyendo astilleros, siderurgia, refinerías de petróleo, cemento, papel, detergentes y alimentos. Se detectan altas concentraciones de metales pesados en agua, los sedimentos y alguna biota (mejillones).
- Golfo de Saronikos (Atenas); aguas residuales industriales y aguas residuales procedentes de la capital sometidas a un tratamiento primario. Presencia ocasional de signos de eutrofización.
- Golfo de Salónica: aguas residuales industriales y urbanas tratadas procedentes de la ciudad de Salónica y la zona industrial de Kalohori.
- Golfo de Pagasitikos (Volos): aguas residuales industriales y urbanas tratadas procedentes de la ciudad de Volos y escorrentía de tierras agrícolas a través del río Pinios.
- Golfo de Amvrakikos (Preveza): aguas residuales industriales y urbanas tratadas, así como escorrentía agrícola (nitrógeno).
- Patra e Irakleio: aguas residuales urbanas e industriales.
- Golfo de Argolikos (Argos): la escorrentía del suelo agrícola produce una carga excesiva de nitrógeno.
- Laguna de Messolongi: escorrentía procedente de zonas urbanas y agrícolas.

**Figura 3.11 Costa de Grecia con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



### 3.12 Israel

El 70% de la población reside a menos de 15 km del litoral mediterráneo, donde se concentran las principales actividades económicas y comerciales. Las principales fuentes de contaminación son las aguas residuales industriales y urbanas, aunque la mayor parte de las aguas residuales urbanas se someten a tratamiento y reciclado (figura 3.8). Los ríos Na'aman (cerca de la ciudad de Akko), Yarkon y Taninim transportan nutrientes procedentes de la escorrentía agrícola. Según el ADN Israel (2003), las zonas de preocupación ambiental, junto con las principales FOT, son las siguientes:

- Zona de Haifa: aguas residuales urbanas, aguas residuales industriales, incluida una refinería de petróleo (directamente y a través del río Kishon) y un puerto. Aparte de Haifa, la zona se ve también afectada por vertidos procedentes de las ciudades de Akko, Kiryat Haim y Kiryat Yam. En los sedimentos del puerto se acumulan cadmio, mercurio, plomo y zinc. Los vertidos industriales al río Na'aman están afectando a la bahía de Haifa.
- Zona de Hadera: recibe aguas residuales urbanas e industriales procedentes de la costa, así como escorrentía desde suelos agrícolas a través de los cursos del Hadera y del Taninim.
- Zona de Tel Aviv – Jaffa: aguas residuales industriales y urbanas, instalaciones portuarias. Los vectores de la contaminación incluyen a la región de Gush Dan y al río Yarkon. El puerto de Tel Aviv y los puertos deportivos de Tel Aviv y Jaffa están contaminados por PCB y TBT.

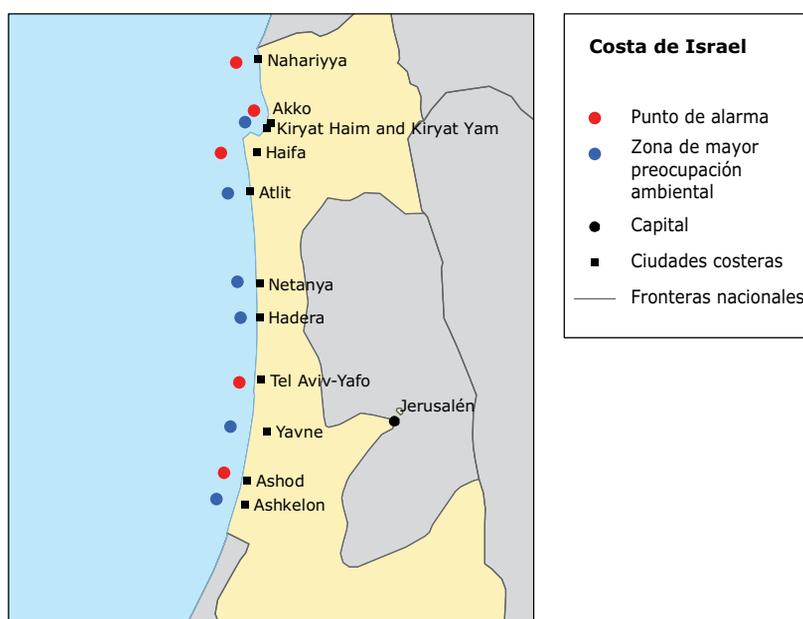
- Ashod: es el principal puerto industrial de Israel y sus sedimentos están contaminados por metales pesados, plaguicidas organoclorados y TBT.

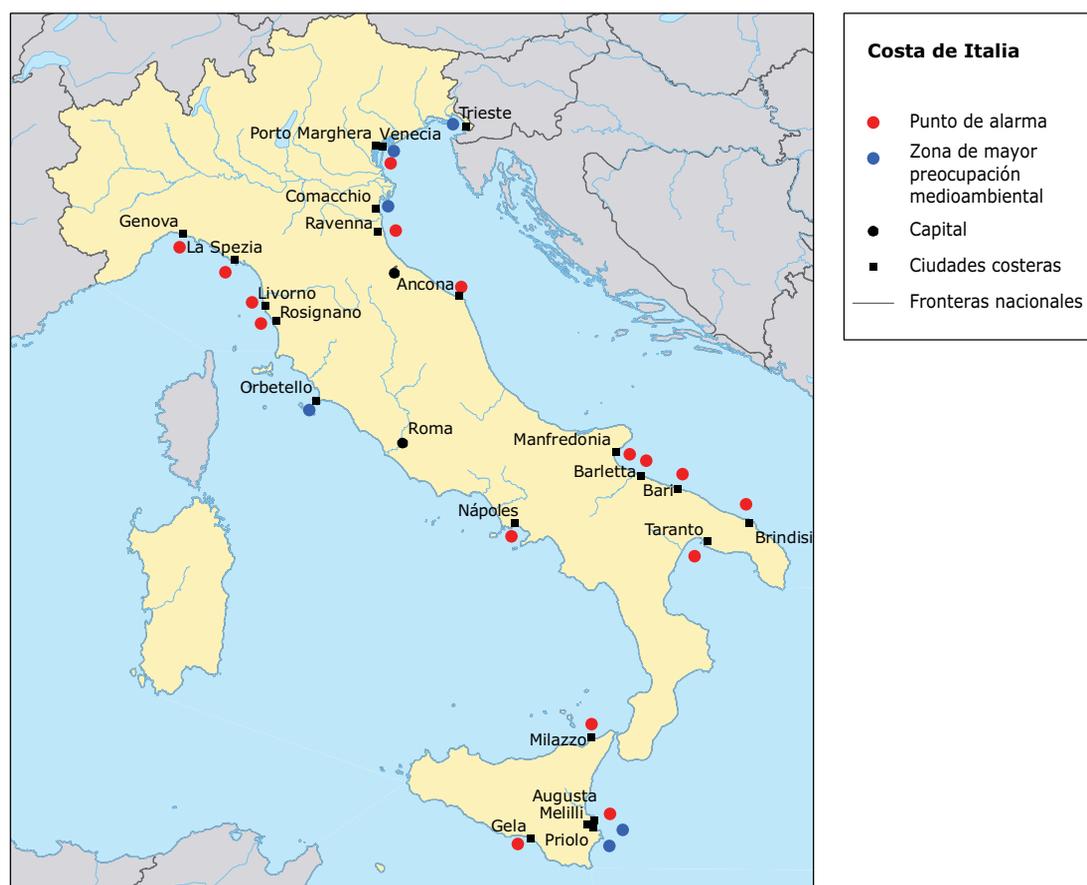
### 3.13 Italia

El litoral italiano tiene 7.500 km de longitud y todo el territorio está situado en cuencas hidrográficas que fluyen hacia el mar Mediterráneo. Los principales problemas ambientales están causados por las aguas residuales urbanas e industriales, la escorrentía agrícola y el transporte marítimo. El desarrollo urbanístico y el hormigonado del litoral están también aumentando debido al desarrollo de las infraestructuras turísticas. La mayoría de las ciudades cuentan con estaciones depuradoras de de aguas residuales, pero sólo el 63% de la población está conectada a ellas. Además, el 13% de las depuradoras que existen tienen problemas operativos o necesitan mejoras (OCDE, 2002) (figura 3.10). El río Po es un vector de contaminación muy importante en la zona, ya que transporta aguas residuales urbanas e industriales, así como escorrentía agrícola, de su cuenca hidrográfica al mar Adriático. A mediados de los años 90, la carga de nitrógeno transportada a través de este río alcanzaba las 270.000 toneladas al año, produciendo la proliferación de algas eutróficas en la zona. Las zonas de preocupación ambiental son:

- Golfo de Trieste: problemas de eutrofización debidos a los nutrientes transportados por el río Po, así como a los vertidos en la costa.
- Las lagunas de Venecia, Commachio y Orbetello son eutróficas o hipertróficas.

**Figura 3.12 Costa de Israel con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



**Figura 3.13 Costa de Italia con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**


- Las zonas costeras de Liguria, Lazio y Emilia-Romagna: presentan problemas de eutrofización causados por las aguas residuales urbanas e industriales.
- La costa tirrena cerca de las desembocaduras de los ríos Arno y Tevere: muestra signos de eutrofización.
- Los puertos de Trieste, Venecia, Génova, Livorno, Nápoles, Taranto, Brindisi, Ancona, Augusta-Priolo-Melilli, Milazzo, Rávena y Gela: muestran contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo debido al intenso tráfico marítimo (el 41% del transporte de petróleo por el Mediterráneo transcurre por puertos italianos) y a las pérdidas de petróleo de las refinerías (150 vertidos de petróleo registrados en 2000) (OECD, 2002).

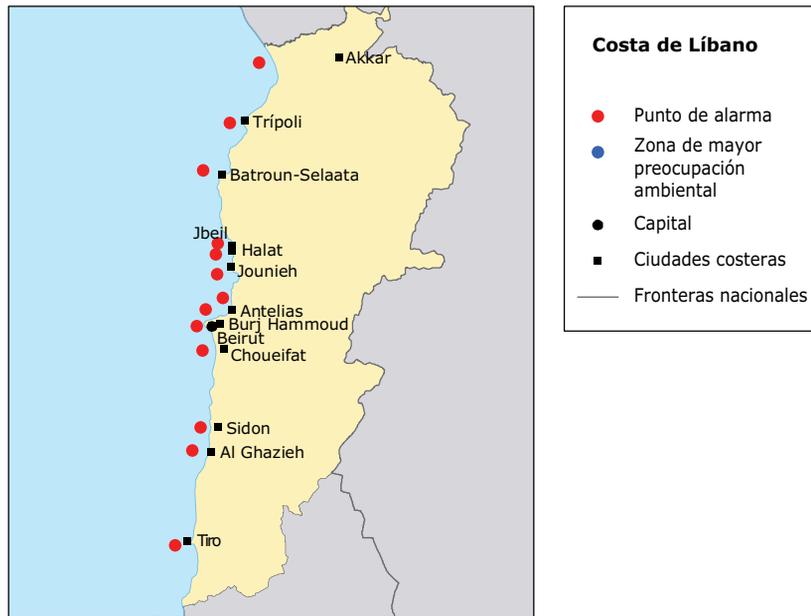
### 3.14 Líbano

Se estima que 2,3 millones de habitantes residen en la zona costera del Líbano. Esta zona es muy estrecha y se extiende entre la cadena montañosa occidental y el mar. Los principales problemas de contaminación son las aguas residuales urbanas sin tratar, los residuos sólidos y la urbanización del litoral. Beirut, Trípoli, Sidón, Jounieh y Tiro son las principales ciudades costeras (figura 3.11). Las aguas residuales urbanas se vierten

al mar sin tratamiento (44.000 toneladas de  $\text{DBO}_5$  al año) ya que en el país no funciona ninguna depuradora urbana (ADN Líbano, 2003). Además, los vertederos situados frente a las playas, donde se depositan residuos sólidos urbanos e industriales, constituyen una importante FOT. El principal factor para la alteración física de la zona costera es el desarrollo urbanístico, ya que se ha edificado en la mayor parte de la franja costera (en una anchura de 8 a 10 km). Las zonas con mayores problemas medioambientales incluyen:

- Zona de Trípoli: las aguas residuales urbanas e industriales, el puerto y los vertederos situados en la costa contaminan el litoral.
- Zona de Beirut: se vierten aguas residuales urbanas e industriales no tratadas directamente desde puntos de vertido y a través del río Al Ghadir. La zona costera se ve también afectada por los lixiviados y la basura procedentes de los vertederos de Burj Hammoud y Normandy.
- La zona del monte Líbano alberga actividades industriales en Jbeil, Jounieh, Halat, Zouk Mosgeh y Antelias, que vierten sus aguas residuales al mar.
- Sidón: aguas residuales urbanas e industriales, residuos sólidos depositados en vertederos.

**Figura 3.14 Costa del Líbano con puntos de alarma por contaminación**



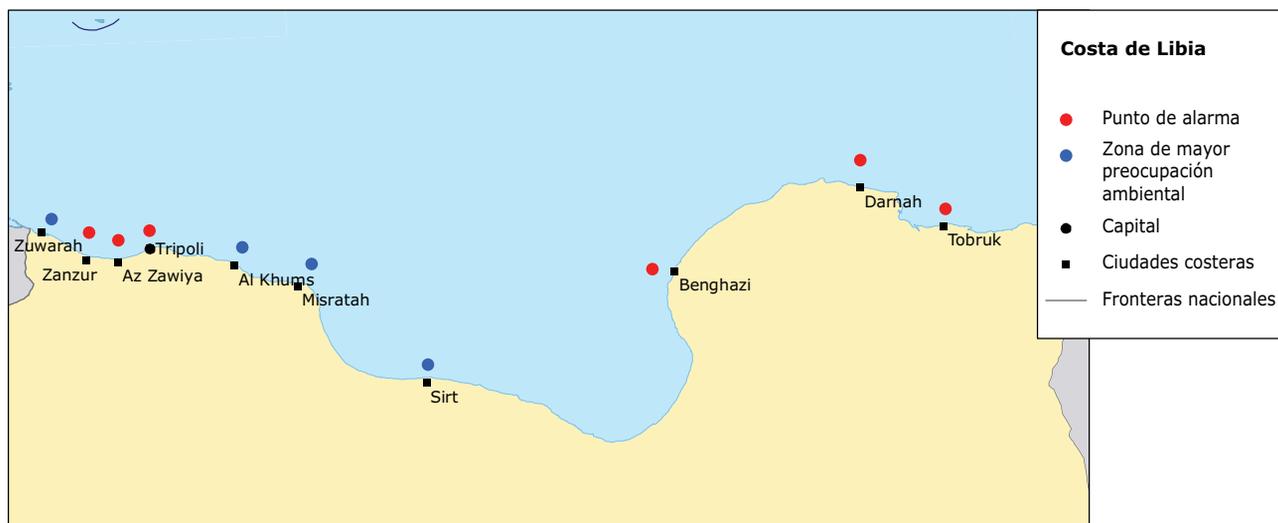
**3.15 Libia**

La zona costera de Libia alberga el 85% de la población del país y la mayor parte de su actividad industrial, agrícola y turística (ADN Libia, 2003). En la zona no hay ríos naturales, sólo wadis (ríos secos que sólo llevan agua ocasionalmente) que transportan sedimentos, basura y contaminantes procedentes del interior al mar durante las tormentas. Exceptuando las grandes ciudades costeras, la mayor parte de las poblaciones carecen de un buen sistema de alcantarillado. Por ello, el vertido de aguas residuales al mar es mínimo. Los principales problemas medioambientales en Libia son la contaminación por petróleo cerca de las instalaciones de

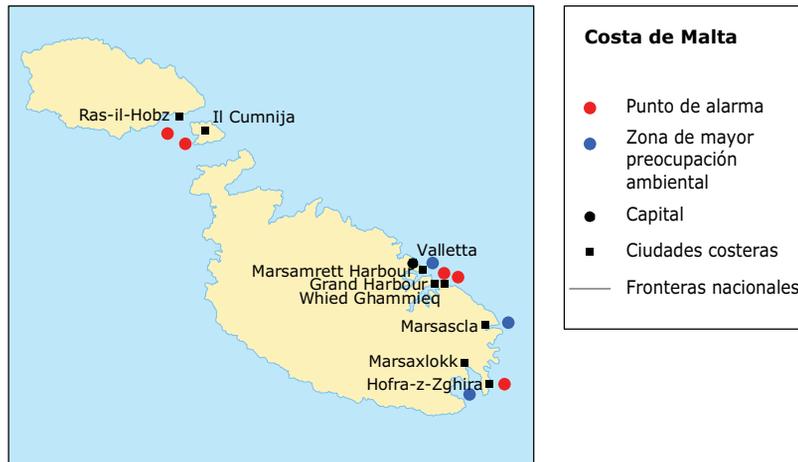
las terminales petroleras, así como las aguas residuales urbanas e industriales no tratadas procedentes de las grandes ciudades (figura 3.12). Los residuos sólidos urbanos suelen abandonarse en solares vacíos dentro de los límites de la ciudad, lo que genera graves problemas para la salud.

- Trípoli y Benghazi: aguas residuales urbanas parcialmente tratadas.
- Az Zawiya: contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo procedentes de la terminal y refinería de petróleo, con una capacidad de producción de 120.000 barriles diarios.

**Figura 3.15 Costa de Libia con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



**Figura 3.16 Malta con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



- Zuwarah: aguas residuales industriales (industrias químicas) y aguas residuales urbanas.
- Misratah: zonas urbanas, instalaciones industriales (aceros) e instalaciones portuarias.
- Al Jums: central eléctrica, terminal petrolera y planta cementera.
- Sirt: aguas residuales urbanas.

Fuera de las ciudades, una gran parte del litoral de Libia no está sometida a ningún estrés antropogénico serio, puesto que en muchas zonas no hay acceso pavimentado a la costa.

### 3.16 Malta

Malta tiene 190 km de costa, el 43% de la cual es objeto de un uso intensivo (el restante 57% es inaccesible). La zona construida ocupa el 24% de la costa. Esto representa una densidad de población muy alta (1.300 habitantes/km<sup>2</sup>). La mayor parte de las actividades humanas (ciudades, puertos y complejos turísticos) y los principales problemas medioambientales; como aguas residuales urbanas e industriales se concentran en la parte meridional de la isla de Malta. (figura 3.13). En la isla, el 85% de las aguas residuales urbanas e industriales se vierten sin tratamiento, mientras que los residuos sólidos se depositan principalmente en dos vertederos (Ministerio de Medio Ambiente de Malta, 2001; Oficina Nacional de Estadística de Malta, 2002).

- Distrito del puerto meridional: las aguas residuales urbanas e industriales en su mayor parte sin tratar, se vierten al mar a través de puntos de vertido submarinos. Las playas del sur situadas en las proximidades del Gran Puerto y la bahía de Marsaxlokk (figura 3.13) están afectadas por contaminación microbiana. Cerca del Gran Puerto

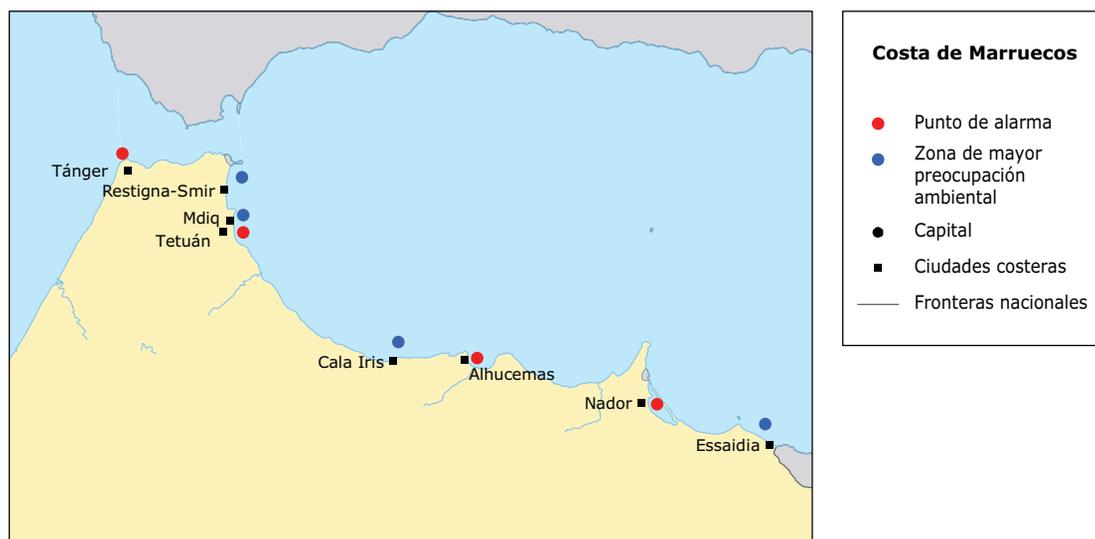
y del Puerto Deportivo de Msida Yacht se detecta contaminación por petróleo y relacionada con el transporte de petróleo y el tráfico marítimo.

### 3.17 Marruecos

La urbanización del litoral mediterráneo de Marruecos ha aumentado en los últimos años. Entre 1977 y 1994, las ciudades costeras de mediano tamaño aumentaron de 16 a 30, y las poblaciones pequeñas, de 2 a 14. Los grandes centros urbanos, que son también las zonas más contaminadas del litoral mediterráneo, son: Tánger (640.000 habitantes), Tetuán (333.000), Nador (149.000) y Alhucemas (65.000) (ADN Marruecos, 2003) (figura 3.14). Los principales problemas ambientales están causados por las aguas residuales urbanas e industriales, el tráfico marítimo y la urbanización del litoral. Por ejemplo, la construcción, la extracción de arena y la erosión someten a las playas a un gran estrés. El resultado ha sido la desaparición de siete de 47 playas en los últimos años. Las principales playas que soportan estrés están en Tetuán, Mdig, Restinga-Smir, Alhucemas, Cala Iris, Nador y Essaidia. El 17% de las playas estudiadas recientemente no cumplían las normas sanitarias para el baño por la presencia de contaminación bacteriológica. El tráfico marítimo es uno de los grandes problemas debido a la contaminación por petróleo y compuestos peligrosos. Se estima que 60.000 buques atraviesan el Estrecho de Gibraltar todos los años, entre ellos 2.000 buques que transportan productos químicos, 5.000 petroleros y 12.000 buques de transporte de gases. Los principales problemas en las zonas del litoral que también son centros urbanos son los siguientes:

- Tetuán: aguas residuales industriales y urbanas, erosión de la arena, eutrofización y proliferación de algas tóxicas.

**Figura 3.17** Costa de Marruecos con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación



- Nador: aguas residuales urbanas e industriales, residuos sólidos, erosión de la arena.
- Alhucemas: aguas residuales urbanas e industriales, residuos sólidos, erosión de la arena.

### 3.18 Mónaco

Mónaco tiene 33.000 habitantes y una elevada densidad de población (16.500 habitantes por km<sup>2</sup>). Las aguas residuales de la ciudad (urbanas e industriales) se vierten al mar a través de puntos de vertido submarinos después de ser tratadas. Además, el agua de lluvia se somete también a un tratamiento primario antes de verterla al medio ambiente marino. Los residuos sólidos se reciclan (cristal, papel, pilas, aceites lubricantes) o se incineran, reduciendo su peso en un 70% antes de depositarlos en vertederos controlados. Los



**Foto 3.2:** Urbanización a lo largo del litoral de Mónaco.

**Fuente:** Helmut Zibrowius.

residuos industriales especiales se someten también a tratamiento (Principado de Mónaco, 1997). La mayor parte del litoral monegasco está urbanizado (foto 3.2).

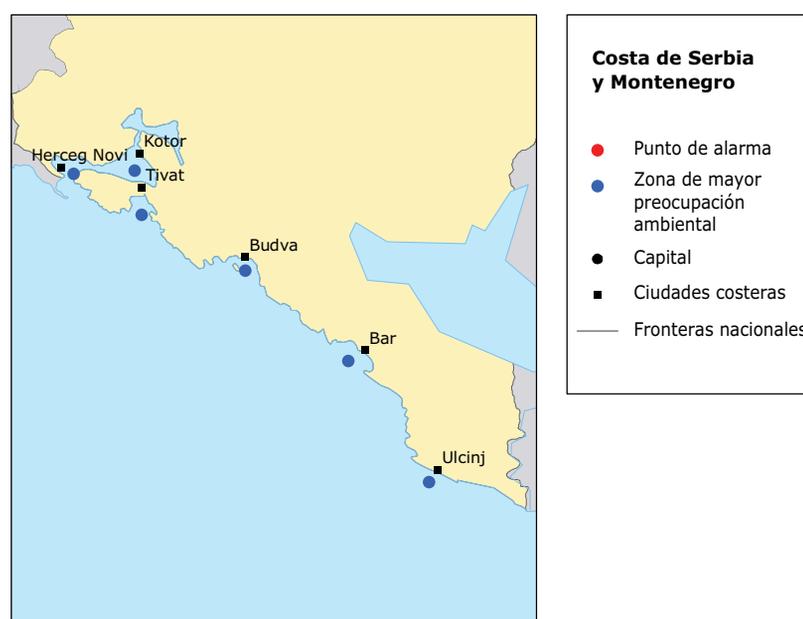
### 3.19 Serbia y Montenegro

El litoral mediterráneo de Serbia y Montenegro tiene 409.000 habitantes. El 4% de la población total del país reside en zonas urbanas. Las principales ciudades son: Bar (47.000 habitantes), Herceg Novi (37.000), Kotor (23.000), Ulcinj (21.500), Budva (18.000) y Tivat (15.600) (Censo 2003 — incluidos refugiados) (ADN Serbia y Montenegro, 2004). La población de estas ciudades aumenta en verano por el turismo. Debido al vertido de aguas residuales urbanas no tratadas, se pueden detectar problemas de eutrofización y contaminación microbiana cerca de las poblaciones costeras (playas occidentales de Bar, bahía de Herceg-Novi, bahía de Kotor; puerto de Milena [Ulcinj] y bahía de Tivat). Existen problemas similares en Velika Plaza y Ada en las desembocaduras de los ríos. Se estima que el 50% de los residuos sólidos generados en la zona costera se recogen y depositan en vertederos incontrolados sin tratamiento sanitario. Cerca de la ciudad de Bar y de la península de Platamuni se explotan canteras de piedra. Esta actividad genera polvo y altera la morfología de la costa. En todas las zonas costeras se pueden detectar signos de erosión del suelo.

Los principales problemas de contaminación son las aguas residuales urbanas sin tratar, la eutrofización de las aguas costeras y los residuos no recogidos. Las zonas preocupantes son (figura 3.15):

- Bar: aguas residuales urbanas e industriales (alimentos).

**Figura 3.18 Costa de Serbia y Montenegro con zonas de mayor preocupación ambiental**



- Herceg Novi: residuos urbanos e industriales (astillero, puerto y alimentos).
- Kotor: residuos urbanos e industriales (metal, productos químicos, almacenamiento de petróleo y puerto).
- Ulcinj: residuos urbanos e industriales (sal y puerto).
- Budva: residuos urbanos y puerto.
- Tivat: residuos urbanos e industriales (astillero y puerto).

- Zona de Lattakia: aguas residuales urbanas (7.364 toneladas de DBO<sub>5</sub>, 1.664 toneladas de nitrógeno y 377 toneladas de fósforo), vertedero de residuos sólidos en la costa y eutrofización de la zona costera.

### 3.20 Siria

La zona del litoral sirio representa sólo el 2% de la superficie del país, pero alberga al 11% de su población (es decir, 1,5 millones de habitantes). Las principales ciudades costeras son Lattakia, Jableh, Tartous y Banias (figura 3.19). La urbanización de la costa para atender las necesidades de vivienda (local y turística) y el desarrollo industrial (instalaciones portuarias) han ocasionado graves problemas ambientales. Estos problemas son: el vertido de aguas residuales urbanas e industriales sin tratar, los vertidos de petróleo procedentes de la refinería y de la terminal petrolera y la gestión de los residuos sólidos (ADN Siria, 2003). En total, se estima que 24,8 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales urbanas, el 99% de las cuales no reciben ningún tratamiento, se vierten al mar. Como resultado, pueden alcanzar el mar grandes cargas de metales pesados por ejemplo el valor máximo de plomo (Pb) medido en sedimentos marinos ha llegado a 358,5 mg/kg en el puerto de Tartous.

**Figura 3.19 Costa de Siria con puntos de alarma**



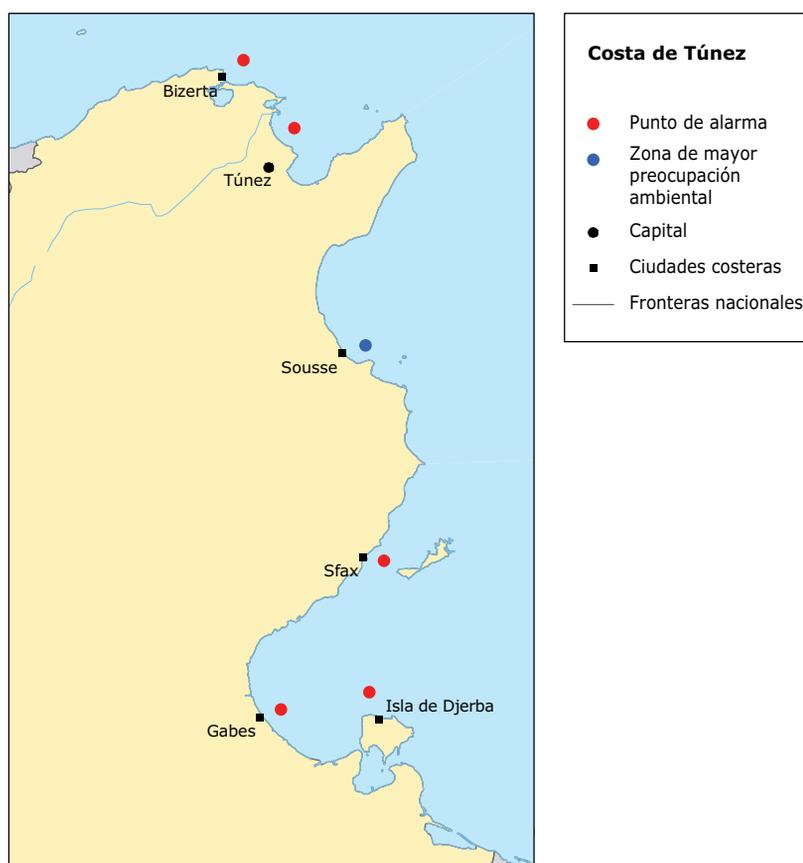
- Zona de Tartous-Banias: aguas residuales urbanas (5 582 toneladas de  $\text{DBO}_5$ , 714 toneladas de nitrógeno y 218 toneladas de fósforo), plantas industriales como una refinería de petróleo (en Banias) y una central eléctrica.

### 3.21 Túnez

La zona costera de Túnez está densamente poblada, albergando en 1995 a 6,3 millones de habitantes (70,2% de la población del país). Las ciudades más importantes son Túnez (1,6 millones de habitantes), Sfax (510.000), Sousse (185.000), Gabes (140.000) y Bizerta (130.000). Una gran parte (81%) de las aguas residuales procedentes de las ciudades recibe tratamiento. Los principales problemas ambientales son las aguas residuales industriales y urbanas, los residuos sólidos urbanos e industriales (yeso fosforado) y la urbanización de la costa. En la figura 3.20 se muestran las zonas más amenazadas. Las FOT son las siguientes:

- Golfo de Gabes: vertido al mar de lodos con yeso fosforado (10.000 – 12.000 toneladas al año) procedentes de la producción de ácido fosfórico y de fertilizantes (acidez, partículas en suspensión, fluorados, fósforo y cadmio); aguas residuales urbanas.
- Zona costera de Sfax: aguas residuales industriales (12.000 toneladas de fluoruros, 5.700 toneladas de fósforo, 2.4 toneladas de cadmio y una tonelada de mercurio) y residuos de yeso fosforado depositados en vertederos frente a la costa (19 millones de  $\text{m}^3$  en dos vertederos); residuos sólidos urbanos; vertederos ilegales.
- Lago de Bizerta: aguas residuales urbanas e industriales, así como lixiviados procedentes dos grandes vertederos de residuos sólidos en la bahía de Sabra y El Fouledh.

**Figura 3.20** Costa de Túnez con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación



- Isla de Djerba: desarrollo turístico, extracción de arena para fines de construcción (construcción de hoteles en la parte nordeste de la isla) y pesca de arrastre en las praderas marinas de Posidonia.

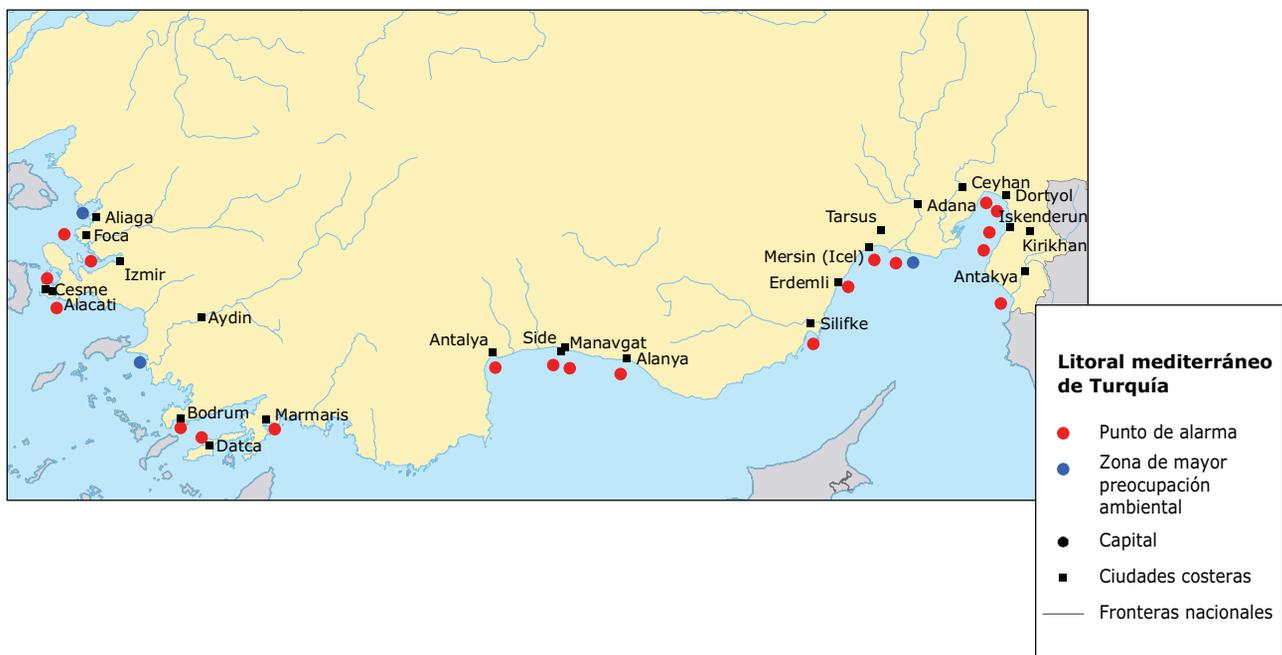
### 3.22 Turquía

El litoral turco tiene una longitud de 8.333 km y puede dividirse en la región del Egeo y la región del Mediterráneo oriental. Los centros urbanos e industriales, las terminales petroleras y las instalaciones agrícolas y recreativas en la costa son las principales fuentes de contaminación de origen terrestre en ambas regiones (ADN Turquía, 2003). Turquía está sufriendo una rápida urbanización debida a la construcción de instalaciones recreativas y a la numerosa edificación de segundas viviendas (vacacionales) en el litoral del Egeo y del Mediterráneo oriental. Esta actividad está alterando profundamente el paisaje. La erosión de la costa es también un problema importante. De los 110 sistemas de dunas de arena registrados en la década de los 80, sólo 30 (27%) siguen relativamente intactos hoy

en día. Las zonas de preocupación (figura 3.21) y las fuentes de contaminación de origen terrestre incluyen:

- Bahía de Izmir: aguas residuales urbanas e industriales; los ríos Gediz y Bakircay drenan grandes zonas agrícolas y urbanas transportando importantes cargas de nutrientes al mar, causando eutrofización.
- Río Buyuk Menderes; aguas residuales industriales sin tratar (mercurio, cadmio y cromo de la industria del cuero).
- Regiones de Aliaga y Foca: puertos y aguas residuales industriales sin tratar.
- Bahía de Iskenderun: actividad industrial, incluida la terminal petrolera del oleoducto (contaminación por petróleo procedente de las operaciones de descarga de lastre y derrames de petróleo durante las operaciones normales).
- Mersin: aguas residuales urbanas e industriales; gran cantidad de tráfico marítimo.
- Bodrum: turismo y acuicultura.

**Figura 3.21 Litoral Mediterráneo de Turquía con zonas de mayor preocupación ambiental y puntos de alarma por contaminación**



## 4 Tema clave: riesgos naturales

### 4.1 Sismicidad

La forma actual del mar Mediterráneo es el resultado de la continua interacción de procesos geodinámicos complejos durante los últimos 50-70 millones de años, lo que se explica con detalle en "Estado y presiones del medio ambiente marino y litoral del Mediterráneo" (AEMA; 1999. Edición española Ministerio de Medio Ambiente, 2001).

La actividad sísmica en la región mediterránea está estrechamente relacionada con procesos geodinámicos activos.

Las principales regiones de alta sismicidad se muestran en la figura 4.1. En el Mediterráneo oriental, los epicentros de los terremotos se concentran a lo largo de los arcos activos helénico y chipriota, así como detrás de ellos, en las regiones deformadas del Egeo y el oeste de Asia Menor. Algunas áreas concretas dentro de esa región, por ejemplo las islas Jónicas, el golfo de Corinto, el norte de la falla de Anatolia y otras, son conocidas por su elevada sismicidad. La península italiana en su totalidad constituye la segunda región de alta sismicidad. La actividad sísmica está relacionada con la constante subducción de la cuenca jónica por debajo del arco calabrés y la consecuente deformación de la microplaca italiana que se encuentra por encima.

Terremotos de magnitud mayor que  $M = 6$  ó  $M = 7$  son frecuentes y causan miles de víctimas mortales y numerosos daños en los edificios (tabla 4.1).

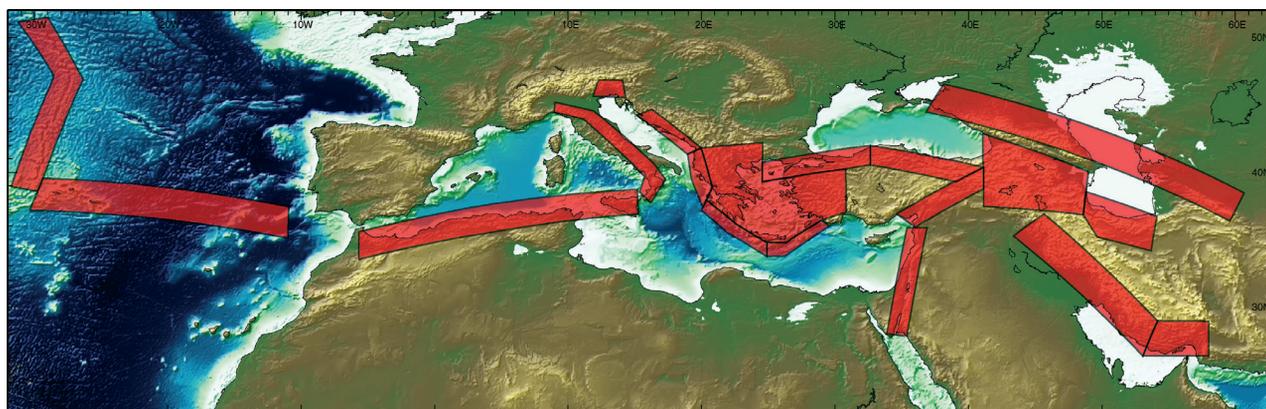
### 4.2 Actividad volcánica

Los volcanes activos en la región mediterránea datan de hace 1-2 millones de años y están asociando a los arcos orogénicos activos, sobre todo el calabrés y el helénico.

En Italia, el Etna y el Vesubio son los volcanes principales, junto con los volcanes de las islas Eolias, como el Stromboli, y están asociados con la subducción continua de la corteza oceánica jónica por debajo del arco calabrés y la apertura de la cuenca del mar Tirreno tras el arco. Las espectaculares y frecuentes erupciones de lava del cráter principal y los laterales del volcán Etna comenzaron hace unos 700.000 años, mientras que la roca con datación más antigua del Vesubio tiene unos 300.000 años. Ambos volcanes siguen activos, atrayendo a turistas de todo el mundo, como ocurre con el Stromboli, pero también amenazando las áreas densamente pobladas que los rodean. Los casos históricos de devastación de ciudades enteras, siendo el más conocido el de la destrucción total de Pompeya (Vesubio) y otras ciudades cercanas en torno al año 79 d. C., sugieren la posibilidad de que se produzcan futuras erupciones catastróficas.

Santorini y Nisyros son las islas volcánicas más famosas del mar Egeo, el arco volcánico helénico. Las dos siguen siendo volcánicamente activas. Por otro lado, los centros volcánicos menos conocidos distribuidos a lo largo del arco, están también activos. La caldera de 400 m de profundidad de Santorini, un destino turístico mundial, se formó durante la erupción volcánica más grande

Figura 4.1 Áreas sísmicas del Mediterráneo. Profundidad del hipocentro < 50 km



Fuente: Vannucci *et al.*, 2004.

**Tabla 4.1 Terremotos catastróficos ocurridos en la última década (1995-2004)**

Fecha	Lugar	Magnitud	Víctimas	Impacto
14.8.2003	Islas Lefkas, Grecia	M = 6,3	Ninguna	Bajo impacto: fracaso de la temporada turística en verano de 2003
21.5.2003	Boumerdes, Argelia	M = 6,8	2 200	Miles de viviendas destruidas o seriamente dañadas por un tsunami de 3 m de altura
31.10.2002	Foggia, sur de Italia	M = 5,9	29	El 70% de las viviendas dañadas en la zona de Campobasso
9.9.1999	Atenas, Grecia	M = 5,9	135	Miles de viviendas destruidas o seriamente dañadas.
17.8.1999	Izmit, NO de Turquía	M = 7,4	18.000	15.400 viviendas destruidas Zona costera arrasada Tsunami
15.6.1995	Aigion, Grecia	M = 6,5	31	Colapso de numerosas casas y hoteles Impacto durante la temporada turística Zona costera arrasada Tsunami de 3 m de altura

jamás conocida sobre la tierra, que tuvo lugar en el siglo XVII a. c. y que provocó la caída de la civilización minoica. El volcán sigue activo 3.650 años después de ese desastre y la lava que desprende da origen a nuevas islas que emergen por encima del nivel del mar dentro de la caldera. Aunque no se ha registrado ninguna erupción destructiva del volcán Nisyros en los últimos mil años, los cráteres perfectamente formados y las numerosas fumarolas que hay dentro de su caldera, demuestran que sigue teniendo actividad volcánica.

### 4.3 Deslizamientos de tierras - tsunamis

Los deslizamientos de tierra submarina y el movimiento de masas de distintos orígenes producidos por la gravedad son frecuentes en la región mediterránea y han generado muchos tsunamis destructivos.

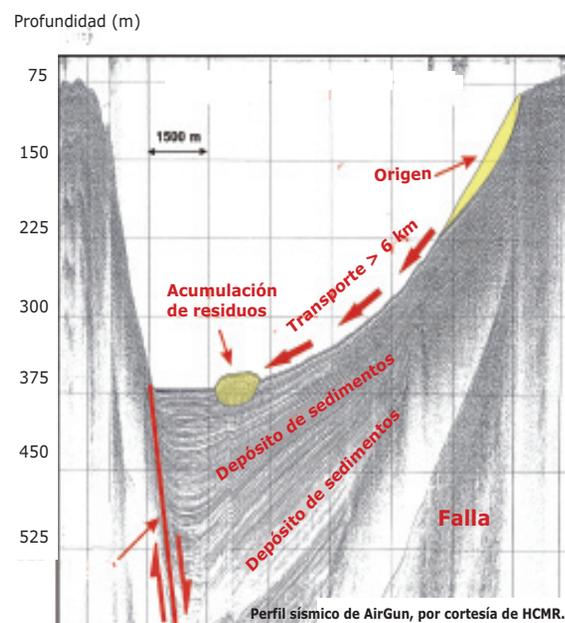
Los procesos geotectónicos activos en la región mediterránea favorecen la aparición de las condiciones morfológicas y geológicas adecuadas para generar tsunamis. En los últimos 500 años (1500-1990) se han producido unos 200 episodios tsunamigénicos en el Mediterráneo (según Soloviev *et al.*, 1997). La mayoría de los tsunamis registrados se produjeron en las regiones con mayor actividad tectónica y volcánica, por ejemplo en los mares Egeo, Jónico y Tirreno, el mar de Mármara y posteriormente a lo largo del margen argelino y del arco chipriota o en áreas por fuera del delta.

Los terremotos constituyen el mecanismo más frecuente de desestabilización de los estratos sedimentarios depositados en los taludes submarinos y el colapso de las costas. El deslizamiento en pendiente ocurre justo tras un terremoto o después de varios días, semanas o meses. Los terremotos más recientes con formación de tsunamis han sido los de Izmit, Boumerdes y Aigion. El 31 de diciembre de 1995, unos 6 meses después del terremoto mortífero de Aigion, un tsunami de 3 m de

altura inundó muchos km<sup>2</sup> de área costera a lo largo del litoral meridional del golfo de Corinto. Los tsunamis generados por la actividad volcánica o que son de origen volcánico constituyen una grave amenaza para las áreas costeras alrededor del mar Egeo y el Tirreno.

El 30 de diciembre de 2002 se produjo un grave incidente de inestabilidad en la ladera del Sciara del Fuoco, ubicada en el flanco occidental de la isla volcánica de Stromboli (Bosman *et al.*, 2004). El volumen total de masa rocosa desplazada durante este deslizamiento submarino subaéreo se estimó en más de 28,5 millones de m<sup>3</sup>. Sus efectos alcanzaron una profundidad de 700 m. El tsunami, inducido por el deslizamiento, se propagó alrededor de la isla, llegó

**Figura 4.2 Esquema de un deslizamiento submarino(en el Golfo de Corinto)**



al archipiélago de las Eolias, y se sintió incluso en los alrededores de la costa de Sicilia.

Episodios tsunamigénicos también ocurren en áreas con poca o ninguna actividad sísmica/volcánica, por ejemplo los relacionados con la inestabilidad de los sedimentos depositados en la plataforma o los taludes formados en la desembocadura de los grandes ríos.

El ejemplo más sorprendente tuvo lugar el 16 de octubre de 1979 en el Mediterráneo occidental. Un gran deslizamiento de al menos 8 millones de m<sup>3</sup> de tierra tuvo lugar en aguas poco profundas durante las

operaciones de relleno relacionadas con la ampliación del aeropuerto de Niza en la desembocadura del río Var. Arena de grano fino medio procedente de la costa fue transportada a más de 200 km del lugar de la falla (Migeon *et al.*, 2004). El tsunami que siguió a este colapso inundó el área costera de Niza y produjo varias víctimas mortales.

La figura 4.2 ilustra un caso típico de deslizamiento submarino (en el golfo de Corinto) que pudo haber provocado un gran tsunami en el pasado.

# 5 Tema clave: especies exóticas

## 5.1 Invasiones biológicas: un proceso incesante

Las especies exóticas – a veces denominadas foráneas, introducidas, alóctonas o no autóctonas – son plantas y animales no originarios del Mediterráneo que se han introducido inintencionadamente, han invadido y/o han sido importados a la región y que desde entonces viven en el medio salvaje.

- En el mar Mediterráneo se han documentado más de 600 especies exóticas marinas.
- El ritmo de introducción de especies exóticas en el Mediterráneo alcanzó su apogeo en el período 1970-1980, y desde entonces se ha mantenido estable o ha seguido aumentando para la mayoría de los grupos de especies, especialmente el zoobentos (animales que viven en el fondo).
- La media estimada en los últimos cinco años es de una especie introducida cada cuatro semanas.

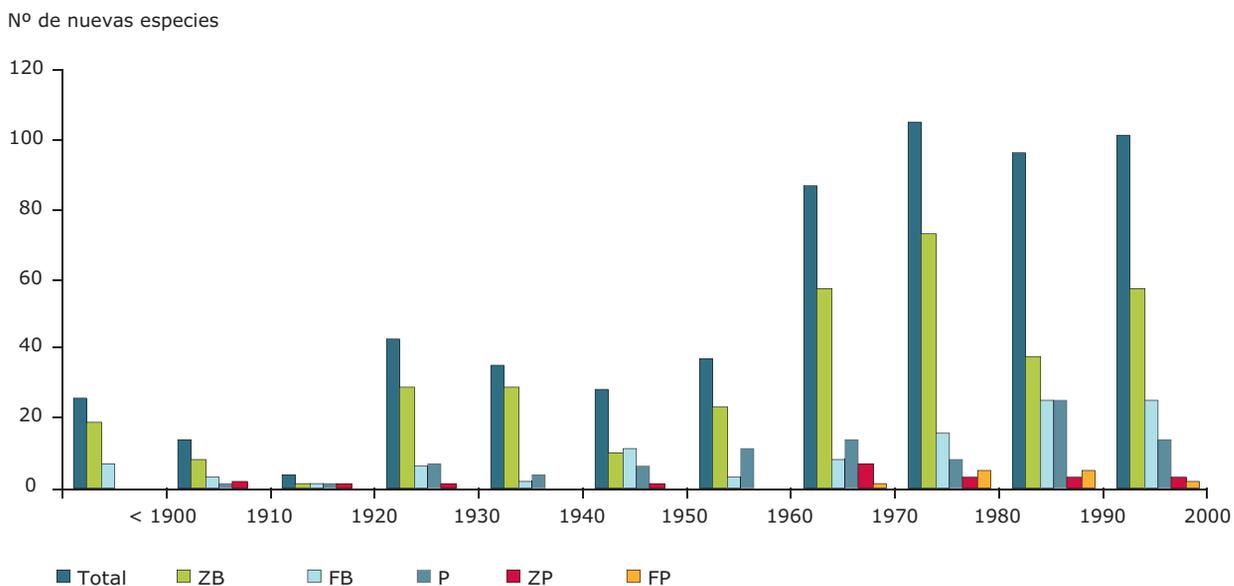
La introducción de especies exóticas es un proceso continuo. El fenómeno, que alcanzó su máximo en el período de 1970-1980 (un total de 105 especies registradas), continúa a un ritmo estable (95 y 100 especies en las dos décadas siguientes), pero no por igual para todos los grupos de especies (figura 5.1).

Cabe destacar que en el siglo XXI, se hayan registrado 64 nuevas especies en el Mediterráneo, 23 de ellas en 2004, lo que revela las dificultades que existen para mantener actualizados los registros y la necesidad de una investigación continua sobre esta cuestión (Streftaris *et al.*, 2005).

## 5.2 Modo de introducción y distribución de especies exóticas en el Mediterráneo

El fenómeno de introducción de especies exóticas es evidente en todo el Mediterráneo (figura 5.2). No obstante, es más marcado en el Mediterráneo oriental, sobre todo en la cuenca levantina. El modo de introducción es diferente en las dos cuencas. Mientras que en el Mediterráneo oriental, la principal vía de entrada es el Canal de Suez, en el Mediterráneo occidental el tráfico marítimo y la acuicultura son los responsables de la introducción de la gran mayoría de las especies exóticas. Los ecosistemas lacustres del norte del Adriático y el sur de Francia (con 70 y 96 especies exóticas, respectivamente, la mayoría introducidas por la acuicultura) se consideran zonas críticas para las especies exóticas.

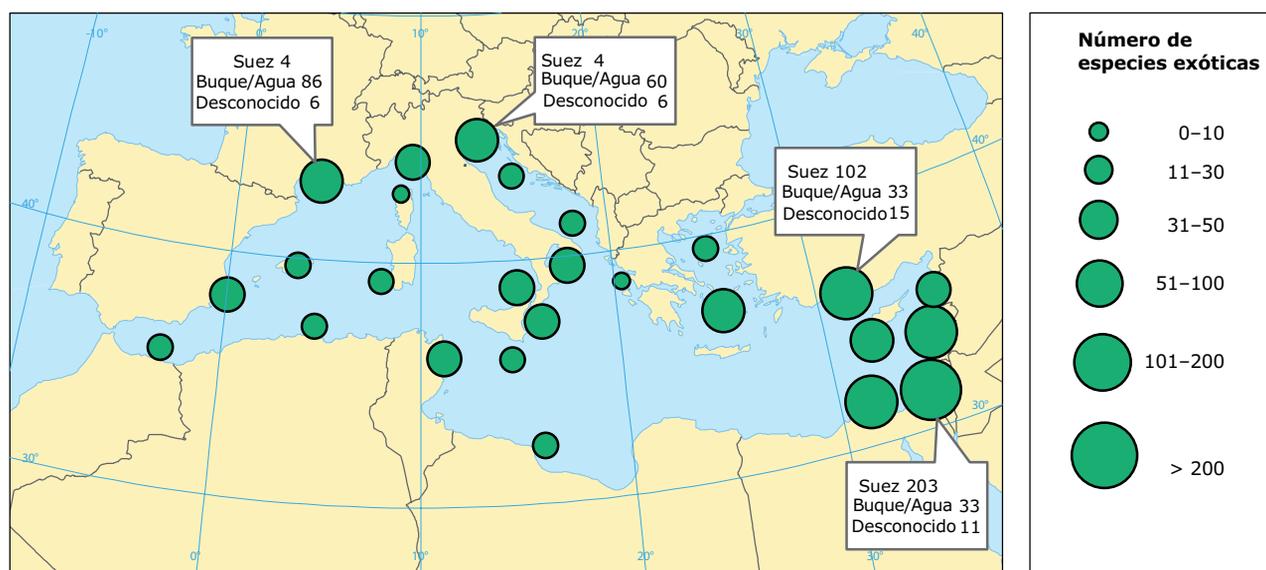
Figura 5.1 Ritmo de detección de especies exóticas en el Mediterráneo



Fuente: PNUMA/PAM, 2004b.

Nota: ZB = zoobentos, FB = fitobentos, P = peces, ZP = zooplancton, FP = fitoplancton.

**Figura 5.2** Distribución de especies exóticas en el mar Mediterráneo y modo de introducción en algunas zonas. Buque/Agua se refiere a su introducción por medio del tráfico marítimo o la acuicultura



Fuente: HCMR basado en distintas fuentes, PNUMA/PAM, 2004b.

La migración y el tráfico marítimo a través del Canal de Suez constituyen las principales vías para la introducción de nuevas especies en el Mediterráneo, seguidas de la acuicultura (deliberada y no intencionada) y los casos en los que la vía de entrada sigue siendo desconocida.

Se argumenta que las especies exóticas han incrementado la biodiversidad del Mediterráneo oriental. En la actualidad, el 12% (68 de 569) de la biota béntónica de las costas de Israel es de origen indopacífico (Fishelson, 2000). Según una lista actualizada de las macroalgas presentes en la laguna de Thau (Francia), se ha estimado que las especies introducidas constituyen el 23% de la flora total (Verlague, 2001).



**Foto 5.1:** La enorme proliferación de *Anadara inaequalvis* en el Adriático Norte (Rinaldi, 1985) ha cambiado la fisonomía del litoral.

Fuente: Emidio Rinaldi.

### 5.3 Impacto de las especies exóticas

Las especies exóticas son la segunda causa de pérdida de biodiversidad después de la destrucción de los hábitat (Breithaupt, 2003), habiendo modificado todos los aspectos de los ecosistemas marinos. Representan un problema creciente debido a los efectos inesperados y nocivos que tienen sobre el medio ambiente, la economía y la salud humana.

#### ¿Una amenaza para la biodiversidad?

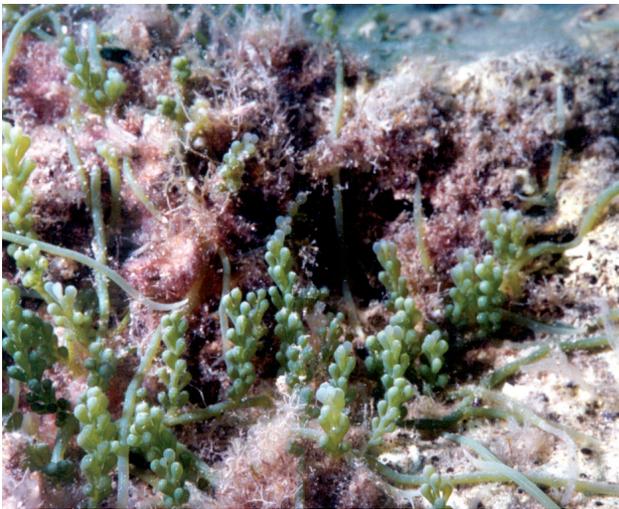
Las alteraciones en los ecosistemas marinos debidas a la introducción de nuevas especies han sido poco estudiadas en la mayoría de las zonas. Hay pocos casos bien documentados como el de *Caulerpa racemosa*.

Con frecuencia se han descrito, aunque no se han cuantificado, cambios en la biodiversidad, como por ejemplo el predominio de algunas especies que exhiben un carácter invasivo a expensas de otras. Algunos ejemplos típicos son la rápida disminución en Israel de las poblaciones de la estrella de mar *Asterina gibbosa*, el langostino *Melicertus kerathurus* y la medusa *Rhizostoma pulmo*. Por el contrario, especies exóticas como *Asterina burtoni*, *Marsupenaeus* (= *Penaeus*) *japonicus* y *Rhopilema pulmo* han aumentando en número. Las poblaciones de salmonete (*Mullus barbatus*) y merluza (*Merluccius merluccius*) se han visto obligadas a migrar a aguas más profundas por las especies exóticas *Upeneus moluccensis* y *Saurida undosquamis*, respectivamente (Galil y Zenetos, 2002).

**Cuadro 5.1 Expansión de *Caulerpa racemosa* en el Mediterráneo**

Detectada por primera vez en el Mediterráneo a principios de los años noventa en Libia, la especie invasiva *Caulerpa racemosa* apareció durante el mismo período en diferentes partes de la cuenca mediterránea. La especie mostró rasgos de invasividad ya desde los primeros momentos de su propagación. Trece años después, casi toda la cuenca mediterránea está colonizada y acaba de alcanzar las islas Canarias (Verlaque *et al.*, 2004).

Piazzini *et al.* (en prensa) han informado de la presencia de *Caulerpa racemosa* en las costas de 11 países desarrollándose en todo tipo de sustratos. Se ha encontrado tanto en zonas contaminadas como no contaminadas de entre 0 y 70 m de profundidad. A finales de 2003, la longitud total de litoral afectado por la invasión de *Caulerpa racemosa* en España, Francia (figura 5.3), Italia y Croacia era de 700-750 km.



**Foto 5.2:** *Caulerpa racemosa*.

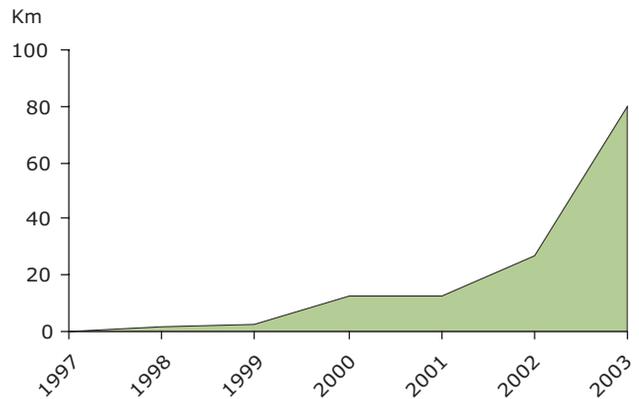
**Fuente:** P. Panagiotides.

En el Mediterráneo, la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum*, además de las especies autóctonas dominantes, han afectado al medio físico, pues su pesca ha producido un aumento de la cantidad de materia en suspensión (Occhipinti Ambrogi, 2002).

Se sabe también que se producen pérdidas económicas por la aparición masiva de especies como:

- Las macroalgas *Womersleyella setacea* y *Acrothamnion preissii*, que se enredan en las redes de pesca en Francia e Italia respectivamente, donde se conocen como «pelo» debido a sus efectos en los aparejos de pesca (Verlaque, 1989; Cinelli *et al.*, 1984).
- La macroalga *Codium fragile*: su eliminación de las costas de Marsella en la década de los sesenta ha dado lugar a la retirada mecánica del material acumulado en las playas (Boudouresque, 1994).
- La medusa *Rhopilema nomadica* se ha detectado en el litoral mediterráneo oriental y tan al norte como en la costa sudeste de Turquía; afecta al turismo, a las pesquerías y a las instalaciones costeras, atacándolas (Galil y Zenetos, 2002).
- Las infestaciones por *Caulerpa taxifolia* son también conocidas por su impacto negativo en la pesca,

**Figura 5.3 Aumento de la longitud del litoral francés afectado por *Caulerpa racemosa* (de Meinesz *et al.*, 2003)**



tanto comercial como deportiva y el turismo (por ejemplo, en actividades recreativas como el buceo).

**5.4 Especies exóticas como recurso de la pesca**

Un buen número de especies exóticas se han convertido en valiosos recursos pesqueros en la región levantina. Las más importantes son: el bivalvo *Strombus persicus*; el langostino *Marsupenaeus japonicus*, los langostinos *Metapenaeus monoceros* y *M. stebbingi*; el cangrejo *Portunus pelagicus* y algunas especies de peces, como los múlidos (*Upeneus moluccensis* y *U. pori*), la barracuda obtusa del mar Rojo (*Sphyraena chrysotaenia*) y los clupeidos (*Dussummiera acuta*, *Herklotsichthys punctatus*). La presencia de *Strombus persicus* se detectó por primera vez en la bahía de Mersin, Turquía, en 1978, y en 1987 ya había colonizado algunas zonas en Israel, Grecia (Rodas), Chipre y Líbano. En Israel se han encontrado concentraciones de decenas de especímenes por m<sup>2</sup> y, en consecuencia, ha conseguido introducirse en el mercado de productos pesqueros (Mienis, 1999).

Del mismo modo, en 2004 se descubrió que se servía en restaurantes de la isla de Rodas, donde estudios

recientes han revelado una proliferación masiva de este bivalvo.

## 5.5 Valor añadido por el estudio de las especies exóticas del Mediterráneo

### *Indicadores de cambios climáticos*

Se ha escrito mucho sobre los fenómenos colectivamente llamados «tropicalización del Mediterráneo». Dichos fenómenos han introducido cambios en la biodiversidad y la biogeografía de la zona. Algunos cambios importantes en las condiciones físicas del Adriático podrían haber favorecido el establecimiento de especies termofílicas. Según Bello *et al.* (2004), la tropicalización del Adriático se confirma con la aparición y el establecimiento de tres especies tropicales, como son los dinoflagelados tóxicos (microalgas) *Ostreopsis lenticularis*, *Coolia monotis* y *Prorocentrum mexicanum*.

### *Indicadores de alteración*

Los entornos contaminados o físicamente degradados son más propensos a la invasión que los intactos. Un estudio reciente sobre organismos que forman incrustaciones ha descubierto la presencia de muchas más especies en los puertos deportivos contaminados que en los no contaminados. El cosmopolita gusano serpúlido *Hydroides elegans* que predominaba en la fauna de los puertos deportivos contaminados rara vez se encontró en los puertos deportivos no contaminados (Kocak *et al.*, 1999). Las introducciones debidas a la maricultura en su mayoría están confinadas en



**Foto 5.3:** *Marsupenaeus japonicus* (langostino).

De importancia comercial para la pesca en el levante, que invadió a través del Canal de Suez (Balls, 1927). Actualmente, a partir de la acuicultura se han establecido poblaciones salvajes en el mar Egeo y el Mediterráneo central y oriental (Galil *et al.*, 2002).

**Fuente:** Kosmas Kevrekides.

hábitat lacustres o de estuarios y las especies exóticas transportadas por los buques se limitan a los puertos contaminados (Zibrowius, 1992), entornos conocidos por su escasa biodiversidad. **Así pues, la respuesta de las especies exóticas a la contaminación las convierte en candidatas idóneas para evaluar el estado de calidad ecológica, una cuestión estratégica tanto para la DMA como para la próxima Estrategia Temática Europea sobre la Protección y Conservación del Medio Ambiente Marino.**

## 6 Tema clave: proliferación de algas nocivas

### 6.1 Proliferación de algas nocivas (PAN) en el mar Mediterráneo

Las algas microscópicas (fitoplancton) son componentes normales de todos los medios acuáticos. El rápido crecimiento de las poblaciones de algunas especies, lo que se conoce como proliferación de algas (foto 6.1), ocurre de manera natural. No obstante, existen evidencias sólidas de que en muchos casos la proliferación está causada por la eutrofización (sobre todo, por enriquecimiento con nitrógeno y fósforo) causada por fuentes de origen terrestre (como escorrentía de la agricultura y aguas residuales urbanas e industriales). Mediante un estudio realizado (EMEP/MSC-W, 2000) se detectó que el tráfico marítimo aportaba más del 50% de las cargas críticas excesivas del nutriente nitrógeno en algunos puntos de las costas de Grecia, Italia, Croacia y España.

Cuando aparecen algas marinas en cantidades importantes y producen biotoxinas, se habla de Proliferación de Algas Nocivas (PAN). La PAN es un fenómeno global y cada vez hay más evidencias que demuestran que la naturaleza y la magnitud del problema han aumentado en los últimos 10-20 años. Este incremento mundial de la PAN ha afectado también al mar Mediterráneo (Smayda, 1990).

Para investigar el incremento de la PAN, se han puesto en marcha varios programas de investigación. En 1999 se puso en marcha una Iniciativa Europea sobre la Proliferación de Algas Nocivas (EUROHAB). Países mediterráneos como España, Grecia e Italia participaron en ella. EUROHAB se formuló con la idea de promover y coordinar la investigación necesaria para gestionar mejor los efectos de cianobacterias y microalgas marinas tóxicas/nocivas en puertos deportivos y aguas salobres de la UE (tabla 6.1). Se creó una red de científicos con el fin de promover la investigación científica y la cooperación con los países del norte de África en la vigilancia y la gestión de la PAN.



**Foto 6.1:** Proliferación de *Noctiluca scintillans* en Salónica, febrero de 2002.

**Fuente:** A. Soupilas.

El fenómeno de la PAN puede adoptar distintas formas y tiene numerosos efectos, que pueden dividirse en los siguientes tipos principales de impacto:

1. efectos tóxicos en el ser humano;
2. muerte de peces y contaminación del pescado;
3. cambios en los ecosistemas;
4. efectos socioeconómicos.

### 6.2 Efectos tóxicos en el ser humano

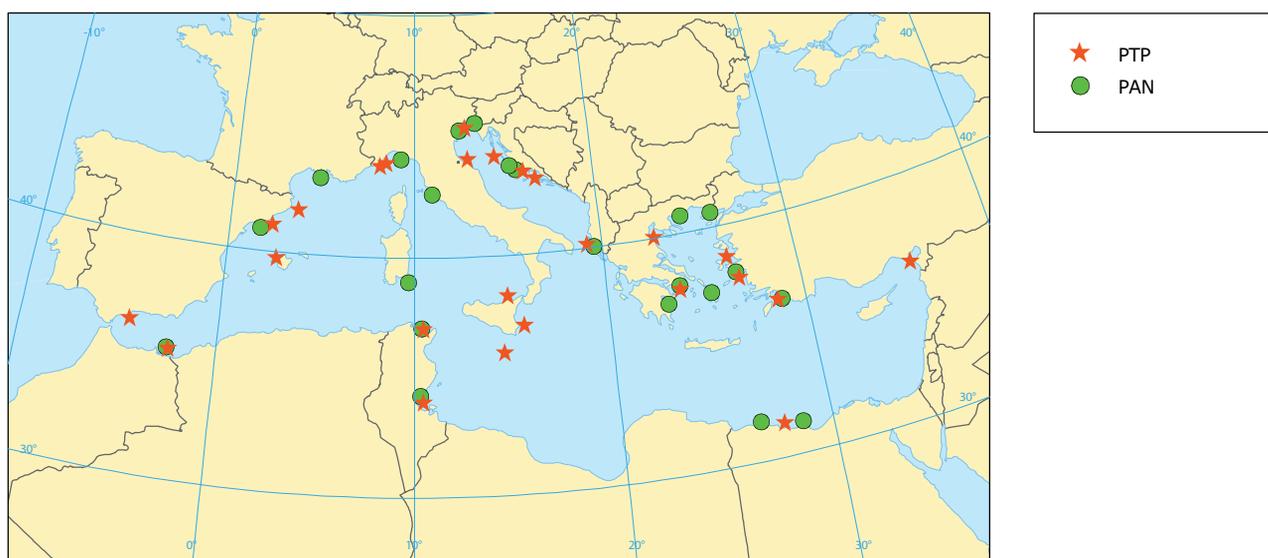
El ser humano es especialmente vulnerable y enferma cuando consume alimentos que tienen toxinas bioacumuladas por microalgas (peces y mariscos que se alimentan por filtración). El problema más importante de salud pública causado por el consumo de pescado contaminado por PAN es lo que se conoce como Proliferación de Toxinas en el Pescado (PTP). En el Mediterráneo, los tres síntomas principales de la PTP

**Tabla 6.1 Proyectos de la iniciativa EUROHAB (países mediterráneos)**

•	<b>BIOHAB</b> (Control biológico de las proliferaciones de algas nocivas en aguas costeras europeas: Papel de la eutrofización) ( <b>Francia, España</b> ) <a href="http://www.nioz.nl/projects/biohab/index.html">http://www.nioz.nl/projects/biohab/index.html</a>
•	<b>HABES</b> (Sistema de expertos en la proliferación de algas tóxicas), Introducción de algas nocivas a través de los buques (Sistemas de vigilancia de prueba para la evaluación del riesgo de la introducción de algas nocivas mediante los buques que navegan por aguas europeas) ( <b>España</b> ) <a href="http://www.habes.net/">http://www.habes.net/</a>
•	<b>STRATEGY</b> (Nueva estrategia de vigilancia y gestión de PAN en el mar Mediterráneo) – en fase de negociación ( <b>Francia, Grecia, Italia, España</b> ) <a href="http://www.icm.csic.es/bio/projects/strategy/">http://www.icm.csic.es/bio/projects/strategy/</a>
•	<b>ALIENS</b> (Introducción de algas en las costas europeas) ( <b>Francia, Italia, España</b> ) <a href="http://www.uniovi.es/bos/Aliens/E-aliens.htm">http://www.uniovi.es/bos/Aliens/E-aliens.htm</a>
•	<b>FATE</b> (Propagación y destino de las toxinas producidas por la proliferación de algas nocivas en las aguas marinas europeas) ( <b>Grecia</b> ) <a href="http://www.bom.hik.se/~fate/">http://www.bom.hik.se/~fate/</a>

**Fuente:** <http://www.cordis.lu/eesd/ka3/cluster5.htm>.

**Figura 6.1 Proliferación de Algas Nocivas (PAN) y Proliferación de Toxinas en el Pescado (PTP) en el mar Mediterráneo**



**Fuente:** Elaborado por el HCMR basándose en STRATEGY, FATE, informe país por país de la Comisión Europea y Koray, 2002.

son la IDM (Intoxicación Diarreica por Marisco), la IPM (Intoxicación Paralizante por Marisco), y la IAM (Intoxicación Amnésica por Marisco) (tabla 6.2). En el mapa de la Figura 6.1 se muestra la distribución de la PAN y PTP en el mar Mediterráneo, país por país.

### 6.3 Muerte de los peces y contaminación del pescado

Un impacto importante es la muerte masiva de peces, que ocurre cuando la PAN tiene un alto nivel

**Tabla 6.2 Problemas de salud debidos a toxinas producidas por algas en el Mediterráneo**

Tipo de PTP	Especie responsable	Toxina producida	Síntomas	Marisco/Pez
IPM Intoxicación paralizante por marisco	<i>Alexandrium andersonii</i> <i>Alexandrium catenella</i> <i>Alexandrium minutum</i> <i>Alexandrium tamarense</i> <i>Gyaulax spinifera</i> <i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Pyrodinium bahamense</i>	Saxitoxinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencialmente mortal; en los casos graves, la muerte se produce en menos de 24 horas</li> <li>Entumecimiento de la boca y las extremidades, ataxia, mareo, sensación de flotar, dolor de cabeza, dificultad para respirar, parálisis, muerte</li> </ul>	Mejillones, berberechos, almejas, vieiras, ostras, cangrejos, langosta
IDM Intoxicación diarrea por marisco	<i>Dinophysis acuminata</i> <i>Dinophysis acuta</i> <i>Dinophysis caudata</i> <i>Dinophysis fortii</i> <i>Dinophysis mitra</i> <i>Dinophysis rotundata</i> <i>Dinophysis sacculus</i> <i>Dinophysis tripos</i> <i>Dinophysis trypos</i> <i>Gyaulax grindley</i> <i>Prorocentrum cassubicum</i> <i>Prorocentrum lima</i>	Ácido ocadaico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diarrea, náuseas, vómitos, retortijones y escalofríos</li> </ul>	Mejillones, berberechos, ostras
IAM Intoxicación amnésica por marisco	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> <i>Pseudo-nitzschia multiseriis</i> <i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> <i>Pseudo-nitzschiapseudodelicatissima</i> <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	Ácido domoico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencialmente mortal; durante las 24 horas siguientes a la ingesta de marisco contaminado</li> <li>Retortijones, diarrea, mareo, dolor de cabeza, convulsiones, desorientación, pérdida temporal de memoria, parálisis</li> </ul>	Ostras, almejas

**Fuente:** Hawkey J (ed.), 2003, AEMA, 1999, www.bi.ku.dk/ioc/IOC\_List.doc, Informe país por país de la Comisión Europea y Koray, 2002.

de toxicidad. La acumulación de toxinas en la biota marina que se alimenta por filtración constituye una amenaza para el ser humano, las aves y los mamíferos marinos que se alimentan de ellas. En 2001 no se vigilaba la PAN en las piscifactorías de España, Grecia e Italia (Anderson *et al.*, 2001). Aunque cada vez se discute más el posible papel de la acuicultura en la presencia de PAN, son pocos los estudios realizados que sugieran una relación entre la frecuencia de la PAN y las actividades humanas. El transporte internacional, la creciente distribución interestatal de pescado y los viajes internacionales de los consumidores de pescado, hacen que prácticamente nadie esté totalmente libre del riesgo de las biotoxinas producidas por algas marinas microscópicas.

### 6.4 Cambios en el ecosistema

Hasta ahora, el impacto de las especies responsables de la PAN sobre el ecosistema es uno de los menos conocidos. Aunque los efectos negativos son obvios, las causas son sutiles y difíciles de discernir. Estos efectos son:

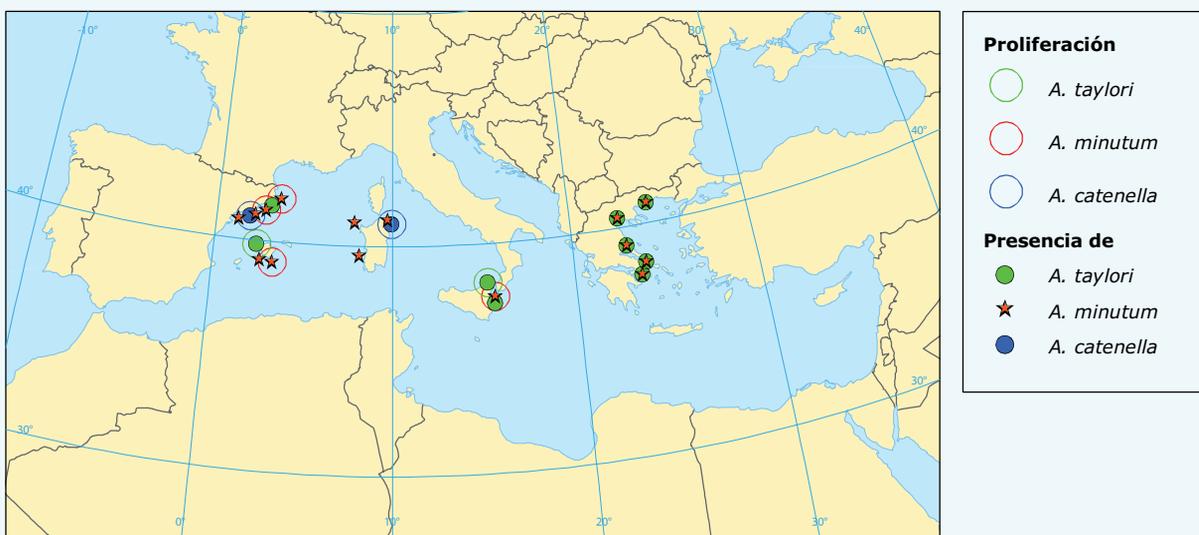
- muerte masiva de peces o mamíferos marinos;
- acumulación de espuma desagradable y mucílago en la costa;
- decoloración del agua;
- niveles bajos de oxígeno en las capas inferiores de agua debido a la degradación causada por la PAN.

Para entender estos efectos, los investigadores están tratando de describir los factores que controlan la dinámica de las distintas especies responsables de la PAN y determinar las características fisiológicas, morfológicas y de conducta de la PAN y su interacción con las condiciones medioambientales. En paralelo, la investigación actual se está centrando en el transporte de quistes resistentes a través de las aguas de lastre o la introducción/invasión a través de los canales (como el Canal de Suez) – véase también Especies no autóctonas. La Organización Marítima Internacional (OMI) se ocupa desde 1973 de la creciente amenaza que plantean estos organismos.

#### Cuadro 6.1 Especies de *Alexandrium*.- STRATEGY, un proyecto de investigación financiado por la UE

El género *Alexandrium* es un grupo de *dinoflagelados* responsable de muchos de los casos de PAN en el mar Mediterráneo (Garcés *et al.*, 2000). La investigación de STRATEGY se centra en tres especies de *Alexandrium*: *A. taylori*, *A. minutum* y *A. catenella*. De las zonas estudiadas por STRATEGY (figura 6.2), sólo la costa de Grecia no estaba afectada por la proliferación de estas algas. Otra conclusión importante de STRATEGY está relacionada con la observación de quistes en reposo en los sedimentos de los puertos, lo que indica su transporte a través de las aguas de lastre.

**Figura 6.2 Presencia de especies de *Alexandrium* y zonas afectadas por la proliferación de algas durante el primer período de muestreo (marzo-octubre 2002) en el mar Mediterráneo**



Fuente: Proyecto STRATEGY

## 6.5 Efectos socioeconómicos

### **Cuadro 6.2 Efectos socioeconómicos de la PAN – ECOHARM, un proyecto de investigación financiado por la UE**

Todd (1993) ha considerado que los gastos totales de tratamiento médico, transporte y pérdida de ingresos asociados a las enfermedades causadas por la PAN, tienen un impacto sobre la sanidad pública. El autor ha estimado que cada caso de IDM notificado cuesta 1 462 euros y cada caso de IPM notificado cuesta 1 154 euros. Se han utilizado los estudios de casos de ECOHARM realizados en el verano de 2003 y los datos sobre el cultivo del mejillón recabados por la FAO entre 1984 y 2001 para evaluar el impacto socioeconómico de la PAN. Los resultados para los tres países mediterráneos evaluados (Grecia, Italia y España) indican que el impacto socioeconómico total de la PAN se sitúa en torno a los 329 millones de euros al año, según los datos disponibles sobre los casos de PAN y los casos notificados de enfermedad entre 1989 y 1998.

**Fuente:** ECOHARM, <http://www.bom.hik.se/ECOHARM/>.

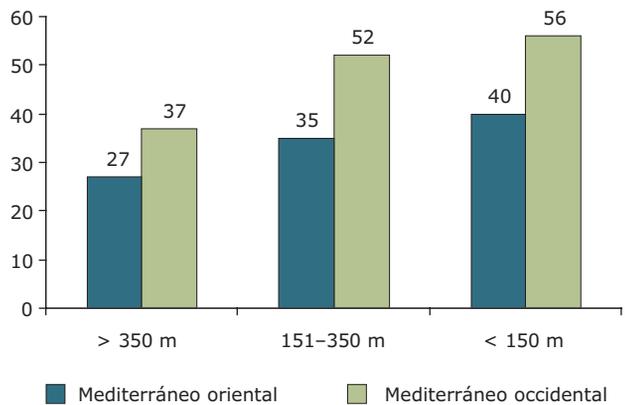
# 7 Tema clave: cambios en los ecosistemas por una pesca no sostenible

## 7.1 El concepto de ecosistema en la pesca

El interés generalizado por el impacto ambiental de la pesca y sus efectos en los ecosistemas ha promovido una intensa investigación en los últimos 15 años. No sólo necesitan protección las poblaciones de peces, sino también el medio ambiente que las soporta. Una serie de estudios recientes ha demostrado que la pesca intensiva afecta profundamente a todos los niveles de la organización biológica de la vida marina; es decir, a poblaciones, comunidades y ecosistemas.

La pesca en el Mediterráneo ha aumentado en torno a un 48% desde 1970, con una intensa explotación de las poblaciones que viven en el fondo (demersales) y las grandes especies pelágicas, p.ej. el atún y el pez espada (figura 7.1). La tendencia general al alza de las capturas de numerosas especies registrada hasta hace una década sugiere además que es posible que se haya mantenido la captura de peces jóvenes sin intención expresa por la pesca intensiva de especies demersales y la falta de control de los cupos. No obstante, la tendencia a corto plazo observada durante los últimos diez años refleja ahora un cuadro general de explotación completa o sobreexplotación de la mayoría de las poblaciones de peces demersales y marisco.

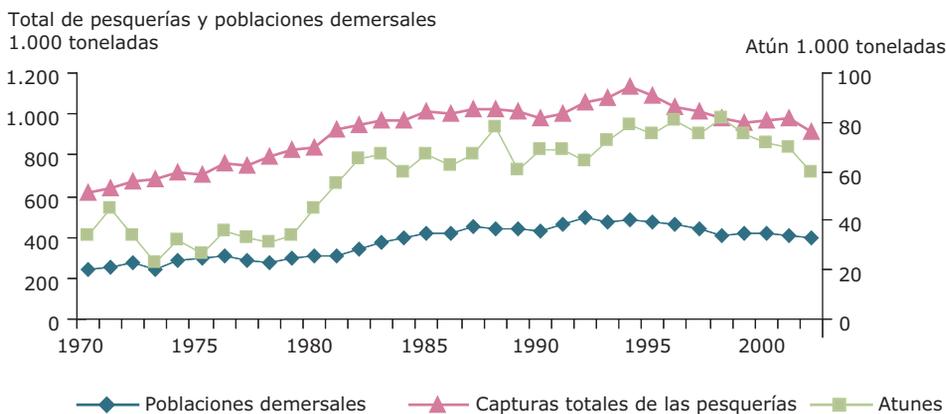
**Figura 7.2** Tendencia en los porcentajes de descarte (biomasa descartada respecto a la captura total) con la profundidad de pesca



**Fuente:** HCMR basado en Vassilopoulou y Papaconstantinou 1998; Carbonell *et al.*, 1998.

Basándose en los resultados del programa MEDITS <sup>(1)</sup>, Bertrand *et al.* (2002) concluyeron que la sobreexplotación había causado un serio descenso de muchas poblaciones de peces.

**Figura 7.1** Tendencias en la producción de las capturas de la industria pesquera



**Fuente:** HCMR basado en FAO FISHSTAT PLUS, 2004a.

(1) Financiado por la UE en Francia, Grecia, Italia y España desde 1994 para la realización de estudios periódicos normalizados sobre la pesca de arrastre en las plataformas septentrionales del Mediterráneo.

## 7.2 Pérdida de biodiversidad – el problema de los descartes

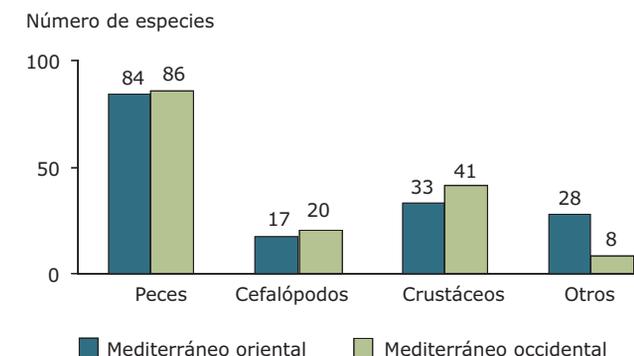
Uno de los grandes impactos de la pesca sobre el ecosistema marino es el de los descartes resultantes de las actividades pesqueras.

Los porcentajes de descartes varían dependiendo de la profundidad de la pesca (figura 7.2), los aparejos utilizados (tamaño de malla) y las especies objetivo (complejo de especies). No obstante, tras analizar los descartes en la pesca de arrastre de fondo (250-750 m), D’Onghia *et al.* (2003) concluyeron que los porcentajes de descartes aumentaban con las capturas totales y la profundidad. La composición de especies de los descartes en el Mediterráneo y el número de animales descartados son diferentes en la parte oriental y la occidental (figura 7.3). Aunque esta diferencia podría atribuirse a la falta de datos.

Los efectos de la pesca de arrastre sobre la biodiversidad de especies no objetivo y sobre los hábitat son cuestiones prioritarias, porque en muchos de estos casos se ha documentado una pérdida de biodiversidad.

En pesquerías profundas, como los biotopos de la langosta noruega y la gamba roja, la pérdida de biodiversidad es crucial (figura 7.4). De este modo, de las 162 especies capturadas en la pesca de arrastre (Mediterráneo oriental), dos eran las especies objetivo, 34 eran capturas accesorias de valor comercial variable y las 126 restantes eran especies no buscadas (D’Onghia *et al.*, 2003). Resulta llamativo que entre las especies no buscadas que se descartan predominan los grupos taxonómicos sensibles, como los corales pétreos (*Caryophyllia smithii*, *Desmophyllum cristagalli*), las plumas de mar (*Funiculina quadrangularis*, *Pennatula*

**Figura 7.4** Composición cualitativa de los lances de la pesca de langosta y langostino en aguas profundas del Mediterráneo

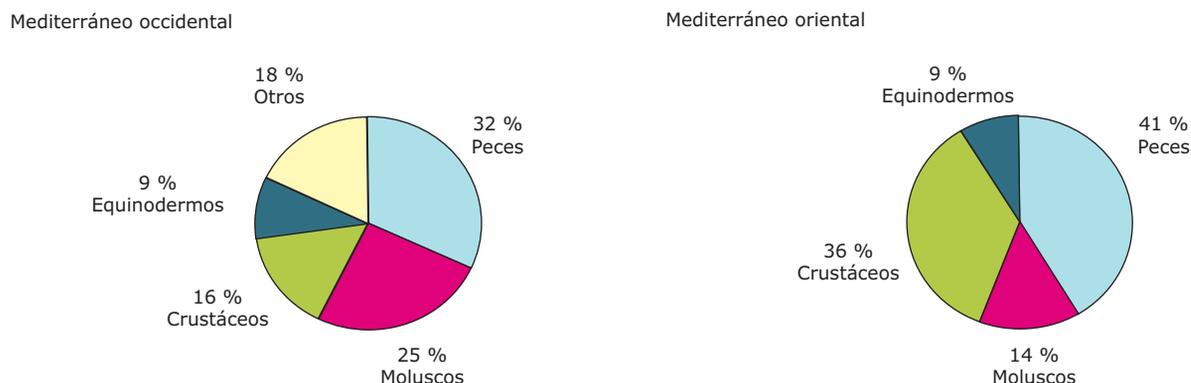


**Fuente:** HCMR basado en D’Onghia *et al.*, 2003 (Mediterráneo oriental) y Sartor *et al.*, 2003 (Mediterráneo occidental).

*rubra*, *Kophobelemnon leucarti*), los abanicos de mar (*Isidella elongata*) y el coral blando (*Alcyonium palmatum*).

La alteración física del lecho marino por el arrastre de los aparejos puede causar cambios a largo plazo en los hábitat frágiles y afectar al número y a la diversidad de los organismos que habitan en ellos. Un reciente informe realizado por M. Gianni para WWF, UICN y NRDC, titulado, «Pesca de fondo en alta mar y su impacto sobre la biodiversidad de ecosistemas vulnerables de aguas profundas», insiste en que «*algunas especies como los corales y las esponjas, son especialmente vulnerables a la perturbación. Los ecosistemas de aguas profundas, como los arrecifes de coral de las aguas frías, pueden quedar destruidos con una sola vez que se utilice una red de arrastre. Es hora de que la comunidad internacional actúe antes de que queden totalmente arrasados*» (Gianni, 2004).

**Figura 7.3** Composición de las especies descartadas como resultado de las actividades de pesca con redes de arrastre en el Mediterráneo a 150-400 m de profundidad



**Fuente:** HCMR basado en Carbonell *et al.*, 1998 (para el Mediterráneo occidental) y Machias *et al.*, 2001; TRIBE, 1997 (para el Mediterráneo oriental).

- Una cuestión prioritaria es la destrucción frecuente de las praderas de *Posidonia* como resultado de actividades ilícitas de pesca con redes de arrastre de vara, además de la pesca con redes de arrastre de puertas. Un estudio reciente realizado en el Mediterráneo occidental ha demostrado una destrucción del 10% de la cubierta de hierbas marinas en las praderas degradadas y sólo un 3,5% en las praderas densas (Ardizzone *et al.*, 2000; PNUMA, RAC/SPA, 2003).
- Los mantos de rodolitos bien conservados del Mediterráneo (foto 7.1) son lugares con una gran diversidad que soportan una elevada producción secundaria macrobentónica. Estos lugares pueden ser importantes para las especies de interés comercial. La elevada presión de la pesca con redes de arrastre en las zonas de rodolitos puede afectar negativamente a las asociaciones, separando los rodolitos, reduciendo su manto y afectando así a la biota asociada. Indirectamente, pueden aumentar el aterramiento y la turbidez (Bordehore *et al.*, 2003).

### 7.3 Cambios en la estructura de las poblaciones de peces

Las poblaciones de especies demersales del mediterráneo están dominadas por alevines, lo que puede ser indicativo de la elevada presión ejercida por la pesca.

Entre los análisis realizados sobre este fenómeno se incluyen:

- Un estudio de la dinámica de las poblaciones de merluza (*Merluccius merluccius*) explotadas con dos tipos diferentes de redes de arrastre (la italiana tradicional y la llamada red «francesa») en el norte del mar Tirreno, reveló que las distribuciones de longitud-frecuencia de las capturas con ambos aparejos consistían principalmente en clases de talla más pequeña que los peces de primer desove (Reale *et al.*, 1995).
- El predominio de peces jóvenes en las muestras MEDITS de salmonete (*Mullus barbatus*) y salmonete de roca (*Mullus surmuletus*) hace a las poblaciones muy vulnerables a los cambios en las capturas. De ahí que la preservación de las zonas de desove y cría parezca esencial para su protección (Tserpes *et al.*, 2002).
- La estructura por edades de las poblaciones del gallo (*Lepidorhombus boscii*) y la solleta (*Citharus linguatula*) demostró que las poblaciones estudiadas estaban principalmente formadas por alevines (Sartor *et al.*, 2002).

Según el PNUMA, RAC/SPA (2003): «Las poblaciones demersales son, en consecuencia, objeto de sobrepesca; en las zonas poco profundas (a menos de 3 millas de la línea de la costa o en fondos a menos de 50 m de profundidad, dependiendo del país) se pesca ilegalmente con redes

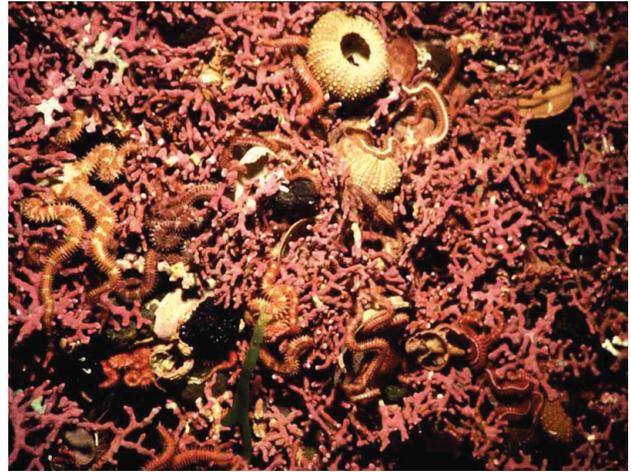


Foto 7.1: Mantos de rodolitos.

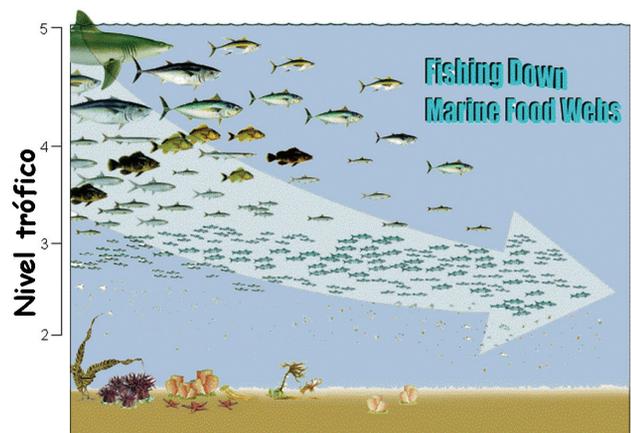
Fuente: [http://www.marlin.ac.uk/baski/image\\_viewer.asp?images=phycal&topic=Species](http://www.marlin.ac.uk/baski/image_viewer.asp?images=phycal&topic=Species).

de arrastre, utilizándose tamaños de malla pequeños e ilegales. El uso de mallas pequeñas e ilegales en el copo es, ciertamente, una práctica habitual de muchas pescaderías artesanales, pero existen pocos datos disponibles al respecto. Debido al gran interés tradicional por los peces pequeños, en algunas zonas de pesca de arrastre de fondo se realizan, con carácter estacional, capturas masivas de peces que no alcanzan la talla mínima permitida. Un ejemplo es la masiva y conocida captura de salmonetes de tamaño más pequeño de lo permitido en caladeros poco profundos en otoño en el golfo de León o en el mar Adriático»

#### Pesca en los niveles más bajos de la red trófica marina

Dado que la sobrepesca reduce las poblaciones de peces más grandes y más valiosos que se encuentran en los niveles tróficos superiores, como los piscívoros (peces que se alimentan de otros peces), aumentan las capturas de peces que se encuentran más abajo en la

Figura 7.5 Pesca en niveles más bajos de la cadena trófica marina



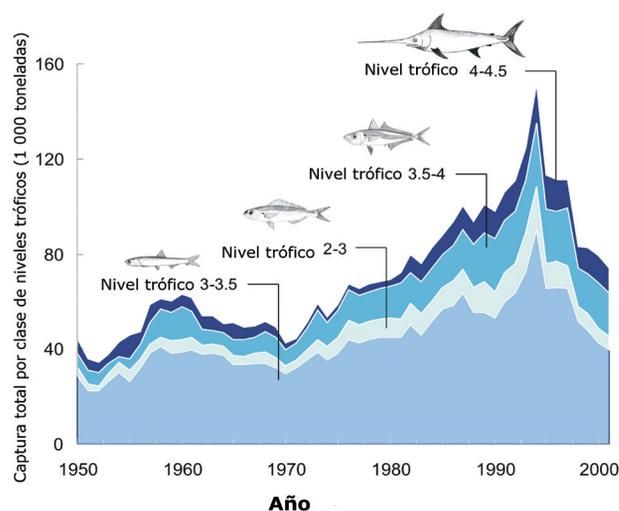
Fuente: Diseñado por Daniel Pauly, original de Rachel Atanaceo.

cadena trófica, como los zooplancóvoros (peces que se alimentan de zooplancton), en proporción a las capturas totales. Esto, en general, es indicativo del impacto negativo que tiene la pesca sobre el ecosistema en su conjunto y se conoce como «pesca en los niveles más bajos de las redes tróficas marinas» (figura 7.5). Este fenómeno fue demostrado por primera vez por Pauly *et al.* (1998) y es evidente en muchas zonas pesqueras de todo el mundo.

- Según las estadísticas de sobrepesca de la FAO, el nivel trófico medio de las capturas mediterráneas ha descendido en un nivel durante los últimos 50 años (Pauley *et al.*, 1998). Por ejemplo, el nivel trófico medio de las capturas en aguas helénicas ha descendido a finales de los años noventa (figura 7.6).

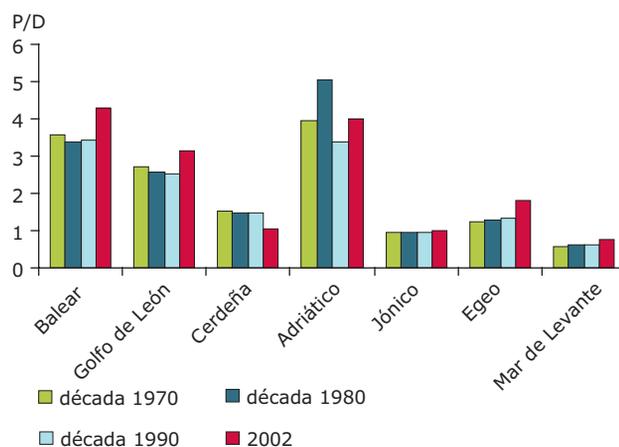
Un indicador simple que puede derivarse de las estadísticas comerciales, como medida del estado de la comunidad de peces, es la proporción entre capturas pelágicas y demersales (proporción P/D). La proporción P/D para los mares semicerrados europeos varía desde 1:1 en las cuencas oligotróficas o pobres en nutrientes como las del Mediterráneo. En el mar del Norte, se sitúa entre un 2:1 y un 5:1, llegando a más de 10:1 en las cuencas cerradas (De Leiva Moreno *et al.*, 2000). Al analizar el impacto sobre los recursos pesqueros durante los últimos 30 años, se observa un claro modelo espacial desde el Mediterráneo oriental oligotrófico (mar de Levante, Jónico y Egeo) hasta la cuenca occidental, con niveles moderados de disponibilidad de nutrientes (golfo de León y mar Balear) (figura 7.7).

**Figura 7.6 Cambios a largo plazo en las capturas de peces en aguas helénicas agregados en cuatro clases de niveles tróficos**



Fuente: Stergiou y Koulouris, 2000.

**Figura 7.7 Tendencias en la proporción (media) de capturas de peces pelágicos/demersales entre 1970-2002 en el Mediterráneo**



**Nota:** Décadas de los años 70, 80 y 90 = valores medios de capturas en cada década.

2002 = valor de las capturas en 2002.

Capturas: Peces capturados y desembarcados.

**Fuente:** HCMR basado en FAO FISHSTAT Plus, 2004a y De Leiva Moreno *et al.*, 2000.

## 8 Tema clave: cambios en los ecosistemas a causa del desarrollo de la acuicultura

En los últimos años, la acuicultura ha sido el único segmento del sector pesquero que ha registrado un aumento del empleo en la Comunidad Europea. El sector genera aproximadamente 60.000 puestos de trabajo de jornada completa, la mayoría en zonas rurales y costeras (Fischler, 1999). En el Mediterráneo, la acuicultura ha aumentado desde 19.997 toneladas en 1970 hasta 339.185 en 2002 (figura 8.1).

Sin embargo, la reciente expansión de la acuicultura ha recibido en muchos casos una publicidad negativa. El hecho de que la acuicultura se desarrolle principalmente en la zona costera, donde la biodiversidad es alta y la presión humana cada vez mayor, ha agravado los efectos de su impacto potencial.

Rara vez se ha aplicado el concepto de ecosistema integrado en la acuicultura. La mayoría de los estudios medioambientales se han realizado a escala local, por ejemplo, en una única explotación acuícola. Los efectos a nivel local están por tanto bien documentados, pero los efectos a nivel de ecosistema permanecen inexplorados. La evaluación de los efectos al nivel de ecosistema se ve dificultada por las grandes diferencias en la sensibilidad y capacidad de asimilación de los diferentes ecosistemas. Además, no resulta fácil extraer conclusiones generales, porque el impacto de la acuicultura depende de las especies, el método de cultivo, la densidad de las poblaciones, el tipo de alimentación, la hidrografía del lugar y las prácticas de acuicultura.

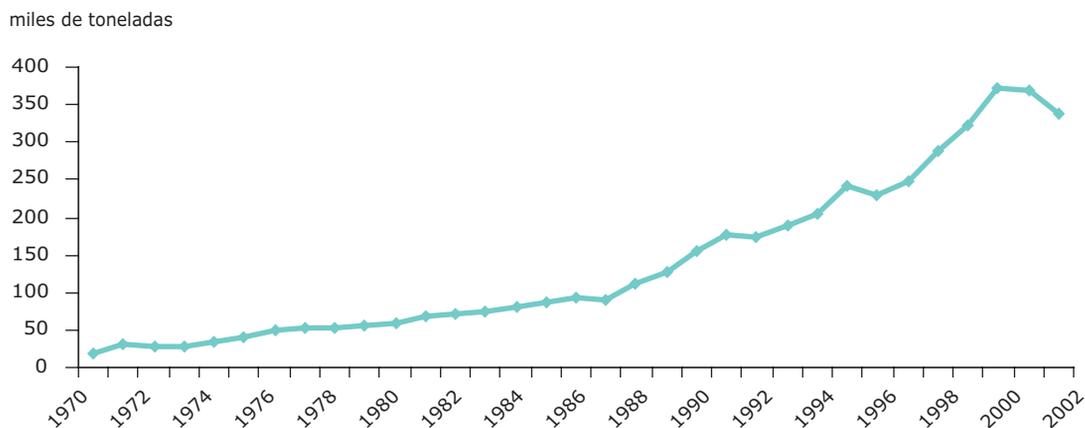
En general, la piscicultura de especies marinas de aleta y marisco se considera una amenaza para el medio ambiente marino, porque puede producir contaminación y entrar en conflicto con otros usuarios. En el Mediterráneo, este tipo de amenaza debe ser considerada sólo como una posibilidad, ya que existen pocas evidencias directas del impacto de la acuicultura. Sin embargo, cabe destacar que la falta de validación científica de un impacto ya percibido no disminuye su posible importancia (Gowen *et al*, 1990). Según PNUMA/PAM/MEDPOL, la acuicultura intensiva es «indudablemente un motivo de preocupación para el Mediterráneo» (PNUMA/PAM/MEDPOL, 2004).

### 8.1 Cuestiones claves del impacto de la acuicultura

#### *Eutrofización ⇒ sin conexión clara*

Los pocos estudios realizados sobre esta cuestión en el Mediterráneo no presentan resultados concluyentes sobre la amenaza de la eutrofización. Se ha alegado que las cantidades de nutrientes (fósforo y nitrógeno) emitidas por la acuicultura son pequeñas en comparación con las cantidades totales emitidas por la actividad antropogénica (se estima que las cargas de P y N vertidas por la agricultura en el Mediterráneo son de unas 976.000 toneladas/año y 1.570.000 toneladas/año, respectivamente, frente a las 394 toneladas/año y 8.678 toneladas/año atribuidas a la acuicultura (Izzo,

**Figura 8.1 Producción de la acuicultura (marina y salobre; en miles de toneladas) en el mar Mediterráneo desde 1970 a 2002**



Fuente: HCMR basado en FAO FISHSTAT PLUS, 2004b.

2001)). Sin embargo, la emisión desde la acuicultura intensiva suele ser un vertido localizado de residuos en aguas pobres en nutrientes donde el impacto puede ser significativo (PNUMA/PAM/MEDPOL, 2004).

**Enriquecimiento de sedimento ⇒ impacto espacialmente limitado**

El efecto más conocido de las piscifactorías es el enriquecimiento bentónico; es decir, el aumento del contenido orgánico de los sedimentos bajo las jaulas de peces. La deposición de materia orgánica particulada en las proximidades de las piscifactorías, por ejemplo materia fecal y pienso no ingerido por los peces, genera el aumento de la demanda de oxígeno, lo que suele conllevar el metabolismo anaerobio y también la anoxia. La gravedad del impacto es diferente en cada lugar y depende de las características locales de profundidad, hidrografía, calidad del agua natural y geomorfología, que determinan el tipo de sedimento. El impacto suele ser limitado tanto en la escala temporal como en la espacial. Y la recuperación tras el cese de la actividad puede ser rápida, por ejemplo entre 3 y 10 meses. El tiempo de recuperación hasta alcanzar el estado inicial en el caso de la acuicultura marina es 10 veces menor que en el caso del impacto de las emisiones industriales y urbanas (Johnson y Frid, 1995).

El aumento del aporte orgánico puede tener un efecto positivo sobre la inmigración de especies nuevas. El impacto relativamente pequeño del enriquecimiento orgánico en el lecho marino se ha atribuido al consumo de materia orgánica por peces demersales e invertebrados, según los datos disponibles sobre el mar Mediterráneo (McDougall y Black, 1999). Los estudios realizados con vídeo submarino en las piscifactorías del Mediterráneo occidental y oriental han confirmado la presencia de varias especies de peces alóctonos bajo las jaulas durante el suministro de piensos. Resultados similares registrados en Israel sugieren que las jaulas pueden atraer a bancos de peces que se alimentan de las algas incrustadas y la materia orgánica vertida.

Estudios realizados en Grecia han revelado que, tras la introducción de piscifactorías en aguas oligotróficas, la abundancia general de asociaciones de peces aumenta según un factor de cuatro y el nivel trófico medio de la comunidad de peces aumenta desde 3,59 a 3,79 (Machias *et al.*, 2004).



**Foto 8.1:** Praderas de hierba marina.

**Fuente:** N. Krstulovic y G. Kuspilic, Instituto de Oceanografía y Pesca, Split, Croacia, 2003.

**Cambios en la diversidad ⇒ disminución de la abundancia, diversidad y biomasa de la flora y macrofauna, así como de la abundancia y diversidad de la meiofauna**

Los impactos potenciales más importantes de la acuicultura sobre la biodiversidad de los ecosistemas consisten en la mortalidad de la fauna bentónica de gran tamaño, el deterioro de las praderas de hierba marina y los cambios en el estado trófico de los grandes cuerpos de agua. Sin embargo, los efectos graves suelen quedar confinados dentro de áreas locales; por ejemplo, en pocos centenares de metros y la recuperación, aunque a un ritmo lento, se produce cuando deja de funcionar la piscifactoría.

**Salud del ecosistema ⇒ probable deterioro**

En la actualidad, la mayor parte de los documentos científicos publicados sobre el impacto de la acuicultura se refieren a invertebrados de la macrofauna de las áreas cercanas a las piscifactorías y bajo las jaulas. La eliminación local de la macrofauna es importante desde el punto de vista ecológico, pero es poco probable llegue a extinguirse o que la población sea afectada significativamente a una escala espacial mayor.

Algunos informes atribuyen el cambio registrado en el componente microbiano de la comunidad béntica a actividades de piscicultura (tabla 8.1).

**Tabla 8.1 Informes sobre el impacto de la acuicultura en el meio bentos**

Área	Impacto	Referencia
Mediterráneo oriental	La densidad microbiana del sedimento cerca de las jaulas aumenta entre 4 y 28 veces.	Karakassis <i>et al.</i> , 2000
Mar Tirreno	La densidad de comunidades aerobias microbianas de bacterias y vibrios aumentó rápidamente tras la instalación de la primera jaula de peces	La Rosa <i>et al.</i> , 2004
Mediterráneo noroccidental	Aumento de la abundancia de bacterias	La Rosa <i>et al.</i> , 2004

**Cuadro 8.1 Efectos negativos y crónicos en las praderas marinas**

La proximidad de las piscifactorías a las áreas de hierba marina supone una grave amenaza para la integridad de las praderas de *Posidonia*. Dichas praderas constituyen ecosistemas fundamentales del medio marino en el Mediterráneo y tienen una función importante en el desove y agrupamiento de distintos organismos marinos. Existen datos que indican que las praderas marinas se han visto gravemente afectadas o totalmente eliminadas como consecuencia de la piscicultura en la bahía de Fornells, Menorca, islas Baleares (Delgado *et al.*, 1999). Tres años después de cesar las actividades acuícolas, los signos de recuperación no se habían apreciado todavía.

Otros casos documentados han sido:

- *Mediterráneo oriental, sudeste de España*  
el 53 % del área de praderas presenta disminución en el tamaño de brote, el número hojas por brote y la tasa de crecimiento de las hojas (Ruiz *et al.*, 2001).
- *Mediterráneo occidental, Córcega*  
La densidad de brotes en las praderas ha disminuido de 466 (estación de referencia) a 108 brotes por m<sup>2</sup> en los lugares afectados (Cancemi *et al.*, 2003).
- *Mediterráneo occidental, Cerdeña*  
Desaparición del manto vegetal bajo las jaulas (Pergent *et al.*, 1999).
- *Mediterráneo central, Malta*  
Grandes cambios en los ecosistemas de las praderas (Dimech *et al.*, 2002).
- *Mediterráneo oriental, Croacia*  
Prácticamente han desaparecido las praderas bajo las jaulas y han disminuido en toda la bahía (Katavic y Antolic, 1999).

**Cuadro 8.2 Estudio de caso – impactos de la cría del atún**

La cría del atún (en particular, la estabulación del atún rojo para su engorde) es una actividad que conlleva varias amenazas para el ambiente marino y sirve como ejemplo de la magnitud de los impactos potenciales de la acuicultura. Estos impactos incluyen:

- la contaminación local cuando la actividad no se realiza a una distancia adecuada de la costa;
- el agotamiento de recursos (el sector de la cría del atún depende actualmente de la captura de peces no cultivados, con una demanda cada vez mayor y más incontrolada);
- y el impacto sobre las poblaciones de pequeños peces pelágicos que sirven como alimento para el atún.

La cría del atún en jaula se ha convertido en un tema muy debatido en Croacia (ADN, Croacia, 2003). En todas las explotaciones acuícolas se observa la degradación de la comunidad bentónica debajo de las jaulas, además de algunos efectos adversos en la columna de agua y los sedimentos. En la actualidad se está debatiendo mucho sobre el posible impacto de la retirada de crías desarrolladas (lubina, dorada y especies de *Mugilidae*) para atender las necesidades alimenticias de la acuicultura, particularmente en Egipto. No obstante, debido a que el sector depende cada vez más de crías desarrolladas en viveros, la práctica no se considera una amenaza. La CICCA (Comisión Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico) y el CGPM (Consejo General de Pesca del Mediterráneo) están formando un Grupo de trabajo sobre la cría del atún rojo. Su objetivo es elaborar unas directrices prácticas sobre la captura de atunes con huevos, para la producción de crías desarrolladas, y la gestión de explotaciones de atún con sus posibles repercusiones medioambientales, sociales y económicas.

- Los estudios realizados bajo las mejilloneras han revelado resultados similares a los obtenidos en piscifactorías con alta densidad de asociaciones microbianas. Sin embargo, se ha comprobado que el impacto de las mejilloneras es mucho menor que el de las piscifactorías.
- Según algunos estudios realizados en el Adriático, la determinación de parámetros bentónicos, bioquímicos, microbianos y de la meiofauna, reveló que las mejilloneras no alteran significativamente el ecosistema marino (Danovaro *et al.*, 2004).

**Productos farmacéuticos y químicos ⇒ sin conexión clara; necesidad de vigilancia**

La utilización de una serie de productos químicos y farmacéuticos orgánicos para la prevención y el tratamiento de enfermedades, la desinfección y el uso de metales como antiincrustantes, son prácticas habituales en la piscicultura. Estos productos químicos constituyen una grave amenaza para el medio ambiente. En la actualidad no se han realizado estudios en el Mediterráneo, especialmente a largo plazo y con una gran escala espacial.

Según el informe de PNUMA/PAM/MEDPOL, en la actualidad resulta imposible elaborar una lista completa y cuantitativa de los productos químicos utilizados en la maricultura en el Mediterráneo ».

*Transmisión de parásitos y enfermedades ⇒ sin conexión clara; necesidad de vigilancia*

Hasta la fecha no se ha observado en el Mediterráneo este tipo de impacto (UICN, 2004).

*Ejemplares escapados/OMG ⇒- sin conexión clara; necesidad de vigilancia*

El escape no supone por el momento un problema en el Mediterráneo, puesto que no se han observado impactos en esta región.

Sin embargo se ha propuesto una iniciativa conjunta del CIEM-CIESM para ocuparse de la cuestión a escala paneuropea. Esta iniciativa tiene un enfoque preventivo.

*Otros usuarios de la zona costera ⇒ impacto sobre el turismo*

El turismo y la acuicultura marina interactúan negativamente entre sí, como ilustran los casos de Chipre y Croacia. Un modelo integrado de planificación de la gestión de las áreas costeras ha sido encarecidamente recomendado para mitigar el problema. En ambos países, la implantación de un ICZM ha reducido al mínimo el impacto de una mal planificada actividad cercana a las áreas de importancia turística (Stephanou, 1997; ADN Croacia, 2003).

## 9 Tema clave: estado de la calidad ecológica en las áreas costeras

En su decimosegunda reunión celebrada en Mónaco en noviembre de 2001, las partes contratantes del Convenio de Barcelona solicitaron al Programa MED POL que revisara y desarrollara una serie de indicadores de contaminación marina, en colaboración con el Plan Azul, la AEMA, ONUDI-ICS y otros organismos y organizaciones competentes (PNUMA/PAM, 2003b). Basándose en las Directrices relativas al desarrollo de indicadores del estado ecológico y la reducción del estrés (PNUMA/PAM, 2003c) y en los resultados pertinentes del seminario sobre Indicadores de Contaminación Marina (ICM), (PNUMA/PAM, 2005), los indicadores biológicos propuestos como núcleo básico ICM, dentro del modelo FPEIR, son los siguientes:

- número de especies exóticas (todos los taxones) (véase el Capítulo 5) (impacto sobre el estado);
- presencia y cobertura de macrofitos bentónicos (sensibles/oportunistas) (estado);
- presencia/abundancia de especies/taxones zoobentónicos sensibles/oportunistas (estado);
- diversidad de la comunidad (zoobentos/fitobentos) (estado);
- índices bióticos;
- índice de evaluación ecológica, basado en los macrofitos (IEE) – no cubierto en este informe (estado);
- índice de calidad ecológica basado en zoobentos (BENTIX) (estado).

El Programa de Trabajo del PNUMA/PAM a corto plazo (2004-2006) incluye:

- a) elaboración de hojas de metodología para cada uno de los anteriores indicadores, en correspondencia con las ya existentes de otras organizaciones relacionadas;
- b) inicio del test de comprobación en algunos países mediterráneos. La invasión de especies exóticas, por ser una cuestión prioritaria en el Mediterráneo, se trata por separado (Capítulo 5).

Hay que tener en cuenta que el sistema arriba propuesto es solamente una de las posibilidades que pueden utilizarse, puesto que el debate sobre los indicadores sigue abierto.

### 9.1 Presencia y cobertura de macrofitos bentónicos (sensibles/oportunistas)

La presencia y la cobertura de los macrofitos bentónicos (sensibles/oportunistas) han recibido mucha atención. El PNUMA/PAM incluye un plan de acción específico

titulado «Vegetación marina del Mediterráneo». Las praderas marinas se utilizan ya en algunos proyectos de vigilancia de los países de la UE (p. ej., Francia). Además, según el Convenio de Barcelona se considera que hay especies como *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* y alga marrón *Cystoseira* que están amenazadas.

#### Mensajes clave

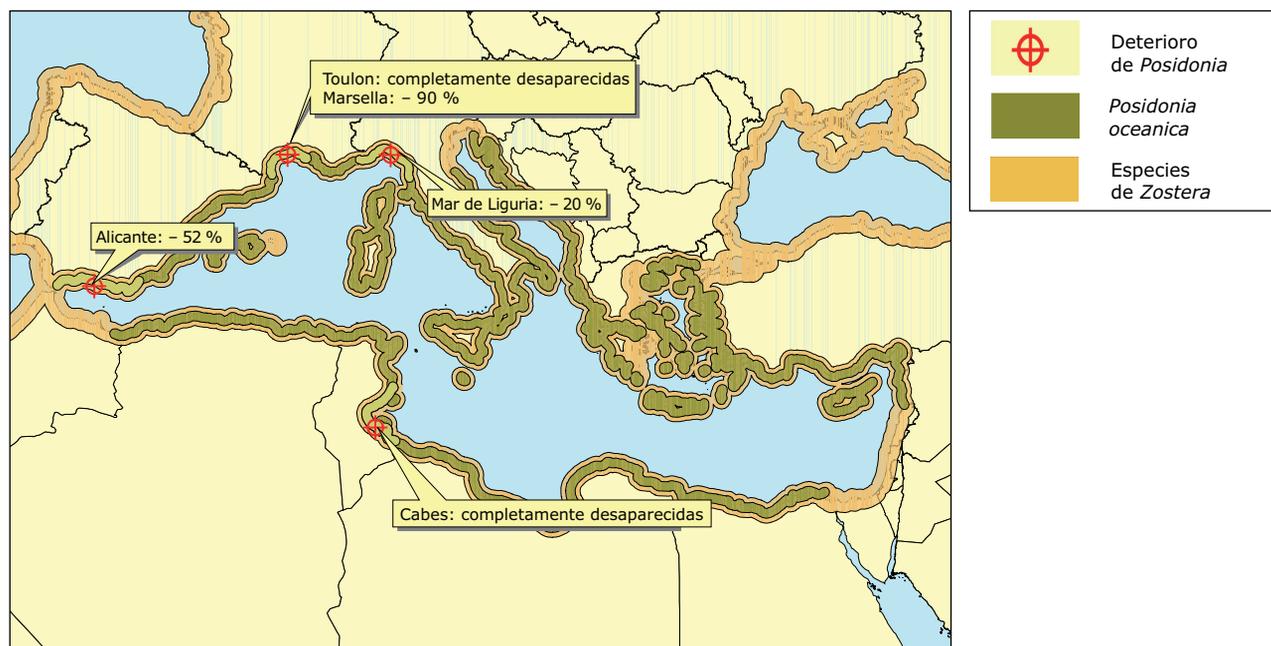
- La presencia de macrofitos bentónicos sensibles es indicativa de una buena calidad ecológica.
- El límite de distribución de la profundidad y la densidad de las raíces del manto vegetal se utilizan con éxito para evaluar el estado de la calidad ecológica y los cambios en dicho estado.
- La presencia de macrofitos bentónicos oportunistas (como algunas macroalgas introducidas recientemente) puede ser indicativa de un deterioro del medio ambiente.

Los macrofitos bentónicos son un elemento biológico común en todo el litoral mediterráneo. Las comunidades de *Cystoseira*, junto con las praderas de *Posidonia*, son los principales promotores de la biodiversidad en aguas poco profundas. Puesto que estas comunidades se desarrollan mejor entre la superficie y los 10 m de profundidad, se ven expuestas con frecuencia a la contaminación del área intermareal. El ejemplo más típico es el de *Posidonia oceanica*, que es una especie clave para la región mediterránea. Su población se vigila como una de las «Poblaciones de especies claves incluyendo las protegidas». En la figura 9.1 se muestra el deterioro de las praderas de *Posidonia* que se atribuye al impacto antropogénico sobre el Mediterráneo.

Hay indicios de que la mejora del tratamiento de las aguas residuales a lo largo del litoral mediterráneo de Francia y la normativa sobre protección directa de la *Posidonia oceanica* (desde 1988) han conseguido mejorar el estado de las praderas (en 1990, el 50% de los lugares estaba en regresión; entre 1990 y 1993, sólo el 27% estaba en regresión, el 46% se mantenía estable y el 27% estaba en progresión).

La *Caulerpa racemosa*, aunque es muy invasiva, no ha sido objeto de proyectos de investigación a gran escala para definir su expansión (tabla 9.1, figura 9.2). Aranda (2004) ha informado de la presencia de *Caulerpa racemosa* en la zona de Valencia (costa española). En 1999, cerca de 3 km<sup>2</sup> del fondo estaban ocupados por *Caulerpa racemosa* en Castellón. En el año 2000, se encontró esta especie en Alicante y una investigación de 2002 demostró que 10 km<sup>2</sup> del

**Figura 9.1** Distribución de las praderas marinas de *Posidonia oceanica* y *Zostera spp.* en el Mediterráneo



Fuente: AEMA, 2004.

**Tabla 9.1** Primer registro de *Caulerpa racemosa* en los países mediterráneos

	Albania	1995		Libano	1931*
	Croacia	2000		Libia	1991
	Chipre	1999		Malta	1999
	Egipto	1950*		Gaza	1941*
	Francia	2000		España	1999
	Grecia	1994		Siria	1957*
	Israel	1960*		Túnez	1926*
	Italia	1993		Turquía	1976*

**Nota:** \* citada como *Caulerpa racemosa* (antes *lamourouxii*).

**Fuente:** HCMR basado en: Piazzì *et al.*, en prensa, [www.caulerpa.org](http://www.caulerpa.org).

fondo estaban ocupados a lo largo de 18 km del litoral. En 2002 también se encontró en Sagunto (Valencia) y en 2003 en Tabarca (Parque Marino), donde 3.000 m<sup>2</sup> del fondo estaban ocupados.

## 9.2 Presencia/abundancia de especies/taxones zoobentónicos sensibles/opportunistas

### Mensajes clave

- La presencia de taxones sensibles es una medida fiable de la salud del ecosistema.
- El predominio de especies/taxones tolerantes es proporcional al grado de perturbación.

## 9.3 Índice de diversidad de la comunidad (H) basado en el zoobentos

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) ha sido utilizado y comprobado en muchos ambientes. No obstante, su uso e interpretación ha sido objeto de un largo debate, ya que depende del tamaño de la muestra, el esfuerzo y el tipo de hábitat. Lo ideal sería que la superficie de muestreo fuera normalizada. En función del índice H, las comunidades de las aguas costeras del Mediterráneo se pueden clasificar en cinco clases de salud (tabla 9.4). Estas clases se aplican sobre todo en los hábitat bentónicos marinos de arenas fangosas o lodos arenosos. Los límites de estas clases son algo

Figura 9.2 *Caulerpa racemosa* registrada en aguas del litoral Mediterráneo-



Fuente: HCMR basado en: Piazzì *et al.*, en prensa, www.caulerpa.org, PNUMA/PAM, 2004.

**Cuadro 9.1 Mortalidad de especies claves de esponjas**

La mortandad masiva de invertebrados marinos no es rara en el Mediterráneo. Un episodio de mortalidad de esponjas fue notificado en el verano de 1999 en el noroeste del Mediterráneo. El área afectada se extiende desde la isla de Elba en Italia al golfo de Marsella en Francia. Parece que las demás regiones del noroeste del Mediterráneo se libraron de este fenómeno (www.biomareweb.org). No obstante, se notificaron algunos casos de mortandad en agosto y septiembre de 1999 en Túnez, Grecia, Marruecos, Chipre y Turquía (Perez *et al.*, 2000). La degradación de ecosistemas ricos en biodiversidad, como los del parque marino de las islas de Zebra en Túnez, se puede evidenciar por la disminución de la densidad de población de esponjas (tabla 9.3). Se asume que la degradación está relacionada con la presencia de *Caulerpa racemosa* y *Caulerpa taxifolia*.

**Tabla 9.3 Densidad de gorgonianos (colonias/m<sup>2</sup>)**

	Cabo Bon	Este de Zebra y Zembretta	Zona de Sidi Daoud	Sudeste de Zebretta	Oeste de Zebretta	Tabarka
<i>Eunicella singularis</i>	8 a 10	17 a 25	50	40	35	70
<i>Eunicella cavolinii</i>	2 a 3	3 a 5	25	15	ausente	ausente

Fuente: Ben Mustafa y Abed, 2001.



Foto 9.1: *Eunicella singularis*, isla Porquerolles, Francia (13 m). Esta *Eunicella* se ha visto seriamente afectada por dos episodios de mortalidad ocurridos en 1999 y 2003 en el noroeste del Mediterráneo.

Fuente: Thierry Perez.

arbitrarios y se basan en la bibliografía y la experiencia de los propios autores. Además se apoyan en la bibliografía sobre otras zonas del Mediterráneo.

#### 9.4 Estado de calidad ecológica basada en el zoobentos

Las distintas herramientas utilizadas como indicadores suelen adaptarse a los requisitos regionales y a las particularidades biológicas. En España, Borja *et al.* han desarrollado un índice biótico llamado AMBI. (2000). Se utiliza para la evaluación de la calidad ecológica de las costas y estuarios de Europa, analizando la respuesta de las comunidades benthicas de fondo blando a los cambios naturales o antropogénicos de calidad del agua y los sedimentos. El indicador AMBI se basa en cinco grupos ecológicos relacionados con el grado de sensibilidad/tolerancia a un gradiente de estrés ambiental y actualmente se está empezando a utilizar en aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA) y la inter.-calibración con otros países. BENTIX (Simboura y Zenetos, 2002) es una herramienta nueva (basada en los macrozoobentos de los sustratos blandos), que se ha desarrollado para evaluar el estado de calidad ecológica de acuerdo con las necesidades de la DMA. El sistema de clasificación resultante (tabla 9.5) incluye cinco niveles del estado de calidad ecológica (ECE) de acuerdo con las necesidades de la Directiva Marco del Agua.

AMBI y BENTIX presentan multitud de similitudes. AMBI se ha utilizado en muchos lugares del Atlántico y en algunos del Mediterráneo (Borja *et al.*, 2003). El índice BENTIX distingue sólo entre dos grupos ecológicos y es probablemente más adecuado y cómodo para los ecosistemas mediterráneos con una alta riqueza y diversidad de especies. Los resultados obtenidos son consistentes con los obtenidos por otros métodos y parámetros ampliamente utilizados, como la riqueza de especies y la diversidad de comunidades.

#### Mensajes claves

- La evaluación ecológica de los ecosistemas bentónicos en el Mediterráneo puede realizarse utilizando una herramienta sencilla (BENTIX) que no es específica de ningún tipo de comunidad ni de ningún lugar en particular (es por tanto de aplicación global).
- BENTIX parece funcionar bien en diferentes tipos de estrés (aguas residuales, pesca, vertederos), pero es más adecuado para evaluar el efecto de las aguas residuales en las aguas costeras.
- AMBI se ha comprobado con diferentes fuentes de impacto ambiental. Tanto en aguas costeras como en aguas de estuario parece funcionar bien bajo distintos tipos de impacto.
- La evaluación óptima del ECE se consigue mediante una combinación de BENTIX con H (diversidad de la comunidad) y S (número de especies).

**Tabla 9.4 Clasificación del estado de calidad ecológica (ECE) según el índice de diversidad de la comunidad (H) de Shannon-Wiener y el estado de calidad ecológica (ECE)**

Clasificación del grado de contaminación	H	ECE DMA	H en lodos sometidos a estrés físico
Normal/intacta	$H > 4,6$	Muy bueno	$H > 5$
Ligeramente contaminada, transicional	$4 < H \leq 4,6$	Bueno	$4 < H \leq 5$
Moderadamente contaminada	$3 < H \leq 4$	Moderado	
Fuertemente contaminada	$1,5 < H \leq 3$	Malo	
Ausencia de vida animal por alta contaminación	$0 < H \leq 1,5$	Muy malo	

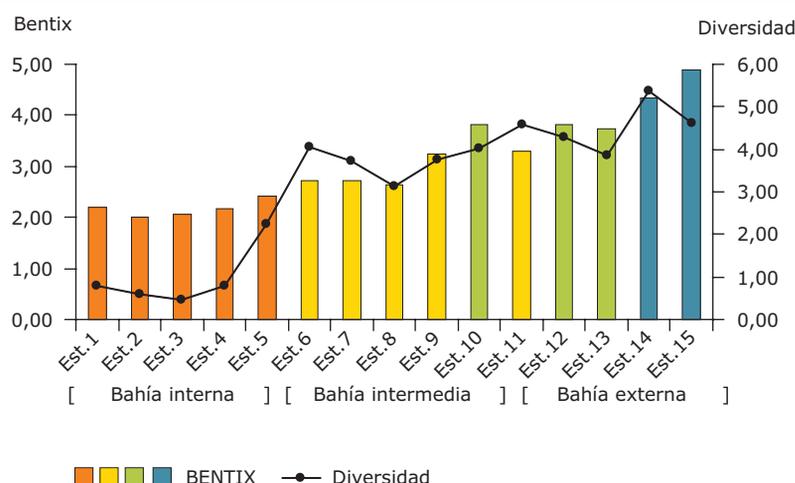
Fuente: Zenetos y Simboura, 2001; Simboura y Zenetos, 2002.

**Tabla 9.5 Clasificación del estado de calidad ecológica (ECE) según el índice BENTIX de Simboura y Zenetos (2002)**

Clasificación del grado de contaminación	BENTIX	ECE DMA	BENTIX en lodos sometidos a estrés físico
Normal/intacta	$4,5 \leq \text{BENTIX} \leq 6$	Muy bueno	$4 \leq \text{BENTIX} \leq 6$
Ligeramente contaminada, transicional	$3,5 \leq \text{BENTIX} < 4,5$	Bueno	$3,0 \leq \text{BENTIX} < 4,00$
Moderadamente contaminada	$2,5 \leq \text{BENTIX} < 3,5$	Moderado	$2,5 \leq \text{BENTIX} < 3,00$
Fuertemente contaminada	$2 \leq \text{BENTIX} < 2,5$	Malo	
Ausencia de vida animal	$\text{BENTIX} < 2$	Muy malo	

Fuente: Zenetos y Simboura, 2001; Simboura y Zenetos, 2002.

**Figura 9.3** Valor medio anual del índice BENTIX y el índice de diversidad de la comunidad (H) a lo largo de un gradiente de contaminación, estaciones 1–15 de la bahía de Izmir



Fuente: Dogan, 2004.

Tanto BENTIX como H se han comprobado con series de datos obtenidos en:

- distintas áreas geográficas de todo el Mediterráneo;
- áreas costeras afectadas por diferentes actividades antropogénicas, principalmente pesca, turismo, alcantarillado y efluentes químicos;
- el uso de diferentes metodologías de muestreo (muestreador, tamaño de malla, número de repeticiones).

**Estudio de caso: ECE en la bahía de Izmir (Turquía) y el golfo de Saronikos (Grecia)**

El valor medio de los índices BENTIX y H aumenta desde el interior hacia el exterior de la bahía y lo mismo ocurre con el ECE (figura 9.3). La mala calidad del interior de la bahía, que está sometida a una serie de impactos de contaminación, se refleja en todos los parámetros y afecta a su vez a la bahía intermedia. El gradiente es también evidente en los parámetros químicos de la columna de agua. Basándose en las características de la fauna y el medio acuático, Kocatas (1978) dividió la bahía de Izmir en tres partes: interna, intermedia y externa (figura 9.3).

El golfo de Saronikos recibe las aguas residuales de la ciudad metropolitana de Atenas. Aunque en 1994 se puso en marcha una depuradora para el tratamiento primario de las aguas residuales, el estado de calidad ecológica de las comunidades bénticas del golfo no se empezó a vigilar hasta 1999. Como demuestran

los recientes análisis de tendencias de todos los parámetros abióticos (tipo de sedimento, profundidad, concentración de carbono orgánico en sedimentos) y bióticos (índices H, BENTIX, AMBI), el ECE mejora cuanto mayor es la distancia desde el lugar de vertido de las aguas residuales (HCMR, 2005).

AMBI parece funcionar bien para distintos tipos de impacto ambiental, incluyendo los del vertido de perforaciones, roturas submarinas, construcción de puertos y diques, aporte de metales pesados, eutrofización, obras de ingeniería, aporte difuso de contaminantes, recuperación de sistemas contaminados a causa del impacto de las aguas residuales, procesos de dragado, vertido de lodos, derrames de petróleo, piscicultura, etc. (Borja *et al.*, 2003).

BENTIX parece funcionar bien, sobre todo en el Mediterráneo oriental, siempre que se realice un cierto esfuerzo taxonómico (con la inclusión de la mayoría de especímenes en el nivel de especie). Los resultados fueron independientes del tamaño de malla de muestreo utilizada, pero resultaron confusos cuando se basaron en datos semicualitativos como los de los dragados. El ECE debe basarse en una combinación de índices, puesto que los resultados pueden ser erróneos; por ejemplo, en el caso de la contaminación por metales pesados. Además, el futuro desarrollo de este tipo de herramienta ambiental requiere el consenso de los científicos para asignar las especies a un determinado grupo ecológico.

# 10 Instrumentos jurídicos y de política

En este capítulo se describen los principales instrumentos jurídicos y de política subregionales, regionales e internacionales que existen para afrontar los grandes problemas ambientales en la región mediterránea.

## 10.1 El Convenio de Barcelona y sus protocolos (sistema de Barcelona)

El Convenio de Barcelona para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación, que entró en vigor el 12 de febrero de 1978, es el instrumento más importante de política regional relacionado con la protección del mar Mediterráneo y sus costas<sup>(2)</sup>. La UE y otros siete países<sup>(3)</sup> que son actualmente miembros de la UE, son las partes contratantes en el Convenio y en algunos de sus protocolos (tabla 10.1) y realizan una importante contribución al funcionamiento del sistema de Barcelona.

Desde 1994, varios componentes del sistema de Barcelona han sufrido cambios importantes. En 2002 concluyó una ambiciosa revisión del Convenio cuyo objetivo era modernizarlo y adaptarlo a los principios de la Declaración de Río y a la filosofía de la nueva Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho

del Mar (CNUDM). Con ello se pretendía convertirlo en un instrumento de desarrollo sostenible que reflejara el progreso logrado en la legislación internacional sobre medio ambiente.

La estructura del actual sistema jurídico de Barcelona incluye los siguientes instrumentos:

- El **Convenio** para la Protección del Medio Ambiente Marino y la Región Costera del Mediterráneo (en vigor desde el 9 de julio de 2004);
- El **Protocolo** para la Prevención y Eliminación de la Contaminación del Mar Mediterráneo por Vertidos de Buques y Aeronaves o Incineración en el Mar, modificado en Barcelona el 10 de junio de 1995 (las enmiendas no han entrado todavía en vigor);
- El **Protocolo sobre Emergencias** relativo a la Cooperación para Prevenir la Contaminación procedente de Buques y, en Situaciones de Emergencia, Combatir la Contaminación del Mar Mediterráneo, firmado en Valletta el 25 de enero de 2002 (entró en vigor el 17 de marzo de 2004). El Protocolo sobre Emergencias reconoce en su preámbulo el papel de la Organización Marítima Internacional, así como «la contribución de la Comunidad Europea a la aplicación de las normas internacionales en materia de seguridad

**Tabla 10.1 Lista de instrumentos de la CE relacionados con el Convenio de Barcelona para la protección del mar Mediterráneo**

Decisión 77/585/CEE del Consejo, de 25 de julio de 1977, relativa a la celebración del Convenio para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación, así como del Protocolo sobre la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo causada por vertidos de buques y aeronaves.
Decisión 81/420/CEE del Consejo, de 19 de mayo de 1981, relativa a la celebración del Protocolo sobre cooperación para combatir en situaciones de emergencia la contaminación del mar Mediterráneo causada por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales.
Decisión 83/101/CEE del Consejo, de 28 de febrero de 1983, relativa a la celebración del Protocolo sobre la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación de origen terrestre.
Decisión 84/132/CEE del Consejo, de 1 de marzo de 1984, relativa a la celebración del Protocolo sobre las zonas especialmente protegidas del Mediterráneo.
Decisión 1999/800/CE del Consejo, de 22 de octubre de 1999, relativa a la conclusión del Protocolo sobre las zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo, así como a la aceptación de los correspondientes anexos (Convenio de Barcelona).
Decisión 1999/801/CE del Consejo, de 22 de octubre de 1999, relativa a la aceptación de las enmiendas al Protocolo revisado sobre protección del Mediterráneo contra la contaminación de origen terrestre (Convenio de Barcelona).
Decisión 1999/802/CE del Consejo, de 22 de octubre de 1999, relativa a la aceptación de las enmiendas al Convenio para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación y al Protocolo sobre la prevención de la contaminación causada por vertidos de buques y aeronaves (Convenio de Barcelona).
Decisión 2004/575/CE del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativa a la celebración, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo sobre cooperación para prevenir la contaminación procedente de buques y, en situaciones de emergencia, combatir la contaminación del mar Mediterráneo, del Convenio de Barcelona para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación.

(2) Partes contratantes: Albania, Argelia, Bosnia-Herzegovina, Croacia, Chipre, Egipto, Comunidad Europea, Francia, Grecia, Israel, Italia, Líbano, Libia, Malta, Mónaco, Marruecos, Eslovenia, España, Siria, Túnez, Turquía, Serbia y Montenegro, véase [www.unepmap.org](http://www.unepmap.org).

(3) Chipre, Francia, Grecia, Italia, Malta, Eslovenia y España.

marítima y prevención de la contaminación causada por los buques». De hecho, la Comunidad ha adoptado una serie de instrumentos jurídicos. Los más recientes son: la Directiva 2002/6/CE, de 18 de febrero de 2002, sobre las formalidades de información para los buques que lleguen a los puertos de los Estados miembros de la Comunidad y salgan de éstos; la Directiva 2002/84/CE, de 5 de noviembre de 2002, por la que se modifican las Directivas relativas a la seguridad marítima y a la prevención de la contaminación procedente de buques; y el Reglamento (CE) 2172/2004 de la Comisión, de 17 de diciembre de 2004, por el que se modifica el Reglamento (CE) 417/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a **la introducción acelerada de normas en materia de doble casco** o diseño equivalente para petroleros de casco único, incorporando las enmiendas aprobadas por la Comisión para la Protección de Medio Marino de la OMI;

- El **Protocolo sobre las Fuentes Terrestres (FOT)**: véase el cuadro 1.2;
- El **Protocolo sobre las zonas especialmente protegidas (ZEPA) y la diversidad biológica del Mediterráneo** (en vigor desde el 12 de diciembre de 1999);
- El **Protocolo sobre alta mar** para la protección del mar Mediterráneo contra la contaminación derivada de la exploración y explotación de la plataforma continental y el lecho marino y de su subsuelo, firmado en Madrid el 14 de octubre 1999, (todavía no ha entrado en vigor); y
- El **Protocolo sobre Residuos peligrosos** relativo a la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo resultante de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación, (todavía no ha entrado en vigor).

En cuanto a la cooperación en el ámbito de la respuesta frente a la contaminación marina, la Decisión del Consejo de 23 de octubre de 2001 (2001/792/CE, Euratom) ha establecido un mecanismo comunitario para facilitar una cooperación reforzada en las intervenciones de ayuda en el ámbito de la protección civil que engloben tanto protección civil como contaminación marina. El objetivo general del mecanismo es prestar, cuando se solicite, asistencia en situaciones graves de emergencia y facilitar una mejor coordinación de la intervención de asistencia prestada por los Estados miembros y la Comunidad.

La reciente actualización del marco jurídico de Barcelona demuestra que las Partes lo consideran un sistema dinámico susceptible de ser modificado y mejorado, siempre que se considere necesario. Por ello, en su última reunión en Catania en 2003, las Partes Contratantes pidieron a la Secretaría que empezara a elaborar un Protocolo adicional relativo a la Gestión Integrada de las Zonas Costeras.

## 10.2 Cooperación de la UE con países asociados del Mediterráneo

La Asociación Euromediterránea (AEM) se creó en 1995 como un medio para estrechar las relaciones entre la Unión Europea y sus países asociados en el Mediterráneo meridional y oriental. En Helsinki, en 1997, los Ministros de Medio Ambiente euromediterráneos aprobaron una Declaración por la que se establecía el «Programa de Acciones Medioambientales Prioritarias a Corto y Medio Plazo» (*Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme*, SMAP). Su finalidad era ser la herramienta práctica para la aplicación de la política adoptada por los socios euromediterráneos en materia de medio ambiente. Además, debería proporcionar financiación a los proyectos provenientes del Programa Regional de Medio Ambiente del instrumento de financiación MEDA. En 2002, los Ministros de Medio Ambiente euromediterráneos reiteraron su compromiso con el SMAP al aprobar la Declaración de Atenas. Dicha declaración hacía especial hincapié en la importancia de garantizar las sinergias entre el SMAP y otras iniciativas regionales relacionadas con el medio ambiente. La financiación MEDA para el medio ambiente regional a través de tres programas SMAP sucesivos ha ascendido en total a cerca de 50 millones de euros en los últimos 10 años. MEDA ha proporcionado también una financiación considerable a proyectos regionales en el sector específico del agua.

Además del componente regional, la UE ha celebrado acuerdos bilaterales de asociación con la mayoría de sus países asociados en el marco de las AEM. Estos acuerdos han sentado las bases para una cooperación dirigida a atender las necesidades individuales y las condiciones de cada país. Por medio de estos acuerdos, la UE y sus países asociados acuerdan trabajar para conseguir una armonización legislativa y la cooperación en numerosos ámbitos, entre otros el del medio ambiente. En la actualidad, esos acuerdos están ya vigentes en Marruecos, Túnez, Egipto, Jordania, Israel, Autoridad Palestina y Líbano. Los acuerdos con Argelia y Siria están a punto de firmarse. Al tiempo que estos acuerdos de asociación entran en vigor, se están creando subcomités específicos para promover el diálogo político bilateral sobre medio ambiente.

En términos de financiación bilateral en el marco de la AEM, el 80% del presupuesto total de MEDA se destina a programas nacionales. Desde que se introdujo por primera vez el instrumento MEDA, se han financiado numerosos proyectos de medio ambiente, incluidas las ayudas concedidas para subvencionar los intereses de los créditos del BIE para crear infraestructuras medioambientales. Pero lamentablemente, el medio ambiente no ha sido considerado por todos los países una cuestión prioritaria en la ejecución de estos programas nacionales.

Como resultado de la Conferencia Extraordinaria del X Aniversario de la AEM celebrada en Barcelona en noviembre de 2005, esta asociación se está reorientando para afrontar el futuro. Los primeros indicios apuntan a un creciente interés por el medio ambiente, incluyendo una iniciativa muy visible por «descontaminar el Mediterráneo de aquí a 2020».

La Política Europea de Vecindad (PEV) se ha lanzado con el objetivo de crear relaciones más estrechas con los países vecinos de la UE, basadas en unos valores compartidos y en unos intereses comunes. Dicha política utiliza los instrumentos y marcos existentes, como los acuerdos de asociación que se han celebrado con la mayoría de los países vecinos meridionales en torno al mar Mediterráneo. Como principal herramienta operativa, la PEV utiliza planes de acción acordados conjuntamente, que abarcan numerosos ámbitos de la política, entre otros el del medio ambiente.

### 10.3 Análisis de los problemas ambientales y sus correspondientes instrumentos jurídicos y de política

En esta sección se examinan las medidas de carácter político adoptadas para afrontar los principales problemas percibidos y las cuestiones identificadas en el Mediterráneo:

- A. La contaminación abarca actividades tan diversas como las actividades terrestres, el transporte marítimo y la explotación del lecho marino.
- B. Conservación de la biodiversidad
- C. Explotación sostenible de los recursos pesqueros.

Se presentan las medidas de carácter político adoptadas a escala regional, internacional y europea para cada uno de los tres tipos de problemas anteriores, aunque también se consideran algunos enfoques subregionales.

#### 10.3.1 Contaminación

##### *Acuerdos regionales e instrumentos políticos*

- El PAE/MED: Programa de acción estratégico en el Mediterráneo para la aplicación del Protocolo relativo a las fuentes de contaminación de origen terrestre del Convenio de Barcelona.

El PAE/MED, aprobado en 1997, es una iniciativa del PAM/MEDPOL orientada a la acción que identifica las categorías prioritarias de sustancias y actividades que deben eliminarse o controlarse en los países mediterráneos. El calendario para la adopción de medidas de control e intervenciones específicas abarca 25 años.

Las principales actividades terrestres que se contemplan en el PAE/MED están vinculadas al medio urbano (sobre todo al tratamiento y vertido de

aguas residuales urbanas, la eliminación de residuos sólidos urbanos y las actividades que contribuyen a la contaminación atmosférica desde fuentes móviles) y a las actividades industriales. Estas actividades se centran en los responsables de la emisión de sustancias tóxicas persistentes y bioacumulativas (TPB) al medio ambiente marino. Se presta especial atención a los contaminantes orgánicos persistentes (COP). Se consideran también la emisión al medio ambiente marino de concentraciones nocivas de nutrientes, el almacenamiento, el transporte y la eliminación de residuos radiactivos y peligrosos, así como las actividades que contribuyen a la destrucción del litoral y de los hábitat costeros.

- Directiva Marco del Agua (DMA) de la UE

A escala comunitaria, el instrumento jurídico creado para salvaguardar el estado ecológico de las aguas frente a las fuentes de contaminación de origen terrestre y a las difusas es la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE). Su finalidad es integrar una serie de directivas ya existentes y así combatir la contaminación de las aguas con un solo instrumento legislativo. Puede considerarse que si los países mediterráneos de la UE cumplen sus obligaciones según establece la DMA, habrán cumplido también sus obligaciones generales en el marco del PAE/MED. Tanto el PAE/MED como la DMA en su «Estrategia contra la contaminación del agua», establecen una lista de sustancias prioritarias a las que tienen que aplicarse las normas de calidad del agua y los controles de emisiones. Dentro de un plazo de tiempo razonable, se prohibirán o retirarán gradualmente los vertidos, emisiones y fugas de algunas de estas sustancias prioritarias. En general, se trata de sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulativas, y su retirada gradual está prevista como muy tarde en torno al período 2025 (PAE)-2027 (DMA).

- Políticas relacionadas con la PAN.

Reconociendo la importancia de la Proliferación de Algas Nocivas, se han centrado en su estudio algunas actividades de investigación y vigilancia. El objetivo es proteger la salud pública, los recursos pesqueros, la estructura y función de los ecosistemas y la estética costera. Ahora bien, al no haberse establecido claramente los métodos, los criterios de evaluación y los niveles de acción para el control de toxinas, existen discrepancias entre los países de la UE. Para evitar estas discrepancias, la UE ha establecido una biblioteca comunitaria de referencia (BCR) que se ocupa de los problemas asociados a las toxinas por PAN en el pescado y coordina reuniones con representantes de los Laboratorios Nacionales de Referencia (LNR) de la UE y países asociados (CIEM). En 2002, la Comisión Europea adoptó la Decisión (2002/225/CE) relativa a los niveles máximos de determinadas biotoxinas en moluscos bivalvos, equinodermos, tunicados y gasterópodos marinos.

### Convenios internacionales e instrumentos de política

Los siguientes acuerdos multilaterales sobre medio ambiente (AMMA) interactúan con los acuerdos regionales e internacionales existentes para combatir la contaminación en el Mediterráneo. Estos acuerdos son especialmente importantes para reducir la contaminación de las sustancias tóxicas persistentes.

- El Convenio internacional para la prevención de la contaminación desde los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78).
- El Convenio de Estocolmo sobre los contaminantes orgánicos persistentes (COP).
- El Convenio de Basilea regula estrictamente los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos e impone obligaciones a sus partes para asegurar que dichos residuos y su eliminación se gestionen de una manera respetuosa con el medio ambiente cuando se transporten a través de fronteras nacionales.
- Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional
- Código internacional de conducta sobre la distribución y el uso de plaguicidas.

#### 10.3.2 Conservación de la biodiversidad

##### Acuerdos regionales e instrumentos de política

- El Protocolo sobre las Zonas Especialmente Protegidas (ZEP) y la Diversidad Biológica del Convenio de Barcelona.

El Protocolo sobre ZEP y biodiversidad contempla la creación de una lista de zonas de especial protección de importancia mediterránea (la lista ZEPIM). Esta lista puede incluir sitios «que tengan importancia para la conservación de los componentes de la diversidad biológica en el Mediterráneo; que contengan ecosistemas específicos de la región mediterránea o hábitat de especies en peligro de extinción; o que tengan una especial importancia científica, estética, cultural o educativa». En el Protocolo se especifican con detalle los procedimientos para establecer e incluir ZEPIM en la lista.

- El Programa de acción estratégico para la biodiversidad en la región mediterránea (PAE/BIO).

El Programa de acción estratégico para la biodiversidad (PAE/BIO) adoptado en 2003 establece un marco cuantificable de acciones para la aplicación del Protocolo sobre ZEP de 1995. El PAE/BIO evalúa el estado de la biodiversidad marina y costera, analiza los principales problemas que afectan a la misma e identifica medidas correctoras concretas a escala nacional y regional.

El objetivo básico de este Programa de acción estratégico es ser utilizado en el contexto del Protocolo ZEP para: (i) mejorar la gestión de las zonas marinas y costeras protegidas que ya existen y favorecer la creación de otras nuevas; (ii) facilitar la implantación de los PNA y las acciones prioritarias en el marco del PAE/BIO; (iii) promover la protección de especies y hábitat amenazados; (iv) contribuir a reforzar la legislación nacional relevante y la adquisición de capacidades nacionales e internacionales; (v) promover la mejora del conocimiento sobre la biodiversidad marina y costera; y (vi) contribuir a actividades de recaudación de fondos.

Otros convenios regionales, directivas y planes de acción para la protección de la biodiversidad en el mar Mediterráneo son:

- El Acuerdo sobre la conservación de los cetáceos del mar Negro, el mar Mediterráneo y la zona atlántica contigua (ACCOMBAS), firmado en 1996 como parte del Convenio de Bonn.
- El Convenio de Berna (relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa), vigente en todos los países europeos.
- El Plan de acción para la conservación de los cetáceos en el mar Mediterráneo.
- El Plan de acción para la gestión de la foca monje (*Monachus monachus*) mediterránea.
- El Plan de acción para la conservación de las tortugas marinas mediterráneas.
- El Plan de acción para la conservación de la vegetación marina en el mar Mediterráneo.

##### Legislación de la UE sobre biodiversidad

La legislación sobre zonas de especial protección ambiental en los Estados mediterráneos, que los miembros de la Unión Europea están obligados a cumplir, es la Directiva 92/43/CEE del Consejo Europeo relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la fauna y la flora silvestres. Su ámbito geográfico incluye las aguas continentales y los mares territoriales a lo largo de las costas de los cuatro países mediterráneos de la UE. La Directiva establece una red ecológica coherente de zonas de especial conservación llamada «Natura 2000». Esta red está compuesta por lugares que albergan los tipos de hábitat naturales de importancia comunitaria que figuran en el Anexo I y hábitat de las especies que figuran en el Anexo II (especies de fauna y flora silvestres de importancia comunitaria) cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación. Sin embargo, de conformidad con el apartado 1 del artículo 4 referente a las especies acuáticas que ocupan áreas extensas, esos lugares se propondrán sólo cuando exista una zona claramente identificable que represente los factores físicos y biológicos esenciales para su vida y reproducción.

### *Convenios internacionales*

- Convenio global para la protección de la diversidad biológica (CDB).
- Convenio sobre la conservación de especies migratorias de fauna silvestre (Convenio de Bonn, 1979).
- Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES).
- Convenio de Ramsar relativo a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas (1971).

### *10.3.3 Pesca – acuicultura*

#### *Políticas regionales y subregionales*

- Comisión General de Pesca del Mediterráneo (CGPM) de la FAO, cuya misión es adoptar medidas para la gestión de los recursos pesqueros a escala regional.

Más concretamente, su misión es promover el desarrollo, la conservación y la gestión de los recursos marinos vivos presentes en el Mediterráneo, el mar Negro y las aguas que los conectan, tanto en zonas bajo jurisdicción nacional como en alta mar. Para conseguir su objetivo, la CGPM puede, por una mayoría de dos tercios, adoptar recomendaciones sobre las medidas para la conservación y la gestión racional de los recursos marinos vivos.

Otros proyectos de la FAO a escala subregional en el Mediterráneo son ADRIAMED, que pretende favorecer la cooperación científica para promover una pesca responsable en el Adriático. COPEMED, de la FAO, es otro proyecto mediterráneo centrado en el asesoramiento, la asistencia técnica y la creación de redes de cooperación para facilitar la coordinación y apoyar la gestión de la pesca en el Mediterráneo. La zona de COPEMED abarca las subregiones occidental y central del Mediterráneo.

#### *Política Pesquera Común de la UE*

- La Política Pesquera Común (PPC) de la UE es el instrumento de la Unión Europea para la gestión de la pesca y la acuicultura.

La PPC, que se aplica desde 1983, se ha visto sometida recientemente (2002) a grandes cambios. Entre otros, en octubre de 2002 se adoptó un plan para asegurar la sostenibilidad de la pesca en el Mediterráneo. Las medidas previstas en el Plan de Acción son las siguientes:

- unificación de criterios para declarar zonas de protección de la pesca;
- uso del esfuerzo pesquero como instrumento principal para la gestión de la pesca;
- mejores técnicas de pesca para reducir el impacto adverso en las poblaciones y en el ecosistema marino;
- promoción de la cooperación internacional.

La UE cuenta con expertos dedicados exclusivamente a las relaciones internacionales en el ámbito de la pesca. Está capacitada para asumir compromisos internacionales frente a terceros países u organizaciones internacionales en asuntos relacionados con la pesca y la acuicultura. La Comisión Europea, en nombre de la UE, negocia acuerdos de pesca con terceros países y participa en una serie de organizaciones regionales de pesca (ORP).

#### *Convenios internacionales*

- El CICAA (Convenio internacional para la conservación del atún del Atlántico), vigente desde 1969, tiene como finalidad asegurar la explotación sostenible del atún del Atlántico y de otras especies similares al atún no sólo en el océano Atlántico, sino también en mares adyacentes, como el Mediterráneo.

Las Partes Contratantes del Convenio internacional para la conservación del atún del Atlántico son Marruecos, Libia, Croacia, Turquía, Túnez y la CE. Sobre la base de la investigación científica, el CICAA puede, a través de su Comisión Internacional, hacer recomendaciones dirigidas a asegurar las capturas máximas sostenibles. Estas recomendaciones, si no encuentran la oposición de una mayoría de Partes, son vinculantes para todas ellas, salvo para las que presenten objeciones formales.

#### *Marco político global*

- Código de conducta de la FAO para una pesca responsable.

Este Código, adoptado en 1995, establece los principios y las normas internacionales de conducta para unas prácticas responsables con vistas a asegurar la conservación, la gestión y el desarrollo efectivos de los recursos acuáticos vivos, con el debido respeto al ecosistema y a la biodiversidad.

# 11 Conclusiones

## 11.1 Principales resultados

La máxima prioridad de la gestión ambiental en la región es aplicar la legislación nacional e internacional en materia de medio ambiente. No obstante, el grado de cumplimiento es muy diferente en los distintos países mediterráneos, en función de sus condiciones socioeconómicas. Además de la aplicación y el cumplimiento de la legislación vigente, es cada vez más evidente la necesidad de aplicar un enfoque integral, basado en una aproximación ecosistémica, a la protección del medio ambiente mediterráneo, que actualmente soporta numerosas presiones que afectan a los hábitat costeros y marinos. Las cuestiones prioritarias son las siguientes:

- contaminación relacionada con la urbanización y las actividades industriales;
- explotación no sostenible de recursos de la pesca y la acuicultura;
- mecanismos reguladores insuficientes (principalmente por falta de cumplimiento de la legislación);
- falta de conocimiento y apreciación del valor biológico y cultural de los hábitat existentes.

En toda la cuenca mediterránea, la **urbanización de la costa** implica producción de residuos (aguas residuales no tratadas o poco tratadas y escurritía y sólidos urbanos), aumento de la demanda de agua y contaminación. En muchos casos, **la destrucción y alteración física de los hábitat** ha ocasionado la pérdida de biodiversidad y de los humedales, así como la degradación del medio ambiente, lo que supone una grave amenaza para muchas especies acuáticas.

La mayoría de las zonas costeras del Mediterráneo albergan industrias químicas y mineras que producen cantidades importantes de **residuos industriales** (metales pesados, sustancias peligrosas y contaminantes orgánicos persistentes, COP) que pueden llegar al mar Mediterráneo directa o indirectamente (a través de ríos y escurritías). Además, la acumulación de **sustancias químicas obsoletas** (como COP y plaguicidas) constituye una fuente importante de contaminantes para el medio ambiente marino. Por otra parte, el vertido de sólidos finos por parte de las plantas industriales del litoral tiene también un efecto adverso considerable en el ecosistema marino.

La **sobreexplotación de los recursos pesqueros** ha afectado a la cadena trófica marina y, en particular, la pesca con redes de arrastre ha afectado al ecosistema en hábitat sensibles, como los lechos de *Posidonia* y los corales profundos. Paralelamente, la excesiva

expansión del sector de la **acuicultura** se ha sumado a la degradación del medio ambiente marino y costero, como por ejemplo en Croacia y el sudeste de Turquía.

Los cambios climáticos, junto con el deterioro de los ecosistemas próximos a puertos y lagunas, han producido **cambios importantes en la biodiversidad** debido a la introducción y **establecimiento de especies exóticas**. La contaminación por nutrientes (especialmente nitrógeno y fósforo) ha favorecido a algunas de las especies de algas marinas microscópicas introducidas, que son tóxicas, originando así las **proliferaciones de algas nocivas** y los problemas que ello conlleva.

Las cuestiones prioritarias en los países del Mediterráneo meridional y oriental son el tratamiento insuficiente de los residuos urbanos y el control de los productos químicos. Por el contrario, los países del norte redoblan sus esfuerzos para resolver los problemas que plantean el uso de productos químicos y su impacto en el medio ambiente. En general, en los países del Mediterráneo meridional, la falta de cumplimiento de la legislación dificulta la gestión adecuada de los aspectos medioambientales. Estos países carecen de los recursos técnicos, económicos y humanos necesarios para cumplir con la legislación nacional y regional (por ejemplo, sobre existencias de sustancias peligrosas).

En la región del Mediterráneo septentrional, la más industrializada y, en consecuencia, la que aporta más contaminantes al sistema, existen *a priori* los mecanismos de prevención necesarios, tecnologías correctoras y un marco legal adecuado. Falta, sin embargo, en estos países la voluntad política para aplicar la legislación ambiental. A pesar de todo, se mantiene la esperanza de que pueda llegar a controlarse en origen la contaminación industrial procedente de esta parte de la región. Por su parte, la zona meridional de la región mediterránea está creciendo a costa del medio ambiente, al no disponer ni de las condiciones económicas ni de las tecnologías necesarias.

Teniendo en cuenta las cuestiones de orden ambiental, político y socioeconómico identificadas en el informe, se hace evidente la necesidad de aplicar un enfoque integral a la protección del medio ambiente mediterráneo, basado en una aproximación ecosistémica. Los elementos básicos en la aplicación de ese concepto integral ya se han tenido en cuenta en los diferentes componentes del Plan de Acción para el Mediterráneo: evaluación y control de la contaminación, GIZC, medio ambiente y desarrollo, biodiversidad, indicadores de contaminación marina,

ECE, etc. Por ello, es preciso adaptar e integrar estos elementos desarrollando una aproximación ecosistémica apropiada.

### 11.2 Pasos necesarios para mejorar la gestión del medio ambiente

Para desarrollar un enfoque integrado para proteger mejor el medio ambiente mediterráneo basado en una aproximación ecosistémica se deben atender las siguientes necesidades:

- cubrir las lagunas actuales de conocimientos;
- mejorar los sistemas de vigilancia/evaluación, para poder así elaborar políticas bien fundadas;
- mejorar las prácticas de gestión;
- aumentar la capacidad socioeconómica para la gestión del medio ambiente;
- reforzar la gestión integrada de las zonas costeras (GIZC);
- descentralizar las medidas adoptadas teniendo en cuenta los contextos, las presiones, los impactos y las necesidades de cada país.

#### 11.2.1 Lagunas de conocimientos y trabajo necesario para el futuro

La definición de los problemas del medio ambiente marino del Mediterráneo y la identificación de lagunas es un requisito previo para poder desarrollar políticas fundamentadas. En este sentido, como ya se ha indicado, la región mediterránea presenta importantes lagunas de información sobre los niveles y cargas de contaminantes, cuestiones de interés transfronterizo, inventarios de ecosistemas específicos y puntos de alarma y cooperación regional. Aunque la información se obtiene de los informes de los Análisis Diagnósticos Nacionales, casi siempre procede de estudios de casos y programas de investigación, más que de programas exhaustivos de vigilancia nacional. En su conjunto, la información sobre el estado, las tendencias y las presiones del medio ambiente es más bien escasa en el Mediterráneo, si se compara con el mar del Norte y el mar Báltico. En particular, la información sobre el Mediterráneo meridional y oriental procede de programas de investigación fragmentados, poco coherentes y a veces poco fiables.

#### *Datos sobre cargas de contaminantes*

Los datos sobre la transferencia de cargas de contaminantes por interacción aire-mar no están siempre disponibles y cuando lo están, la cobertura espacial es muy heterogénea. Por ejemplo, se dispone de datos sobre sustancias peligrosas y nutrientes en aerosoles y agua de lluvia para el noroeste del Mediterráneo desde finales de los ochenta, mientras que en el sudoeste existe poca información.

Los datos sobre vertidos a los ríos son muy escasos. La mayoría de los ríos, por muy importantes que sean, no son objeto de una vigilancia adecuada para determinar las cargas de contaminantes orgánicos e inorgánicos que arrastran.

En cuanto a los vertidos urbano-industriales, la información disponible hasta la fecha son por un lado los resultados obtenidos mediante un programa de estimaciones basadas en factores de emisión, dentro del marco de la preparación de los ADN sobre los impactos de las fuentes de origen terrestre, y por otro la cantidad de emisiones nacionales de referencia procedentes de fuentes puntuales de origen terrestre. Esto implica la ausencia de datos sobre series temporales largas. No obstante, la obtención de datos sobre aportes desde fuentes puntuales se considera un avance de los países mediterráneos.

#### *Datos sobre aspectos relacionados con la biodiversidad: inventarios y vigilancia de los ecosistemas*

Para garantizar que se toman las mejores decisiones de gestión basadas en los mejores datos científicos disponibles, se tienen que evaluar los cambios en los procesos funcionales de un ecosistema en los planos físico, biológico y químico, utilizando distintos indicadores. Para ello se necesitan estudios de referencia y el archivo de los datos en forma de inventarios y bancos de datos. Los tipos de hábitat costeros más sensibles del Mediterráneo están definidos y parcialmente cartografiados (España, Francia, Italia y Grecia). Lo mismo podría hacerse para todos los países mediterráneos si se elaborara y acordara un protocolo para estudios de evaluación rápida. Basándose en los cambios observados en la distribución de los hábitat de una serie de «especies clave», se podrá identificar y cuantificar cualquier síntoma claro de degradación del medio ambiente. Están recibiendo una atención cada vez mayor las técnicas de evaluación rápida (por ejemplo, la evaluación ecológica rápida o de barrido lateral para determinar la diversidad de paisajes) y, en particular, los estudios específicos de las consideradas «especies clave» para la biodiversidad marina.

- Los países tendrán que acordar unos criterios o parámetros comunes para realizar evaluaciones que puedan ser comparables. Es esencial que se inicie el proceso para establecer unos criterios comunes para la interpretación de las definiciones normativas de los umbrales muy bueno/bueno y bueno/moderado. Esto no podrá conseguirse hasta que los países desarrollen sistemas de clasificación compatibles con los requisitos del Plan Azul, la AEMA, la ONUDI-ICS o la DMA.
- Por tanto, se recomienda el intercambio de datos entre países y el PNUMA/PAM para que puedan establecerse indicadores avanzados en línea con el trabajo desarrollado a escala europea. Estos

indicadores podrían seguir desarrollándose y modificándose a medida que se dispusiera de la información necesaria para facilitar la comparabilidad durante la transposición progresiva de la DMA.

El concepto de ecorregiones debe recibir una mayor atención, como se propone en la Estrategia marina de la UE, teniendo en cuenta que las ecorregiones de alto riesgo necesitarán normalmente una mayor atención para su conservación (siendo las zonas protegidas sólo una de las herramientas) y el mantenimiento de su biodiversidad. En este sentido, científicos y gestores deben sacar provecho de la metodología y los resultados de los programas internacionales aplicados en las subregiones. Este esfuerzo de integración, llevado a cabo por una red de equipos científicos interdisciplinarios, sería una excelente oportunidad de contribución desde la ciencia al proceso de gestión.

### 11.2.2 Prevención de la contaminación y mejores prácticas de gestión

La modificación y la destrucción de los hábitat marinos y costeros a causa de unas prácticas de desarrollo inadecuadas y de una mala gestión, amenazan la viabilidad del Mediterráneo como ecosistema. Ambos problemas tienen que ser debidamente abordados para establecer una estrategia de reducción de las presiones, especialmente las de carácter transfronterizo. La primera cuestión requiere sobre todo una combinación de prevención de la contaminación en origen y de mejora del tratamiento de las aguas residuales, mientras que la segunda requiere mejores prácticas de gestión.

#### Prevención de la contaminación

Las inversiones en tecnología podrían ayudar a reducir las presiones sobre el medio ambiente, así como a evitar determinados impactos. Cualquier acción clave recomendada para prevenir los vertidos urbanos e industriales directos a la costa debería pasar por la integración de los conceptos de producción limpia y prevención de la contaminación en la política ambiental nacional. La prevención de la contaminación<sup>(4)</sup> promueve una mejora continua por medio de cambios en los procedimientos y en las conductas, siendo dicha prevención una responsabilidad compartida por gobiernos, ciudadanos y la propia industria, así como por los sectores comerciales, institucionales y comunitarios.

En este contexto, el PNUMA podría actuar como catalizador para permitir una adecuada transferencia tecnológica en las condiciones socioeconómicas

imperantes, y evitar un mayor deterioro de la cuenca mediterránea por la industrialización de los países meridionales.

#### Mejores prácticas de gestión

En la región se hace evidente la necesidad de mejorar las prácticas de gestión. En este contexto, es necesario aplicar el concepto de ecosistema integrado, tal como recomienda la Estrategia marina de la UE, para proteger y recuperar los ecosistemas, además de para reforzar y mejorar la Gestión Integrada de las Zonas Costeras (GIZC; véase la sección 11.2.4). En ese sentido también debe promoverse la cooperación regional y multilateral con el fin de aumentar la eficacia de dicho concepto. La cooperación tiene una enorme importancia, sobre todo para los países meridionales de la región que se enfrentan a graves problemas en términos financieros, relacionados con las capacidades de gestión de la contaminación (véase también 11.2.3).

La creación de zonas marinas protegidas para fines de conservación es un paso en la mejora de las prácticas de gestión. Sin embargo, no siempre es suficiente como medida de reducción de impacto, puesto que muchos de los impactos se deben a presiones que no son necesariamente de origen local. La protección de la biodiversidad del Mediterráneo, tanto en términos de especies como de hábitat, no debe basarse en una serie de medidas adoptadas por separado para proteger determinadas especies o determinados hábitat. Se debe basar, por el contrario, en un concepto de ecosistema integrado.

La creación de un Consejo Consultivo Regional para el Mediterráneo<sup>(5)</sup> es un buen ejemplo de cooperación multilateral. El papel reforzado de todas las partes interesadas que se contempla en el CCR puede garantizar la creación y la aplicación de un nuevo marco legislativo orientado a una gestión más eficaz y sostenible de la pesca en la región. Además, en mayo de 2004, se creó en el Mediterráneo una nueva asociación, Medisamak<sup>(6)</sup>, en la que participan también países no pertenecientes a la UE y que pretende trabajar tanto con el CGPM como con la CICCA para aumentar la participación de las partes interesadas de acuerdo con la reciente decisión tomada por los Ministros de Pesca de los Estados mediterráneos para revitalizar el papel del CGPM y promover la cooperación multilateral.

Los Programas de gestión de las zonas costeras son también un buen ejemplo de mejora de las prácticas de gestión y de la cooperación regional. Constituyen iniciativas prácticas del PAM que duran una media de 3-4 años y tienen como finalidad la introducción de la

(4) La prevención de la contaminación se define como el uso de materiales, procesos o prácticas que reducen o eliminan la contaminación y los residuos en origen.

(5) Decisión 2004/585/CE del Consejo de 19 de julio de 2004 por la que se establecen Consejos Consultivos Regionales (CCR) en el marco de la Política Pesquera Común.

(6) En el marco del Plan de acción de la UE para una pesca sostenible en el Mediterráneo.

gestión integrada de las zonas costeras a escala local o nacional, así como el fortalecimiento institucional y la adquisición de capacidades en un esfuerzo por rehabilitar las zonas más afectadas por problemas medioambientales. En un sentido más general, constituye un reto importante para la región la mejora de las capacidades institucionales de los países mediterráneos para la gestión sostenible de su medio ambiente y su integración racional en las políticas de desarrollo.

### 11.2.3 Capacidad socioeconómica para la gestión del medio ambiente

Las condiciones socioeconómicas existentes en cada país determinan en gran manera su capacidad para aplicar e implantar una adecuada gestión ambiental, sobre todo para remediar el impacto de la contaminación urbana e industrial. La ayuda financiera canalizada a través de la cooperación regional y multilateral es esencial para mejorar las capacidades socioeconómicas, sobre todo en los países meridionales de Europa.

Es evidente que la implantación de los Planes Nacionales de Acción (PNA) para combatir las fuentes de contaminación de origen terrestre en el marco del Programa de Acción Estratégico (PAE), no puede tener lugar en las mismas condiciones en todos los países. Algunos países del Mediterráneo meridional, oriental y adriático se enfrentarían a importantes problemas económicos relacionados con sus capacidades de gestión de la contaminación y necesitarían, por tanto, cooperación externa. Las tecnologías de tratamiento que requieran inversión no podrán desarrollarse mientras no se integren económicamente en los costes de producción. Por otro lado, las tecnologías que se desarrollen para la gestión de los residuos urbanos y, sobre todo, de los residuos industriales deben generar una actividad económica local basada exclusivamente en la oferta y la demanda. Por tanto, los planes de acción nacionales y regionales deben considerar los siguientes aspectos:

- desarrollo de un enfoque sistémico para la gestión de la contaminación global, a escala nacional;
- ampliación de registros para cubrir los flujos de producción;
- la gestión racional desde una perspectiva ambiental de los residuos peligrosos de origen industrial.

Todos los convenios sobre medio ambiente han abordado el problema del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas por productores o usuarios de sustancias peligrosas. Sin embargo, estos convenios se han aplicado utilizando una pauta que no tiene en cuenta la estrecha interrelación existente entre el proceso de combatir la contaminación y las condiciones socioeconómicas de los distintos países.

Por tanto, es de gran importancia que en todos los países se promueva la adopción de un modelo integrado que incluya:

- la capacidad financiera;
- la capacidad tecnológica;
- la armonización de la legislación.

La Estrategia marina de la UE proporciona el marco necesario para promover esa cooperación reforzada entre los países del Mediterráneo septentrional y meridional por medio del Convenio de Barcelona. Con ese marco y, sobre todo, con su aplicación regional, se ha iniciado ya la cooperación para proteger el medio ambiente marino del Mediterráneo, teniendo en cuenta las diferentes capacidades socioeconómicas dentro de la región.

La Asociación Euromediterránea y la Política de Vecindad de la UE constituyen una buena base política, fundamental para el desarrollo de la necesaria cooperación multilateral. La Estrategia del Mediterráneo para el Desarrollo Sostenible (EMDS) pretende aumentar las sinergias entre los distintos organismos regionales, las Asociaciones Euromediterráneas y el PAM, además de promover la cooperación regional para facilitar la adquisición de capacidades y la movilización de fondos.

MEDPOL, por medio de la aplicación del PAE/PNA, sigue creando instrumentos y herramientas financieras nacionales para permitir a los países mediterráneos la puesta en práctica de sus PNA. En este sentido, se deben considerar las responsabilidades financieras norte/sur para una aplicación efectiva de los convenios sobre medio ambiente en los países meridionales.

### 11.2.4 Necesidades y futuras intervenciones para la gestión integrada de las zonas costeras (GIZC)

Para frenar las tendencias negativas causadas por las presiones antes mencionadas sobre el mar Mediterráneo, las intervenciones propuestas tienen que atender necesidades específicas como:

- armonizar y reforzar la implantación de la GIZC a escala regional, nacional y local;
- asegurar y mejorar la aplicación de la GIZC al enfrentar cuestiones transfronterizas;
- mejorar algunos componentes específicos de la GIZC (control de la urbanización y exposición a desastres naturales, incluidos los impactos del cambio climático);
- mejorar las capacidades humanas e institucionales para la ejecución de proyectos relacionados con cuestiones transfronterizas;

- asegurar la compatibilidad y coherencia de las relaciones externas, las obligaciones y las prioridades por medio de políticas como la Política Europea de Vecindad y el Proceso de Asociación Euromediterránea.
- asegurar la sostenibilidad de las medidas propuestas (sobre todo si se solicita ayuda económica).

Antes de describir la naturaleza de las intervenciones necesarias para la gestión de las zonas costeras o la formulación de propuestas de acción, se tiene que considerar y respetar lo siguiente:

- la necesidad de un enfoque realista, la formulación de propuestas viables aplicables a corto y medio plazo, pero permitiendo también otras iniciativas a más largo plazo y/o más extensas;
- contexto proactivo, que incluya los impactos y las cuestiones transfronterizas futuras o potenciales;
- armonización con las iniciativas pertinentes ya concluidas o en curso a todos los niveles;
- coherencia con los objetivos, las estrategias y los programas mundiales, nacionales, regionales y locales;
- los requisitos establecidos en: Agenda 21, MED Agenda 21, PAM, GPA, FMMA y programas de demostración de la UE;
- el requisito de que las actividades propuestas sean específicas, se orienten a los problemas y los objetivos, consideren criterios de valoración y resultados prácticos y traten de mitigar, controlar o prevenir las fuentes y las cuestiones transfronterizas actuales o futuras;
- adopción de un marco común de políticas generales o específicas para un determinado tipo de zona costera;
- obtención de apoyo político.

### 11.3 Necesidad de mecanismos reguladores adecuados

La máxima prioridad en la gestión ambiental de la región mediterránea es desarrollar y aplicar la legislación necesaria en materia de medio ambiente. Es importante que las políticas orientadas a la acción se basen en instrumentos jurídicos que tengan en cuenta los procesos regionales e internacionales y debe insistirse en que el éxito de su ejecución podría requerir la aplicación de otra serie de posibilidades.

La situación normativa de la región se corresponde con su estructura socioeconómica y política. La gestión de sustancias peligrosas en los Estados miembros de la UE y los países asociados está regulada por las directivas europeas, aunque el grado de cumplimiento varía en los siete Estados miembros mediterráneos de la UE y su inversión en prevención de la contaminación por sustancias peligrosas ha sido hasta ahora lenta. Por otra parte, los Estados que presentan niveles bajos de capacidad organizativa y economías débiles tienen serias dificultades para aumentar la protección del medio ambiente y atender sus compromisos internacionales.

La responsabilidad del control y la gestión de la contaminación a escala nacional se reparte entre distintas autoridades. La gestión de las aguas residuales urbanas y el control y la regulación de las sustancias peligrosas están descentralizados en muchos países de la región, lo que significa que muchas de las responsabilidades se han transferido a las administraciones provinciales o locales.

Otros países del Mediterráneo presentan un bajo nivel de compromiso con el cumplimiento de la legislación nacional y regional vigente, aunque hayan creado un marco legal e institucional nacional unificado para la aplicación de dicha legislación.

La ratificación de los protocolos sigue planteando un reto en la región. La mayoría de los acuerdos multilaterales que existen sobre el medio ambiente han sido ratificados por muy pocos países. Por ejemplo, ni el Convenio de Barcelona modificado ni ninguno de los Protocolos más recientes (incluidos los que se han revisado ya) han entrado en vigor, a pesar de haberse aprobado en 1995 y 1996.

# Siglas

---

ACCOBAMS:	Acuerdo sobre la conservación de los cetáceos en el mar Negro, el mar Mediterráneo y la zona atlántica contigua
ADN:	Análisis Diagnóstico Nacional
AEM:	Asociación Euromediterránea
AEMA:	Agencia Europea de Medio Ambiente BCR: Biblioteca comunitaria de referencia
AMMA:	Acuerdos multilaterales de medio ambiente
CDB:	Convenio sobre la diversidad biológica
CE:	Comisión Europea
CGPM:	Consejo General de Pesca del Mediterráneo
CICAA:	Convenio internacional sobre la conservación del atún del Atlántico (la Comisión Internacional tiene las mismas siglas)
CIEM:	Consejo Internacional para la Exploración del Mar CIESM: Comisión Internacional para la Exploración Científica del Mar Mediterráneo
CITES:	Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres
CNUDM:	Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar
CPMM:	Comité de Protección del Medio Marino
CTE/TMA:	Centro Temático Europeo/Medio Ambiente Terrestre
COI:	Comisión Oceanográfica Intergubernamental
COI-ANNA:	Comisión Oceanográfica Intergubernamental – Algas Nocivas en el Norte de África
COP:	Contaminantes orgánicos persistentes
DBO:	Demanda biológica de oxígeno
DQO:	Demanda química de oxígeno
DMA:	Directiva marco del agua
EDAR:	Estación Depuradora de Aguas Residuales
ENA:	Especies no autóctonas
HAP:	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
HCH:	Hexaclorociclohexanos

---

HCMR:	Centro Helénico para la Investigación Marina
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FMMA:	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
FOT:	Fuentes de origen terrestre
GIZC:	Gestión integrada de zonas costeras
IAM:	Intoxicación amnésica por marisco
IDM:	Intoxicación diarreica por marisco
IPM:	Intoxicación paralítica por marisco
LNR:	Laboratorios Nacionales de Referencia
MEDA:	Programa «Asistencia Mediterránea». Medidas financieras y técnicas para ayudar a los terceros países mediterráneos a reformar sus estructuras económicas y sociales.
NT:	Nivel trófico
OCDE:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMI:	Organización Marítima Internacional
ONUDI-ICS:	Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – Centro Internacional de Ciencia y Tecnología Avanzada
ORP:	Organizaciones Regionales de Pesca
PAN:	Proliferación de Algas Nocivas
PAE:	Plan de acción estratégico
PAE/BIO:	Programa de acción estratégico para la biodiversidad en la región mediterránea
PAE/MED:	Programa de acción estratégico en el Mediterráneo
PCB:	Policlorobifenilos
PEV:	Política Europea de Vecindad
PNA:	Plan Nacional de Acción
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUMA/PAM:	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Plan de Acción para el Mediterráneo
PNUMA/OMS:	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Organización Mundial de la Salud
PNUMA/RAC/SPA:	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Centro de Actividad Regional para las Zonas Especialmente Protegidas
PNUMA-WCMC:	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Centro Mundial de Vigilancia para la Conservación
PPC:	Política Pesquera Común
Proporción P/D:	Proporción pelágicos/demersales

## Siglas

---

PTP:	Proliferación de toxinas en el pescado
REMPEC:	Centro Regional de Respuesta ante Emergencias de Contaminación Marina en el Mediterráneo
SMAP:	Programa de acciones medioambientales a corto y medio plazo
STP:	Sustancias tóxicas persistentes
TDA:	Análisis Diagnóstico Transfronterizo
UICN:	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
ZEP:	Zonas de especial protección
ZEPIM:	Zonas especialmente protegidas de importancia mediterránea

# Bibliografía

- AEMA, 1999. State and pressures of the marine and coastal Mediterranean environment. E. Papathanassiou y G. P. Gabrielidis (Eds.). (<http://reports.eea.eu.int/ENVSERIES05/en/envissue05.pdf>). Edición española Ministerio de Medio Ambiente, 2001.
- AEMA, 2002 *Europe's biodiversity — biogeographical regions and seas*. Informe de temas medioambientales publicado por la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) Copenhague 2002. ([http://reports.eea.eu.int/report\\_2002\\_0524\\_154909/en](http://reports.eea.eu.int/report_2002_0524_154909/en)).
- AEMA, 2004a (WEC2c) Macrophytes (sea grasses) in marine coastal waters. [http://eea.eionet.eu.int/Members/irc/eionet-circle/etcwater/library?l=/work\\_packages\\_2001/integrated\\_assessment/contributions\\_reporting/water\\_indicator/publishedsversionsofsfac/wec2cs29marinesseagrass/\\_EN\\_1.0\\_](http://eea.eionet.eu.int/Members/irc/eionet-circle/etcwater/library?l=/work_packages_2001/integrated_assessment/contributions_reporting/water_indicator/publishedsversionsofsfac/wec2cs29marinesseagrass/_EN_1.0_).
- AEMA, 2004b. *Indicator fact sheet WH6s Hazardous substances in biota*. [http://eea.eionet.eu.int/Members/irc/eionet-circle/etcwater/library?l=/activities\\_2004/431\\_eea\\_indicators/update\\_indicators/candidate\\_indicators/hazardoussubstancesbiota/\\_EN\\_2.0](http://eea.eionet.eu.int/Members/irc/eionet-circle/etcwater/library?l=/activities_2004/431_eea_indicators/update_indicators/candidate_indicators/hazardoussubstancesbiota/_EN_2.0).
- Anderson, D.M., Andersen, P., Bricelj, V.M., *et al.* 2001. *Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters*, APEC #201- MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore y Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series n° 59, París.
- Aranda, A., 2004. Présence de l'Algue *Carlerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh (*Caulerpales, Ulvophyceae*) dans les côtes continentales de l'Espagne. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 37, pág. 478.
- Ardizzone, G.D., Tucci, P., Somaschini, A., *et al.* 2000. Is bottom trawling partly responsible for the regression of *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean Sea? En: *Effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socioeconomic issues*. (Kaiser M.J. y de Groot S.J. eds). Blackwell Science, Oxford, 399, págs. 37–46.
- Balss, H., 1927. Decapoda (con un apéndice sobre, Schizopoda de C. Zimmer). The fishery grounds near Alexandria. VII. *Fisheries Research Directorate Notes and Memoirs*, El Cairo, 15, págs. 1–67.
- Bello, G., Casavola, N. y Rizzi, E., 2004. Aliens and visitors in the Southern Adriatic Sea: effects of tropicalisation. En: *Rapport du 37ème Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. Prólogo del Congreso de la CIES, pág. 491.
- Ben Mustapha, K. y Abed, A. El., 2001. Données nouvelles sur des éléments du macrobenthos marine de Tunisie. En: *Rapport du 36ème Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. Prólogo del Congreso de la CIES, pág. 358.
- Bertrand, J.A., Gil De Sola, L., Papaconstantinou, C., *et al.* 2002. The general specifications of the MEDITS surveys. En: *Mediterranean Marine Demersal Resources: The MEDITS International Trawl Survey (1994–1999)*. *Scientia Marina*. 66 (Supl. 2), págs. 9–17.
- BIOMARE: Acción concertada de la CE. (<http://www.biomareweb.org>).
- Bordehore, C., Ramos-Esplá, A.A. y Riosmena-Rodríguez, R., 2003. Comparative study of two maerl beds with different otter trawling history, southeast Iberian Peninsula. *Aquatic Conservation: Marine & Freshwater Ecosystems*, 13, págs. 43–54.
- Borja, A., Franco, J. y Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40, págs. 1100–1114.
- Borja, Á., Muxika, I. y Franco, J., 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 46, págs. 835–845.
- Bosman, A., Chiocci, F.L., Romagnoli, C., *et al.* 2004. Fast evolution of a submarine volcanic flank experiencing a large-scale landslide: the case of Stromboli, Aeolian islands. En: *Rapport du 37e Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. Prólogo del Congreso de la CIES, pág. 10.
- Boudouresque, C-F., 1994. Les espèces introduites dans les eaux côtières d'Europe et de la Méditerranée: état de la question et conséquences. En: *Introduced species in coastal waters*. Boudouresque, C.F., Briand F. y Nolan, C. (eds), Luxemburgo: publicaciones de la Comisión Europea, págs. 8–27.
- Breithaupt, H., 2003. Aliens on the shores. Biodiversity and national economies are being threatened by the invasion of non-native species. *EMBO reports* vol. 4 n° 6 págs. 547–550.

- Cancemi, G., Falco, G.D. y Pergent, G., 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 56 (5–6), págs. 961–968.
- Carbonell, A., Martin, P., De Ranieri, *et al.* 1998. Discards of the western Mediterranean trawl fleets. En: *Rapport du 35ème Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. Prólogo del Congreso de la CIESM, págs. 292–293.
- Cinelli, F., Salghetti-Drioli, U. y Serena, F., 1984. Nota sull'areale di *Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston nell'Alto Tirreno. *Quadrati di Museo di Storia Naturale Livorno*, 5, págs. 57–60.
- Comisión Europea (CE), 2000. *The European dioxine emission inventory (Stage II)*. Informe final, Vol. 3, Quass, U., Fermann, U., Broker, G. (Agencia Estatal de medio Ambiente del Rin del Norte y Westfalia), pág.140.
- Comisión Europea (CE), 2005. Documento de trabajo del personal de la Comisión. Anejo de la Comunicación de la Comisión al Consejo y el Parlamento Europeos sobre Estrategia Comunitaria relativa al Mercurio, Evaluación de Impacto Ampliada COM(2005)20 final [http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/mercury/pdf/extended\\_impact\\_assessment.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/mercury/pdf/extended_impact_assessment.pdf).
- CTE/TMA, 2004. *On the Road to Sustainability CLC as a main tool — Spain*. Evento de presentación del CLC2000, Bruselas 17 noviembre 2004 presentación a cargo de D. Jiménez- Beltrán.
- D'Onghia, G., Carlucci, R., Maioran, P., *et al.* 2003. Discards from Deep-water Bottom Trawling in Eastern-Central Mediterranean Sea and Effects of Mesh Size Changes. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, Vol. 31, págs. 245–261.
- Danovaro, R., Gambi, C., Luna, G.M., *et al.* 2004. Unsustainable impact of mussel farming in the Adriatic Sea (Mediterranean Sea): evidence from biochemical, microbial and meiofaunal indicators. *Marine Pollution Bulletin*, 49 (4), págs. 325–333.
- De Leiva Moreno, J.I., Agostini, V.N., *et al.* 2000. Is the pelagic-demersal ratio from fishery landings a useful proxy for nutrient availability? A preliminary data exploration for the semi-enclosed seas around Europe. *ICES Journal of Marine Science*, 57, págs. 1090– 1102.
- Delgado, O., Ruiz, J., Perez, M., *et al.* 1999. Effects of fish farming on sea grass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: sea grass decline after organic loading cessation. *Oceanologica Acta*, 22 (1), págs. 109–117.
- Dimech, M., Borg, J.A. y Schembri, P.J., 2002. Changes in the structure of a *Posidonia oceanica* meadow and in the diversity of associated decapod, mollusc and echinoderm assemblages, resulting from inputs of waste from a marine fish farm (Malta, Central Mediterranean). *Bulletin of Marine Science*, 71, pág. (3).
- Dogan, A., 2004. Ecological Quality Assessment in Izmir Bay Using the Bentix Index. *Workshop on Marine Sciences & Biological Resources*, Univ. Tishreen, Lattakia Syria, 25–26 Mayo 2004.
- ECOHARM (<http://www.bom.hik.se/ECOHARM/results.html>).
- EMEP/MSC-W, 2000. *Effects of international shipping on European pollution levels*. Jonson, J.E, Tarasson, L. y J. Bartnicki (eds). The Norwegian Meteorological Institute Research report, 41, pág. 24.
- FAO FISHSTAT Plus (a), 2004a. [Http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp](http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp): GFCM (*Mediterranean and Black Sea*) capture production 1970– 2002: (acceso el 10 diciembre 2004).
- FAO FISHSTAT Plus, 2004b. [Http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp](http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp): *Aquaculture production: quantities: 1950–2002*: (acceso el 10 diciembre 2004).
- Fischler, F., 1999. *The future of aquaculture in Europe*. 3ª Conferencia Anual PESCA [http://europa.eu.int/comm/fisheries/news\\_corner/discours/speech1\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/fisheries/news_corner/discours/speech1_en.htm) (acceso el 3 diciembre 2004).
- Fishelson, L., 2000. Marine animal assemblages along the littoral of the Israeli Mediterranean seashore: The Red-Mediterranean Seas communities of species. *Italian Journal of Zoology*, 67(3), págs. 393–415.
- Fredj, G., Bellan-Santini, D. y Meinardi, M., 1992. Etat des connaissances sur la faune marine Méditerranéenne. *Bulletin de l'Institut Oceanographique*, Monaco, Numéro spécial 9, págs. 133–45.
- Galil, B. and Zenetos, A., 2002. A sea change — exotics in the Eastern Mediterranean Sea. En: *Invasive aquatic species in Europe. Distribution, impacts and management*. E. Leppakoski, *et al.* (eds), Dordrecht: Kluwer Academic publishers, págs. 325–336.
- Galil, B., Frogliá, C. y Noel, P., 2002. CIESM *Atlas of Exotic Species in the Mediterranean Volume 2: Crustacean Decapods and Stomatopods*. F. Briand (Ed), Monaco: CIESM Publishers.
- Garcés, E., M. Masó, Vila, M., *et al.* 2000. HABs events in the Mediterranean Sea: are they increasing? A case study of the last decade in the NW Mediterranean and the genus *Alexandrium*. *Harmful Algal News*, 20, págs. 1–11.

- Gianni, M., 2004. *Sea bed trawling, the greatest threat to deep-sea biodiversity*. [http://www.panda.org/about\\_wwf/what\\_we\\_do/marine/news/news.cfm?uNewsID=11081](http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/marine/news/news.cfm?uNewsID=11081) (acceso el 10 febrero, 2004).
- Gowen, R.J., Rosenthal, H., Makinen T., *et al.* 1990. *Environmental impacts and aquaculture activities. Aquaculture Europe-Business Joins Science*. N. Da Pauwand and R. Billard (eds) Publicación especial de E.A.S. N<sup>o</sup>. 12, Bélgica 1990, págs. 257–283.
- Hawkey, J. (ed.), 2003. *The EU-US Scientific Initiative on Harmful Algal Blooms*. Report from a Workshop Jointly Funded by the European Commission — Environment and Sustainable Development Programme and the U.S. National Science Foundation 5–8 septiembre 2002 — Trieste, Italia.
- HCMR, 2005. *Assessment of the trophic level and ecological quality status of Saronikos Gulf*. Ch. Zeri & I. Siokou-Frangou (eds), Hellenic Centre for Marine Research, Informe técnico, pág. 78 (en griego).
- IFEN, 1999. *L' Environnement en France*. Institut de l'Environnement, París. pág. 285.
- Ignatiades, L., 1998. The productive and optical status of the oligotrophic waters of the Southern Aegean Sea (Cretan Sea), Eastern Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 20, págs. 985–995.
- IUCN, 2004. *Mediterranean marine aquaculture and environment*. Identification of issues. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Barcelona, pág. 34.
- Izzo, G., 2001. *Monitoring of Mediterranean marine eutrophication: strategy, parameters and indicators*. Informe del PNUMA(DEC) (borrador) presentando en la reunión de revisión de MED-POL, Roma 5–7 diciembre 2001.
- Johnson, L.J. y Frid, C.L.J., 1995. The recovery of benthic communities along the County Durham coast after cessation of colliery spoil dumping, *Marine Pollution Bulletin*, 30, págs. 215–220.
- Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., *et al.* 2000. Impact of cage farming of fish on the sea bed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science*, 57, págs. 1462–1471.
- Katavic, I., and Anatolic, B., 1999. On the impact of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) cage farm on water quality and macrobenthic communities. *Acta Adriatica*. Vol 40 (2), págs. 19–32.
- Kocak, F, Ergen, Z. and Çinar, M.E., 1999. Fouling organisms and their developments in a polluted and an unpolluted marina in the Aegean Sea (Turkey). *Ophelia* 50, págs. 1–20.
- Kocataş, A., 1978. Distribution et évolution des peuplements benthiques du Golfe d'Ézmir (partie intérieure) soumis à des multiples pollutions. IV (es) Journées d'Etudes sur les Pollutions Marines. CIESM. Antalya, págs. 417–421.
- Koray, T., 2002. Toxic and Harmful Phytoplanktonic species in the Aegean (including Dardanelles) and Northeastern Mediterranean Coastline, *Workshop on Lessepsian Migration*, 20–21 julio 2002, Gokceada Turquía.
- La Rosa, T., Mirto, S, Mazzola, A, *et al.* 2004. Benthic microbial indicators of fish farm impact in a coastal area of the Tyrrhenian Sea. *Aquaculture*, 230 (1–4), págs. 153–167.
- Machias A, Vassilopoulou V., Vatsos, D., *et al.* 2001. Bottom trawl discards in the N.E. Mediterranean Sea. *Fisheries Research*. 53, págs. 181–195.
- Machias, A., Karakassis, I., Labropoulou, M., *et al.* 2004. Changes in wild fish assemblages after the establishment of a fish farming zone in an oligotrophic marine ecosystem. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 60 (4), págs. 771–779.
- McDougall, N. y Black, K.D., 1999. Determining sediment properties around a marine cage farm using acoustic ground discrimination: RoxAnnTM. *Aquaculture Research*, 30, págs. 451–458.
- MEDITS International Trawl Survey (1994–1999). *Scientia Marina*. 66 (Supl. 2), págs. 39–54.
- Meinesz, A., Javel, F., Cottalorda, J. M., *et al.* 2003 — *Suivi de l'invasion des algues tropicales Caulerpa taxifolia and Caulerpa racemosa en Méditerranée: situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 décembre 2002*. Laboratoire Environnement Marin Littoral — Université de Nice Sophia-Antipolis, LEML publisher, pág. 115.
- Mienis, H.K., 1999. *Strombus persicus on the fishmarket of Yafó, Israel*. De Kreukel 35(7), pág. 112.
- Migeon, S., Sultan, N., Sardou, O., *et al.* 2004. The Var turbiditic system: Sediment supplies, slope instabilities and mass wasting. En: *Rapport du 37e Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. CIESM Congress Proceedings, pág. 58.
- Ministerio de Medio Ambiente de Malta, 2001. *Environment and sustainable development in Malta*, pág. 25. Oficina Nacional de Estadística de Malta, 2002. *Environment Statistics*, pág. 70.
- National Action Plan France*, 2005. PNUMA/PAM, pág. 109.

- National Diagnostic Analysis Albania*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 44.
- National Diagnostic Analysis Algeria*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 114.
- National Diagnostic Analysis Bosnia and Herzegovina*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 72.
- National Diagnostic Analysis Croatia*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 86.
- National Diagnostic Analysis Cyprus*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 67.
- National Diagnostic Analysis Egypt*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 48.
- National Diagnostic Analysis Greece*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 64.
- National Diagnostic Analysis Israel*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 85.
- National Diagnostic Analysis Lebanon*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 127.
- National Diagnostic Analysis Libya*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 91.
- National Diagnostic Analysis Morocco*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 73.
- National Diagnostic Analysis Serbia and Montenegro* 2004. PNUMA/PAM, pág. 13.
- National Diagnostic Analysis Slovenia*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 50.
- National Diagnostic Analysis Syria*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 37.
- National Diagnostic Analysis Tunisia*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 31.
- National Diagnostic Analysis Turkey*, 2003. PNUMA/PAM, pág. 67.
- Occhipinti Ambrogio, A. 2002. Current Status of Aquatic Introductions in Italy. En: *Invasive aquatic species of Europe – distribution, impact and management*. Leppäkoski, E., Gollasch and S. Olenin (eds). Dordrecht, Boston, Londres. Kluwer Academic Publishers, págs. 311–324.
- OCDE, 2002. *Studies of environmental performance: Italy*, pág. 270.
- Pauly D., Christensen, V., Dalsgaard, J., et al. 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279, págs. 860–863.
- Pavlakakis P., Tarchi D. y Sieber A. J., 2001. On the monitoring of illicit vessel discharges using spaceborne SAR remote sensing — A reconnaissance study in the Mediterranean Sea. *Annals of Telecommunications*, 56, (11/12), págs. 700–718.
- Perez, T., Garrabou, J., Sartoretto S., et al. 2000. Mortalidad masiva d'invertebrados marinos: un evento sin precedente en el Mediterraneo norte-occidental. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. Paris, Sciences de la Vie, 323, págs. 853–865.
- Pergent, G., Mendez, S., Pergent-Martini, C., et al. 1999. Preliminary data on the impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean. *Oceanologica Acta*, 22 (1), págs. 95–107.
- Piazzini, L. y colaboradores (en prensa). 'Invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (*Caulerpales*, *Chlorophyta*) in the Mediterranean Sea: an assessment of the spread.'
- PNUMA Productos Químicos 2002. *Mediterranean Regional Report. Regionally based assessment of persistent toxic substances*, pág. 148.
- PNUMA-WCMC, 2004. *Mediterranean Interactive Map Services: Tanker spills*: <http://nene.unep-wcmc.org/imaps/ipieca/Mediterranean/viewer.htm>.
- PNUMA, Plan Bleu, 2001. Les fascicules du Plan Bleu: *La Démographie en Méditerranée*. Economica, pág. 249
- PNUMA/PAM, 2003a. *Riverine transport of water, sediments and pollutants to the Mediterranean Sea*. Serie de Informes Técnicos del PAM N° 141, pág. 111.
- PNUMA/PAM, 2003b. *Concept Paper on Mediterranean Marine Pollution Indicators*. (PNUMA(DEC)/MED WG.231/17).
- PNUMA/PAM, 2003c. *Guidelines for the development of Ecological Status and Stress Reduction Indicators*. (PNUMA(DEC)/MED WG.231/18).
- PNUMA/PAM, 2004a. MED POL, *Transboundary Diagnostic Analysis (T.D.A.) for The Mediterranean Sea*, Atenas 2004. pág. 318.
- PNUMA/PAM, 2004b. *Marine pollution indicators Fact sheets*. Document PNUMA(DEC)/MEDWG.264/Inf.14.
- PNUMA/PAM, 2005. Expert meeting on Marine Pollution Indicators (MPIs) PNUMA, Atenas, Grecia, 4–5 abril 2005.

- PNUMA/PAM/MEDPOL, 2004. *Mariculture in the Mediterranean*. Serie de Informes Técnicos del PAM N° 140. PNUMA/PAM, Atenas. pág. 80.
- PNUMA/PAM/MEDPOL/OMS, 2004. *Municipal wastewater treatment plants in Mediterranean cities (II)*. Serie de Informes Técnicos del PAM N° 157, pág. 81.
- PNUMA/PAM/OMS, 1999. *Identification of priority pollution hot spots and sensitive areas in the Mediterranean*. Serie de Informes Técnicos del PAM N° 124, pág. 86.
- PNUMA/OMS, 2003. Second Report on the pollution hot spots in the Mediterranean-Part II-Revised Country Reports. *Meeting of the MED POL National Coordinators*, Sangemini Italia, 27–30 mayo 2003. PNUMA(DEC)MED WG.231/5b.
- PNUMA-RAC/SPA, 2003. *Effects of fishing practices in the Mediterranean Sea. Impact on marine sensitive habitats, and species, technical solution and recommendations*. (eds S. Tudela, J. Sacchi). RAC/SPA — Centro de Actividad Regional para Áreas Especialmente Protegidas, Túnez, pág. 116.
- Principado de Mónaco, 1997. *Rapport National de la Principauté de Monaco à la session extraordinaire de l'Assemblée Générale des Nations Unies*, Rio + 5, pág. 87.
- Proyecto BIOMEJIMED. 'Microcontaminants Biodisponibility, Temporal trends and associated biological effects in the Mediterranean Spanish Coast using mussels (*Mytilus spp*) as indicator'. Instituto Español de Oceanografía. ([http://www.ieo.es/proyectos/medio\\_marino5\\_2004.htm#BIOMEJIMED3](http://www.ieo.es/proyectos/medio_marino5_2004.htm#BIOMEJIMED3)).
- Proyecto CYCLOPS. (EU — DG XII, EVK3 — CT99 — 0009): *CYCLing Of Phosphorus in the Mediterranean*. <http://earth.leeds.ac.uk/cyclops/index.html>
- Reale, B., Sbrana M. y De Ranieri, S., 1995. Population dynamics of *Merluccius merluccius* exploited by two different trawl nets in the northern Tyrrhenian Sea. En: *Rapport du 34e Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. CIESM Congress Proceedings, pág. 254.
- REMPEC, 2001. Records and statistics on oil spill alerts and accidents. <http://www.rempec.org/>.
- REMPEC. 2003 <http://www.rempec.org/>.
- Rinaldi, E., 1985. Alcuni dati significativi sulla proliferazione di *Scapharca inaequivalvis* (Bruguière, 1789) in Adriatico lungo la costa Romagnola. *Bollettino Malacologico*, 21(1–4), págs. 41–42.
- Ruiz, J.M. y Marta, P., 2001. Effects of Fish Farm Loadings on Sea grass (*Posidonia oceanica*) Distribution, Growth and Photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (9) págs. 749–760.
- Sartor, P., Sbrana, M., Ungaro, N., et al. 2002. Distribution and abundance of *Citharus linguatula*, *Lepidorhombus boscii* and *Solea vulgaris* (Osteichthyes: Pleuronectiformes) in the Mediterranean Sea. En: *Mediterranean Marine Demersal Resources: The MEDITS International Trawl Survey (1994–1999)*. *Scientia Marina*. 66 (Supl. 2), págs. 83–102.
- Sartor, P., Sbrana, M. y Reale, B., 2003. Impact of Deep Sea Trawl fishery on the Demersal Communities in the Northern Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 31, págs. 275–284.
- Simboura, N. y Zenetos, A., 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottoms marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*. 3/2, págs. 77–111.
- Smayda, T., 1990. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: Evidence for a global epidemic. En: *Toxic Marine Phytoplankton*, editado por E. Graneli, B. Sundström, L. Edler y D.M. Anderson, Elsevier, Nueva York.
- Soloviev, S.L., Go, Ch.N., Kim, Kh.S. et al. 1997. *Tsunami in the Mediterranean Sea, 2000 B.C.–1991 A.D.*, Moscú, Comité Geofísico Nacional, (datos facilitados por O.N.Solovieva).
- Stephanou, D., 1997. Experience of offshore fish farming in Cyprus. En: Muir J. (ed.), Basurco B. (ed.). *Mediterranean offshore mariculture*. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2000. págs. 57–64: 2 gráficos. 3 tablas. 6 ref. Resúmenes (En, Fr). (Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 30). Advanced Course of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean on 'Mediterranean Offshore Mariculture', 1997/10/20–24, Zaragoza (España).
- Stergiou, K.I. y Koulouris, M., 2000. Fishing down the marine food webs in the Hellenic seas, págs. 73–78. En: *Fishing down the Mediterranean food webs CIESM Workshop Series 12*, pág. 99.
- STRATEGY: <http://www.icm.csic.es/bio/projects/strategy>
- Streftaris, N., Zenetos, A. y Papatthanassiou, E., 2005. Globalisation in marine ecosystems — The story of non indigenous marine species across European Seas. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 43, págs. 421–455.
- Todd, E.C.D., 1993. Domoic Acid and Amnesic Shellfish Poisoning. A review. *Journal of Food Protection*, 56, págs. 69–86.

TRIBE, 1997. Trawling Impact on Benthic Ecosystems (TRIBE). (Ed. A. Zenetos) Informe final del contrato nº 095/014 de la DG XIV, Junio 1997, pág. 110 y anexos.

Tserpes, G., Fiorentino, F., Levi, D., *et al.* 2002. Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management En: Mediterranean Marine Demersal Resources: The

Vannucci, G. Pondrelli, S., Argnani, A., *et al.*, 2004. An Atlas of Mediterranean seismicity. *Annals of Geophysics*, 47 (1) Suplemento, págs. 247–306.

Vassilopoulou, V. y Papaconstantinou C., 1998. Discarding at sea by commercial trawlers in Hellenic waters. En: *Rapport du 35e Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée. CIESM Congress Proceedings*, págs. 502–503

Verlaque, M., 1989. Contribution à la flore des algues marines de la Méditerranée: espèces rares ou nouvelles pour les côtes françaises. *Botanica Marina*, 32 págs. 101–113.

Verlaque, M., 2001. Checklist of the macroalgae of Thau Lagoon (Herault, France) a hot spot of marine species introduction in Europe. *Oceanologica Acta* 17, págs. 1–23.

Verlaque, M., Afonso-Carrillo, J., Gil-Rodríguez, M.C., *et al.*, 2004. Blitzkrieg in a marine invasion: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) reaches the Canary Islands (north-east Atlantic). *Biological Invasions* 6(3), págs. 269–281.

Zago, C., Capodaglio, G., Ceradini, *et al.* 2000. Benthic fluxes of cadmium, lead, copper and nitrogen species in the northern Adriatic Sea in front of the *river Po outflow, Italy*. *The Science of Total Environment*, 246, págs. 121–137.

Zenetos A., Todorova V. y Alexandrov, A., 2003. 'Marine biodiversity changes in zoobenthos in the Mediterranean Sea' Ponencia invitada en: *Conference on Sustainable Development of the Mediterranean and Black Sea Environment*, Thessaloniki, 28–31/5/2003. (<http://www.iasonnet.gr/program/program.html>)

Zenetos, A. y Simboura, N., 2001. Soft bottom benthic indicators. En: *Rapport du 36e Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée. CIESM Congress Proceedings*, pág. 339.

Zibrowius, H., 1992. Ongoing Modification of the Mediterranean Marine Flora and Fauna by the Establishment of Exotic Species, *Mesogee* 51, págs. 83–107.



