

OK



MARES REGIONALES

GESAMP:

El estado del medio marino

Informes y estudios del Programa de Mares Regionales del PNUMA No. 115

Preparado en cooperación con



FAO



Unesco



OMS



OMM



OMI



OIEA

PNUMA 1990

Nota: Este documento ha sido preparado por el Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Contaminación de las Aguas del Mar (GESAMP) patrocinado por las Naciones Unidas, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización Marítima Internacional (OMI), y la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) bajo los proyectos FP/5101-82-01 y FP/5102-86-02.

Los términos utilizados y la presentación del material en este documento, no necesariamente coinciden con los de los organismos patrocinadores de GESAMP en cuanto a la situación jurídica de cualquier Estado o Territorio y en lo concerniente a sus fronteras o límites. El informe contiene puntos de vista expresados por los miembros que actúan a título personal; sus puntos de vista no necesariamente coinciden con los de los organismos patrocinadores.

Este documento ha sido publicado por el PNUMA bajo el título GESAMP (Grupo Mixto de Expertos OMI/FAO/Unesco/OMS/OIEA/NU/PNUMA/sobre los aspectos científicos de la contaminación de las aguas del mar), el estado del medio marino. Informes y Estudios, GESAMP No. 39: 111p.

Para fines bibliográficos este documento debe ser citado como sigue:

GESAMP: (Grupo Mixto de Expertos OMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/OIEA/Naciones Unidas/PNUMA sobre los Aspectos Científicos de la Contaminación de las Aguas del Mar), El Estado del Medio Marino. Informes y Estudios de Mares Regionales del PNUMA No. 115. PNUMA, 1990.



PNUMA

MARES REGIONALES

GESAMP:

El estado del medio marino

***Informes y estudios del Programa de
Mares Regionales del PNUMA No. 115***

Preparado en cooperación con



ONU



FAO



Unesco



OMS



OMM



OMI



OIEA

PNUMA 1990

PREFACIO

Si bien la propuesta de resumir el estado de la contaminación marina de los océanos mundiales data de hace mucho tiempo, la idea concreta de analizar la situación de los océanos surge del informe del Grupo de Trabajo sobre la investigación mundial de los océanos CAIRM/CCIO/OMS (Ponza y Roma, 29 de abril al 7 de mayo 1969).

El Grupo de trabajo mixto para la investigación mundial de la contaminación marina de CAIRM/CCIO/OMS/GESAMP (San Marco di Castellabate y Roma 11 al 18 de octubre de 1971) recogió esta propuesta.

El Plan de Acción adoptado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 5 al 16 de junio de 1972), recomendó a GESAMP recopilar datos y proporcionar asesoría científica sobre los problemas de la contaminación marina, especialmente los de naturaleza interdisciplinaria.

El Grupo coordinador internacional para la investigación mundial de la contaminación del medio marino de la COI, recomendó durante su primer período de sesiones (Londres, 2 al 6 de abril de 1973) que la COI apoye a un consultor en la elaboración de un informe sobre el estado de los océanos con los datos disponibles. Se designó al Prof. E.D. Goldberg, y la UNESCO publicó el informe en 1976. 1/

El quinto período de sesiones del Comité Intersecretarial sobre Programas Científicos relacionados con la Oceanografía (ICSPRO) recomendó "que se invite a GESAMP para asesorar a los organismos, y al PNUMA para que en consulta con otros organismos tome la iniciativa y elabore una solicitud detallada a GESAMP a fin de que estudie en profundidad los actuales y futuros métodos para el análisis y la evaluación continua y autorizada sobre el estado de los océanos". En virtud de la solicitud del PNUMA, la secretaría conjunta de GESAMP aprobó durante la reunión celebrada en Ginebra, en junio 4 y 5 de 1977, incluir entre los principales términos de referencia de GESAMP 2/ la preparación de un análisis periódico del estado del medio marino con referencia a su contaminación.

1/ Goldberg, E.D. (1976). The Health of the Oceans. UNESCO, Paris.

2/ El Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Contaminación del Mar GESAMP, es un órgano asesor de los directores de ocho organismos del sistema de las Naciones Unidas (ONU, PNUMA, FAO, Unesco, OMS, OMM, OMI, y OIEA).

El primer estudio del estado del medio marino de GESAMP, bajo la coordinación del Profesor Gunnar Kullenberg, se publicó en 1982 por UNESCO/ PNUMA. 3/

En 1985 el PNUMA inició, a través de GESAMP, la preparación del segundo estudio del estado del medio marino. Se estableció un Grupo de Trabajo (Apéndice A), bajo la presidencia del Profesor Alasdair McIntyre a fin de preparar un informe según las directrices globales de GESAMP. Este documento constituye dicho informe, y ha sido endosado en el 19 período de sesiones de GESAMP (Atenas, 8 al 12 de mayo de 1989, Apéndice B).

El informe está basado en 16 anexos técnicos (Apéndice C) elaborados por expertos a solicitud del presidente del Grupo de Trabajo. Si bien GESAMP asume la responsabilidad por el contenido de este informe, los anexos han sido endosados por el Grupo de Trabajo, y son responsabilidad de los autores. El PNUMA publicará por separado los anexos técnicos.

Además de hacer referencia a los anexos técnicos y otros informes de GESAMP (Apéndice D), este informe está apoyado también por la bibliografía general (Apéndice E).

El Grupo de Trabajo contó con la asistencia de 12 equipos de tareas paralelos pero independientes, patrocinados por el PNUMA, y próximamente se publicarán 12 estudios regionales sobre el estado del medio marino, en acuerdo con el esquema de este informe. El PNUMA publica los estudios regionales.

Las organizaciones patrocinadoras de GESAMP agradecen el trabajo del grupo preparatorio de este documento (Dr. Gwyneth Howells, Prof. Alasdair McIntyre y Dr. Francesco Sella) por la dedicación en la preparación de la versión final de este informe.

LISTA DE ABREVIACIONES

BPC	Bifenilos policlorados
CA	Capacidad ambiental
CETO	Conversión de energía termal oceánica
CFC	Clorofluorocarburos
CIEM	Consejo Internacional para la Exploración del Mar
COI	Comisión Oceanográfica Internacional
CLV	Convenio de Londres sobre Vertimientos
DDE	Dicloro difenildicloro etileno
DDT	Dicloro difeniltricloro etano
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEEP	Grupo de Expertos para el Estudio de los Contaminantes Ambientales
GESAMP	Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Contaminación del Mar
grt	Toneladas de registro bruto
Gt	Gigatonelada
HCB	Hexaclorobenceno
HCH	Hexaclorhexano
HPA	Hidrocarburos poliaromáticos
ICRP	Comisión Internacional para la Protección Radiológica
IDC	Intoxicación diarreica por crustáceos
IMDG	Código Internacional para el Transporte Marítimo de Productos Peligrosos
INSCEAR	Comité de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas
IPC	Intoxicación paralítica por crustáceos
MARPOL	Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación Proveniente de Buques
mSv	Millisievert
Mt	Megatonelada
NEU	Normas de emisión uniformes
OCA	Objetivo de capacidad ambiental
COI	Comisión Oceanográfica Internacional
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OILPOL	Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación Marina por Petróleo
OMI	Organización Marítima Internacional
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PBq	Petacquerel
ppb	Partes por billón
ppm	Partes por millón
PMIC	Programa Mundial de Investigaciones Climáticas
TBE	Tributilo de estaño
TOGA	Programa de Investigación Global de la Atmósfera y el Océano Tropical
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UV	Ultravioleta
WOCE	Proyecto para el Estudio de la Circulación Mundial de los Océanos

INDICE

	<u>Párrafo</u>
PREFACIO	i
LISTA DE ABREVIACIONES	iii
RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCION: OBJETIVOS Y AMBITO DEL ESTUDIO	4
I. ACTIVIDADES HUMANAS QUE AFECTAN AL MAR	5
A. EL DESARROLLO DE LAS ZONAS COSTERAS	5
B. VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	7
C. ELIMINACION DEL MATERIAL DE DRAGADO, DESECHOS INDUSTRIALES Y LODOS CLOACALES	9
1. Material de dragado y desechos de minería	9
2. Desechos industriales y lodos cloacales	10
3. Incineración en el mar	10
D. ELIMINACION DE RESIDUOS PLASTICOS	11
E. MANEJO DE LOS CICLOS HIDROLOGICOS	13
F. PRACTICAS DEL USO DE LA TIERRA	14
G. TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS	15
1. Hidrocarburos	15
2. Otras sustancias peligrosas	16
H. EXPLOTACION DE LOS RECURSOS MARINOS NO VIVOS	17
1. Hidrocarburos y gas	17
2. Otros minerales	18
3. Desarrollo de la energía oceánica	19
I. EXPLOTACION DE LOS RECURSOS MARINOS VIVOS	20
J. SITUACIONES EXTREMAS	23
1. Acontecimientos naturales	23
2. Accidentes	24
II. CONTAMINANTES MARINOS: NIVELES Y DISTRIBUCION	25
A. FLUJO Y TRANSPORTE	25
1. Descarga fluvial en el mar	25
2. Descarga atmosférica en el mar	26
3. Comparación entre la descarga atmosférica y fluvial	27

B. CONTAMINANTES DE MAYOR INTERES	27
1. Compuestos orgánicos sintéticos	27
2. Radionúclidos	29
3. Desechos de petróleo	32
C. CONCENTRACIONES EN AGUA, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS	33
1. Control de calidad y validación de los datos	33
2. Concentraciones en el agua	34
a. Aguas en alta mar	34
b. Aguas costeras	35
3. Concentraciones en sedimentos	36
4. Concentraciones en los organismos	37
5. Tendencias	38
6. Conclusiones	39
III. EFECTOS BIOLÓGICOS	40
A. EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA	40
1. Agentes microbianos	40
2. Contaminantes químicos	42
3. Biotoxinas acuáticas	42
4. Conclusiones	43
B. IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES	44
1. Metales traza	44
2. Hidrocarburos halogenados	45
3. Hidrocarburos del petróleo	46
4. Conclusiones	46
C. EUTROFICACION	47
D. EFECTOS ECOLÓGICOS	49
1. Consideraciones generales	49
2. Estudios de caso	51
a. Cambios de población	51
b. Efectos de las temperaturas	52
c. Cambios en los arrecifes de coral	52
d. Reducción de los mamíferos marinos	52
e. Enfermedades piscícolas	53
f. Aves marinas encalladas	53
E. RECUPERACION DE ESPECIES Y ECOSISTEMAS ALTERADOS	53
F. CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS BIOLÓGICOS	55
IV. EFECTOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS	57
A. CONSIDERACIONES GENERALES	57

B. TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DEL MAR	59
C. AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR	59
D. IMPACTOS AMBIENTALES	60
V. PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN MARINA	60
A. CONCEPTOS BÁSICOS	60
B. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL	62
1. Objetivos de calidad ambiental (OCA)	62
2. Normas de emisión uniformes (NEU)	62
3. La mejor opción ambiental	62
4. Protección ambiental preventiva	62
C. ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA REDUCCIÓN Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	63
D. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS	63
E. EVOLUCIÓN DE LOS CONTROLES INTERNACIONALES CONTRA LA CONTAMINACIÓN MARINA	64
1. Introducción	64
2. El Derecho del Mar	65
3. Control de las fuentes de origen marino	66
4. Control de las fuentes de origen terrestre	67
5. Control de las fuentes atmosféricas	67
6. Efectividad de las medidas de control y prevención	68
F. CONCLUSIONES	68
VI. RESUMEN	70
A. ZONAS COSTERAS Y MARES EPICONTINENTALES	70
1. Desarrollo de zonas costeras e internas	70
2. Eutroficación	71
3. Contaminación de aguas de alcantarillado	71
4. Plástico y otros residuos	72
5. Contaminantes químicos	72
6. Petróleo	73
7. Radiactividad	73
8. Explotación de los recursos marinos	73
B. EL OCEANO ABIERTO	74
C. PROBLEMAS A MÁS LARGO PLAZO	75
D. PREVENCIÓN Y CONTROL	76

ANEXOS

A. GRUPO DE TRABAJO SOBRE EL ESTADO DEL MEDIO MARINO	78
B. GRUPO DE EXPERTOS SOBRE LOS ASPECTOS CIENTIFICOS DE LA CONTAMINACION MARINA	81
C. ANEXOS AL INFORME	85
D. INFORMES DE GESAMP	86
E. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	87

RESUMEN EJECUTIVO

1. En 1989 encontramos la huella del hombre en todos los océanos. La contaminación química y los desechos se extienden desde los polos hasta los trópicos, desde las playas hasta las profundidades abisales. No obstante, el estado del medio marino es muy variado.

2. El mar abierto se mantiene relativamente limpio. Los bajos niveles de plomo, compuestos orgánicos sintéticos y radionúclidos artificiales, si bien fácilmente detectables, son biológicamente insignificantes. Las manchas de petróleo y la basura son comunes en todos los mares, pero con sólo leves consecuencias para las comunidades de organismos vivos en las aguas oceánicas.

3. Por el contrario, las actividades del hombre están afectando prácticamente todas las riberas marinas y las zonas costeras a nivel mundial. La construcción de puertos e instalaciones industriales, el desarrollo de servicios turísticos y la maricultura, y el crecimiento de los asentamientos y ciudades producen la pérdida irremediable de los habitats. Si bien difícil de cuantificar, es notorio en todo el mundo la destrucción de las playas, de los arrecifes de coral y las zonas pantanosas, incluyendo los manglares, y la creciente erosión del litoral. De no controlarse esta situación, se deteriorará la calidad y productividad del medio marino a nivel mundial.

4. La creciente explotación de las costas refleja la explosión demográfica, el aumento de la urbanización y la mayor afluencia y rapidez del transporte, tendencias que indudablemente continuarán a nivel mundial. Controlar las actividades costeras y proteger los habitats demandará cambios en la planificación tanto en las zonas terrestres como costeras, con opciones políticas y sociales frecuentemente difíciles.

5. La diversidad de actividades terrestres contribuye a la contaminación marina, ya sea en forma directa o indirecta por el transporte en los cursos fluviales y la atmósfera de los contaminantes; mientras que la contaminación de origen marino es muy limitada. Sólo una pequeña porción de estos contaminantes se propaga más allá de los límites de la plataforma continental. La mayor parte permanece en las aguas costeras, habiendo alcanzado niveles importantes en ciertas zonas especialmente con poca circulación de agua. Este estudio resume nuestra opinión en cuanto al actual orden de importancia.

6. Aumenta el porcentaje de aporte de nutrientes, especialmente de nitratos, y ocasionalmente de fosfatos, y las zonas de eutroficación se extienden conjuntamente con una mayor frecuencia y magnitud de floración inusual de plancton y un excesivo crecimiento de algas marinas. Las dos principales fuentes de nutrientes en las aguas costeras son la eliminación del lodo cloacal y la escorrentía de campos agrícolas fertilizados y de la ganadería extensiva. El alcance de los daños varía según la zona, las condiciones del lugar y la carga de nutrientes. La contaminación por nutrientes es costosa en cuanto a la pérdida de recursos y resulta difícil una acción reparadora efectiva. Se requieren importantes inversiones en plantas de tratamiento y eliminación de lodos cloacales y efluentes, y cambios sustanciales en las prácticas agrícolas. Asimismo es difícil vincular las descargas con las floraciones, no resulta clara la relación cuantitativa entre el aporte de nutriente y la eutroficación, y se confunde la función que desempeñan otros factores ecológicos y las variaciones del clima.

7. La contaminación microbiana del lodo cloacal puede producir muchas enfermedades humanas, incluyendo el cólera y la hepatitis A. El control requiere un adecuado diseño y localización del vertimiento, conjuntamente con una rigurosa vigilancia de los bancos de crustáceos y sus productos de mercadeo, y la prohibición a tiempo del consumo de alimentos contaminados. La contaminación marina microbiana también produce importantes epidemias de enfermedades gastro-intestinales en zonas mal protegidas y playas sumamente pobladas, y se estima que es la causa de infecciones respiratorias, de oídos y cutáneas entre los bañistas.

8. La eliminación accidental de material plástico de fuentes terrestres y marinas ensucia las playas y perjudica seriamente la vida silvestre marina, especialmente los mamíferos, las aves piscívoras y reptiles, que sufren daños por la ingestión de fragmentos plásticos o al ser atrapados en los equipos de pesca o material plástico para embalaje. La obligatoriedad de la actual reglamentación tanto en zonas terrestres como marinas, y una mayor educación del público, reduciría considerablemente la cantidad de

desechos plásticos. Mejores diseños y uso del material plástico en las actividades de pesca y empaque disminuirían los riesgos para los organismos marinos.

9. Si bien todavía se encuentran altos niveles de los compuestos orgánicos sintéticos de mayor importancia, es decir los hidrocarburos clorados, en los sedimentos de las zonas costeras industriales y en el tejido graso en las focas por ejemplo, estos niveles se están reduciendo en ciertas zonas templadas del norte donde ya hace tiempo existe una reglamentación que limita su uso. Los actuales niveles no han producido extensos daños a la vida marina, excepto el deterioro de la reproducción en ciertos mamíferos y aves piscívoras. La contaminación estaría aumentando en las zonas tropicales y sub-tropicales por el continuo uso de plaguicidas clorados en la región. Dado que los hidrocarburos clorados persisten en los sedimentos, desde donde podrían introducirse nuevamente en otros ecosistemas, la vigilancia de los organismos y sedimentos debe ser continua. Las últimas investigaciones sobre la toxicidad del agente anti-incrustante TBE en una serie de especies, determinó que muchos países controlen su uso, un control que debería ampliarse a nivel mundial.

10. El petróleo es un contaminante sumamente visible. A pesar del impacto de los grandes vertimientos accidentales, son las bolas de alquitrán las que producen los mayores daños, que si bien son inocuas para los organismos marinos, llegan a contaminar las playas e interferir con las actividades recreativas, inclusive con consecuencias económicas importantes en las zonas turísticas. La presencia de hidrocarburos de petróleo en el agua marina, y especialmente en sedimentos, por el vertimiento accidental de petróleo, provoca serios problemas locales debido a que se acumulan en las zonas protegidas, y afecta los recursos recreativos y vivos, especialmente las aves. Si bien los daños no son irreversibles, la recuperación puede ser lenta.

11. Los oligoelementos, cadmio, plomo y mercurio, que se producen en el medio marino por causas naturales o por la actividad del hombre, no implican mayores problemas, excepto cuando los niveles son altos cerca de las fuentes de contaminación. Sin embargo, es necesario continuar analizando y vigilando estas descargas a fin de asegurar el cumplimiento de los actuales límites de tolerancia.

12. La contaminación radiactiva es motivo de aprensión en la población. Si bien los radionúclidos artificiales provenientes de una serie de fuentes, incluyendo instalaciones nucleares, deposición de los ensayos de armas y más recientemente del accidente de Chernobyl aumentaron los niveles naturales en el volumen de agua, este aumento tiene efectos insignificantes en el hombre y en otros organismos. Las descargas de efluentes radiactivos planificadas (ej. de plantas de reprocesamiento) están estrictamente reguladas y vigiladas, y las cantidades disminuyen.

13. A pesar de que los contaminantes más estudiados son los más fácilmente detectables en el mar, existe preocupación por las consecuencias subletales de las concentraciones muy bajas de sustancias tóxicas que podrían acumularse durante largos períodos de tiempo y provocar importantes daños en los ecosistemas. Se recomienda apoyar estudios especiales para analizar el problema.

14. La explotación de nuevas pesquerías ha aumentado la producción global de la pesca durante la última década, pero la combinación de una pesca excesiva y las fluctuaciones naturales de población han reducido el número de ciertas poblaciones y producido la inestabilidad de otras. Los agentes tóxicos y microbianos no han afectado seriamente a los recursos vivos, si bien algunas especies no son adecuadas para el consumo humano, sobre todo crustáceos en zonas encerradas. Sin embargo, continua la degradación de las zonas de reproducción en las riberas y aguas bajas, con los probables daños en los recursos marinos, silvestres y domésticos a nivel mundial. La explotación de los recursos marinos vivos podría llegar a degradar el medio, dañando los habitats y modificando la cadena de alimentos, mientras que la rápida expansión de la maricultura produce su propia contaminación local y la introducción de especies y enfermedades exóticas llegaría a perturbar el equilibrio ecológico.

15. Estos problemas permiten identificar medidas inmediatas. Existen otros problemas marinos adicionales que no pueden ser totalmente evaluados actualmente, tales como los efectos de los cambios en el clima, incluyendo la probable elevación del nivel del mar por el calentamiento mundial que producen los gases de invernadero, y el impacto del agotamiento de la capa de ozono, que permitiría una mayor exposición a la radiación ultravioleta y afectaría a los recursos marinos.

16. Una serie de acuerdos internacionales complementan las reglamentaciones nacionales para la protección de los mares. Estos se refieren especialmente a la contaminación proveniente de fuentes marinas y han desempeñado un papel importante para reducir la contaminación de los océanos, especialmente con referencia a los residuos de hidrocarburos. Sin embargo, queda mucho por hacer para controlar las fuentes de origen terrestre, los principales contaminantes del medio marino.

17. Para finalizar, a fines de la década de 1980, los principales problemas en lo que se refiere al medio marino a nivel mundial son las actividades de desarrollo en las zonas costeras y la concomitante pérdida de los habitats, la eutroficación, la contaminación microbiana de los alimentos marinos y de las playas, la contaminación marina con material plástico, la acumulación progresiva de hidrocarburos clorados, especialmente en los trópicos y subtrópicos, y la acumulación de alquitrán en las playas. Sin embargo, los problemas difieren según la región y reflejan la situación y las prioridades locales. Más aún, la opinión pública a nivel mundial podría asignarle mayor importancia a otros contaminantes tales como los radionúclidos, los oligoelementos y el petróleo. Estos temas se analizaron en el Informe de GESAMP de 1982, y se estudian nuevamente en este informe, si bien se consideran de menor importancia.

18. Si bien ninguna de las zonas oceánicas y sus principales recursos estarían afectadas por un daño irreparable y la mayor parte no está contaminada, y se perciben síntomas de una reducción de la contaminación en ciertas regiones, nos preocupa el hecho de que muy pocas decisiones se han adoptado para corregir o anticipar situaciones que requieren una acción inmediata. No se han estudiado suficientemente las consecuencias en el medio oceánico de las diversas actividades en las zonas costeras, y continúan las actividades en zonas terrestres independientemente de sus efectos en las regiones ribereñas. En vista del crecimiento demográfico continuo, es de temer un mayor deterioro del medio marino durante la próxima década a menos de que se adopten ya enérgicas medidas coordinadas a nivel nacional e internacional. Especialmente a nivel nacional, es esencial aplicar concertadamente medidas para reducir los desechos y conservar las materias primas. Será un gran esfuerzo con un alto costo, pero sería la única forma de asegurar la higiene continua del mar y el mantenimiento de sus recursos.

OBJETIVOS Y AMBITO DEL ESTUDIO

1. La necesidad de asegurar las condiciones generales de la salud de los océanos es ampliamente reconocida. Los más recientes informes sobre pesquerías de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, confirman el índice de la salud del medio marino con una cifra récord de pesca anual de 92.7 millones de toneladas en 1987, que probablemente alcance la cifra de 100 millones antes de fines de siglo. Sin embargo, esta producción está basada en la sobrecarga de los recursos disponibles, el aumento de las actividades pesqueras, el cambio hacia especies menos deseables y el deterioro de las zonas de reproducción cercanas a las costas.

2. Las zonas semicerradas presentan mayores señales de contaminación y se estima que todas las zonas costeras, incluyendo aquellas con buen flujo de agua, sufrirán un daño similar que afectará eventualmente a las aguas oceánicas. Una evaluación adecuada de la situación actual del medio marino deberá analizar todos los factores de presión en las aguas marinas mundiales, los cambios en la interpretación de la contaminación y la ecología marina y la consecuente nueva actitud hacia la calidad ambiental.

3. Si bien se ha establecido que las actividades del hombre provocan la contaminación marina, es evidente que no sólo se refiere a las operaciones directas en los océanos. En consecuencia, este informe procura identificar y estudiar las principales actividades humanas que afectan al medio marino, que incluyen una diversidad de operaciones a lo largo de las costas como también el manejo del ciclo hidrológico y las diversas prácticas del uso de la tierra en zonas continentales, incluyendo las actividades en el litoral, tales como la eliminación de desechos y el transporte marino y la explotación de los recursos marinos vivos y no vivos.

4. Dado que muchas de estas actividades están frecuentemente vinculadas con la producción de desechos químicos, el informe analiza posteriormente la concentración y distribución de los contaminantes químicos en el mar. Examina la validez de las mediciones anteriores, y destaca las dificultades para obtener datos confiables que permitan detectar cambios y reconocer las tendencias en tiempo y espacio a largo plazo. Subraya las insuficiencias en las bases de datos, especialmente en cuanto a la falta de información sobre los océanos y las zonas litorales en algunas regiones del mundo. Analiza la importancia de los niveles de contaminantes observados, especialmente de una serie de sustancias preocupantes, incluyendo los biocidas sintéticos, el material radiactivo y los desechos de hidrocarburos.

5. Se estudia el impacto biológico de las actividades del hombre, especialmente en cuanto a los efectos en la salud humana del vertimiento de aguas negras, y los cambios en los ecosistemas del litoral producidos por la descarga de nutrientes. Se documenta la creciente pérdida de los habitats naturales costeros a nivel mundial, con especial referencia a las tierras húmedas tales como los manglares, lechos de pastos marinos y los sensibles ecosistemas coralinos. Los problemas a largo plazo incluyen los posibles efectos difíciles de detectar de los niveles bajos pero persistentes de contaminación, como también los efectos del aumento de la descarga de rayos ultravioleta producidos por el agotamiento de la capa de ozono en la estratósfera, y las consecuencias del incremento de los gases de "invernadero", que producirán un aumento en el nivel del mar y cambiarán los patrones climáticos con efectos desconocidos en los ecosistemas marinos.

6. El crecimiento demográfico mundial, con poblaciones que prefieren asentarse en las zonas costeras y la consecuente industrialización, sólo agudizará los problemas en las márgenes marinas, evidentemente una situación que no se presenta en alta mar. Estos problemas surgen concordantemente con un aumento de la conciencia ambiental, y es importante tener una imagen amplia y equilibrada sobre los mejores medios para proteger el medio marino. Los estrechos vínculos entre los ámbitos terrestres, acuáticos y marinos requieren un estudio profundo de todas las opciones disponibles.

7. Paralelamente, es importante distinguir entre los problemas reales y los percibidos, y reconocer la diferencia entre la evaluación científica de un problema con la evaluación del público en general. Si bien la percepción del público por más intrascendente que parezca, debe ser seriamente considerada, especialmente en la acción política, los problemas deben explicarse racionalmente, asegurando la debida información pública sobre los últimos avances en el tema. Una solución factible y tal vez obligatoria en

un país industrializado puede verse de otra forma en el mundo en desarrollo.

8. Con base en estos antecedentes este informe analiza los mecanismos existentes para la protección del medio marino y el control de la contaminación. Hace referencia a los aspectos nacionales e internacionales y concluye con un resumen de los problemas marinos más importantes.

9. Han pasado casi diez años desde el primer informe de GESAMP sobre la salud de los océanos. Resulta importante señalar brevemente algunos de los cambios ocurridos durante este decenio. Mejoraron las técnicas analíticas, comenzaron a funcionar los satélites de observación para los estudios en gran escala, continuaron progresando las técnicas para controlar y reducir la contaminación, se adoptaron nuevas reglamentaciones y legislaciones, y se firmaron acuerdos internacionales sobre un amplio espectro de temas ambientales. Cambios importantes se llevaron a cabo en los patrones del uso de la energía, con la consiguiente reducción del volumen del transporte marino de hidrocarburos; y finalmente se produjeron algunos de los mayores accidentes en el transporte fluvial, la industria química y las instalaciones nucleares. La literatura científica sobre la contaminación marina aumentó en por lo menos un 50 por ciento. Asimismo, se incrementó el grado de sensibilidad e interés del público por las cuestiones ambientales con mayores expectativas y cambios en las prioridades. Este estudio incluye todos estos aspectos.

10. El objetivo de este informe es documentar y evaluar el estado actual del medio marino e identificar los principales temas de interés y las prioridades para la adopción de decisiones a nivel mundial tanto a corto como a mediano plazo. Varios grupos internacionales estudian las cuestiones a largo plazo vinculadas con los crecientes niveles de CO₂ en la atmósfera y otros gases de invernadero y consecuentemente sólo se analizarán brevemente en este informe.

11. Si bien el informe está dirigido a los Directores Ejecutivos de las organizaciones que apoyan a GESAMP, pretende evaluar la situación del medio marino en forma equilibrada, en beneficio de otros dirigentes a nivel nacional, internacional y del público en general.

I. ACTIVIDADES HUMANAS QUE AFECTAN AL MAR

12. En el estudio del estado de los océanos es pertinente enfocar las actividades humanas que probablemente afectarán al medio marino. Este capítulo analiza las más importantes. Muchas personas consideran que este impacto es un problema de primordial importancia, especialmente dado que afecta a la salud humana, y requiere una acción inmediata. Otras estiman que las consecuencias son a mediano o largo plazo; sin embargo, es importante reconocer los problemas con suficiente antelación a fin de iniciar medidas efectivas antes de producido el daño.

A. EL DESARROLLO DE LAS ZONAS COSTERAS

13. La línea costera constituye una región compleja, que incluye bahías, estuarios y grandes zonas semicerradas donde se concentran las poblaciones humanas y el desarrollo industrial. Son un centro de acumulación de los contaminantes provenientes de las zonas interiores y de las industrias ubicadas allí. La mayor parte de las fuentes contaminantes que se estudian en este capítulo contribuyen directa o indirectamente a los problemas de las zonas costeras inmediatas, y son consecuencia de las actividades específicas de la zona.

14. Si bien ya hace tiempo se estableció la relación entre el aumento de la población humana y los cambios ambientales, sólo recientemente se comenzó a evaluar los impactos acumulativos del desarrollo de los suelos en las zonas costeras mediante el registro de las consecuencias físicas, químicas y biológicas. Para ello se requiere información sobre las tendencias en la calidad del agua y conocimientos sobre la ordenación de los habitats acuáticos. Igualmente importante es el análisis económico del daño a los recursos naturales y a la salud humana que justifiquen el costo de las medidas de control. La mayoría de las zonas costeras desarrolladas sufren efectos similares, no obstante, es importante estudiar las

actividades industriales y recreativas en forma separada.

15. El desarrollo y mantenimiento de los puertos y las terminales marítimas es de primordial importancia para las poblaciones humanas. El intercambio de aguas en estas zonas es a menudo limitado y las actividades navieras introducen contaminantes como desechos oleaginosos, efluentes de la carga y residuos humanos de abordaje. Si bien están sujetos a las reglamentaciones nacionales e internacionales, resulta muy difícil controlar la contaminación en los puertos, dado que se introduce en el mar por diversas rutas, incluyendo la descarga de tuberías, escorrentías de calles, techos y zonas de estacionamiento, además de la descarga atmosférica. Los puertos constituyen también el primer punto de contacto para muchos ríos con el mar, que agregan una gran variedad y cantidad de material proveniente de fuentes terrestres.

16. Además de sus propias actividades, todos los grandes puertos mantienen una gran variedad de servicios, incluyendo vías de acceso, servicios ferroviarios, astilleros, plantas de energía y vertederos locales de desechos, cada uno de los cuales aumenta la contaminación general. Si bien se reconocen sus efectos colectivos, éstos no han sido adecuadamente estudiados.

17. Luego de ser liberados o vertidos en el mar, muchos contaminantes se integran a los sedimentos y pueden permanecer reclusos hasta ser puestos nuevamente en suspensión por efecto de las olas y las corrientes o hasta que las actividades de dragado para el mantenimiento de los canales de navegación perturben los sedimentos. Esta actividad no sólo remueve el material contaminado y lo reintroduce en el flujo, sino que añade otro problema, la eliminación de los desechos del dragado con posibles cambios en los patrones de la circulación del agua. En términos generales, los sedimentos en zonas portuarias contienen grandes cantidades de contaminantes químicos, en cifras mucho más importantes que en las zonas adyacentes. Los peces o crustáceos capturados en estas zonas están generalmente contaminados con petróleo, que afectan negativamente el sabor, y con probables niveles altos de contaminantes en los tejidos comestibles, y pueden no llegar a cumplir con las normas sanitarias.

18. El uso recreativo de las aguas costeras para diversas actividades, tales como baños, buceo, paseos en bote y pesca continua en aumento. En algunas zonas es la principal o inclusive la única industria. La presión mundial en busca de nuevas zonas turísticas llevó a desarrollar antiguos pantanos y zonas húmedas en playas recreativas y puertos para pequeñas embarcaciones o zonas para la actividad comercial y doméstica. Conjuntamente con las modificaciones estructurales de las playas se construyen hoteles e infraestructura de apoyo en las zonas inmediatas. La restructuración en la zona costera perturba la pesca tradicional, interfiere con la vida marina y elimina importantes habitats. Ironicamente esta degradación y congestión ambiental puede llegar a destruir los bienes principales del desarrollo turístico.

19. Un aspecto característico en estas zonas, es la afluencia de un gran número de personas, al menos durante el período de vacaciones, con el consecuente aumento del flujo de aguas de alcantarillado y sobrecarga en los medios locales de tratamiento y eliminación. Asimismo, aumenta el tráfico general y las molestias del ruido, las luces, etc. que muchos usuarios prevén y aceptan inclusive en zonas donde provocan daño. Es comprensible entonces, que los habitantes de zonas costeras identificadas para actividades recreativas, apoyen los programas que mejorarán sus ingresos y nivel de vida. Las autoridades locales y los gobiernos nacionales también fomentan la afluencia de moneda extranjera.

20. Las consecuencias de estas actividades son cada vez más reconocidas, y se han ido protegiendo las regiones más sensibles o de interés especial a través de la planificación y la zonificación. También se incluyen estas zonas en protocolos específicos a fin de proteger las especies especialmente amenazadas, tales como aves que se alimentan o anidan en las zonas húmedas y tortugas de mar que desovan en las playas arenosas. Sin embargo, queda mucho por hacer para armonizar las demandas conflictivas cuando se prevén modificaciones importantes en la zona costera.

21. Es indudable que habrá de incrementarse la planificación del desarrollo de la línea costera, tal como se realiza en un número de países. Las directrices internacionales, incluyendo criterios y normas son un aporte valioso para la planificación en las diferentes zonas geográficas, pero requieren de sensibilización, recursos y voluntad política para mantener la salud de la población residente y transitoria, la supervivencia de la vida silvestre marina y la integridad funcional de la interconexión vital entre el suelo y el mar.

B. VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

22. Los contaminantes de fuentes terrestres se incorporan al medio marino por diferentes vías. Los emisarios costeros descargan directamente en los estuarios, en las aguas internas, en las bahías y en las zonas costeras abiertas. El flujo de las aguas de tormentas podría llegar a ser demasiado fuerte para las instalaciones de tratamiento y drenaje, y si las aguas de escorrentía corren demasiado rápido, excederían la capacidad de asimilación de las aguas receptoras. Los ríos actúan como grandes colectores y transportadores en las áreas de recepción de aguas residuales y las vierten en el mar. Los ríos constituyen por lo tanto la principal fuente de contaminantes mixtos, según su carga de contaminantes y las transformaciones biológicas y fisico-químicas que se desarrollan en el curso, especialmente en las zonas estuarinas y cercanas a la costa.

23. Las fuentes no puntuales que vierten en las aguas costeras incluyen la escorrentía superficial de las zonas agrícolas, la eliminación de productos agroquímicos, y el transporte de sedimentos provocados por la erosión costera o la deforestación y desertificación de las regiones interiores. Las prácticas de manejo de los suelos son las principales determinantes de estos diversos flujos.

24. La descarga fluvial y las fuentes no puntuales se analizan posteriormente (Sección II A). Este capítulo analiza las descargas directas desde fuentes puntuales a lo largo de la costa. Predominan dos tipos: las aguas residuales domésticas y los efluentes industriales. En las zonas urbanas ambos flujos se mezclan en los sistemas de alcantarillado y se vierten conjuntamente en el mar como agua residual municipal. Este flujo contiene entonces material de origen doméstico e industrial y una variedad de otros efluentes con altas concentraciones de contaminantes, vertidos en los sistemas de alcantarillado comunitarios.

25. Los contaminantes de estas fuentes se agrupan de la siguiente forma:

- micro-organismos
- material orgánico que afecta el equilibrio del oxígeno
- nutrientes
- oligoelementos
- compuestos orgánicos sintéticos
- compuestos derivados del petróleo
- macropartículas/sedimentos
- calor

Es necesario destacar que en general los efluentes contienen una mezcla de todos ellos, y la composición varía tanto a corto como a largo plazo.

26. Un agente o compuesto específico en cualquiera de estas clasificaciones puede tener diversos efectos en el medio marino. La magnitud de este impacto está en función de las características biológicas y químicas del compuesto, de la forma, la concentración y la cantidad total, la persistencia, la bioacumulación, el potencial de reciclado y las características del medio receptor. Es importante identificar con suficiente antelación las sustancias con efectos nocivos en la salud humana, en los recursos vivos y en el ecosistema marino. Se tendrá en cuenta la posibilidad de un efecto sinérgico de las sustancias en un vertimiento mixto; si bien se estima que el sinergismo no es habitual, y es más realista pensar en la hipótesis de los efectos aditivos.

27. El vertimiento de agua residual en las costas afecta a todos los sectores del medio marino y puede llegar a interferir con las actividades del ser humano. Los efectos más difundidos de los vertimientos urbanos e industriales son a saber:

- riesgos para la salud por la presencia de patógenos en las aguas de alcantarillado
- eutroficación y agotamiento del oxígeno debido a los nutrientes y al carbón orgánico
- efectos tóxicos en los organismos marinos o riesgos para la salud humana provocado por diversos productos químicos en los alimentos marinos.

Asimismo, tanto la eutrofización como los efectos tóxicos en los organismos marinos pueden dañar los recursos vivos del mar.

28. Muchos patógenos humanos mueren rápidamente una vez liberados en las aguas costeras debido a las condiciones adversas en el medio marino. Sin embargo, pueden ser absorbidos por los crustáceos que se alimentan por filtración y muchos podrían llegar a proliferar en un organismo huésped intermedio. Los efectos en la salud del consumo de crustáceos crudos contaminados y de los baños en aguas con microorganismos fecales se estudiarán posteriormente en la Sección III A.

29. La floración acuática notable en las aguas costeras constituye uno de los primeros síntomas de un excesivo aporte de nutrientes, y su descomposición se suma al problema de la demanda de oxígeno a causa de los materiales orgánicos de los vertimientos domésticos, los desechos del ganado y de las diversas agro-industrias (ej. molinos de pulpa y papel, procesadoras de alimentos y de peces, refinerías de azúcar). Los efectos son más graves cuando los efluentes de zonas industriales densamente pobladas se descargan en aguas bajas o semicerradas con circulación reducida, tiempo de permanencia prolongado y poca posibilidad de auto-limpieza.

30. Las principales fuentes de los vertimientos químicos industriales son los molinos de pulpa y papel, industria del hierro y del acero, refinerías de petróleo, industrias petroquímicas, fábricas de fertilizantes, curtiembres y acabado de la industria del cuero y otras instalaciones de producción relacionadas con los productos químicos, incluyendo las plantas farmacéuticas. Estos vertimientos son complejos, y sin un tratamiento apropiado o vertederos adecuadamente ubicados pueden ser nocivos para una variedad de especies marinas e indirectamente para el hombre. La muerte localizada de peces (ej. en los criaderos de peces), la alteración de las comunidades bénticas y la acumulación de residuos químicos constituyen en general la primer señal de la contaminación química.

31. Habitualmente las estrategias para la lucha contra la contaminación se elaboraban post hoc con base en los efectos evidentes de, por ejemplo, la excesiva demanda de oxígeno, o la descarga de nutrientes, metales y organismos patógenos; sin embargo, las políticas recientemente actualizadas procuran prevenir los efectos controlando los vertimientos, definiendo las sustancias potencialmente peligrosas y limitando estrictamente su eliminación. No obstante el control no puede basarse sólo en la información toxicológica. Se necesita conocer la carga del vertimiento y los porcentajes de dilución, como también tener evidencias de los efectos sobre organismos específicos.

32. Pocas plantas de tratamiento de agua residual municipal manejan únicamente el agua de alcantarillado doméstico; la mayoría reciben asimismo las aguas industriales, que limita las opciones para un eficiente tratamiento de los desechos y utilización del lodo. El nivel de remoción de contaminantes y la naturaleza de la descarga de efluentes depende de los tipos de sustancias eliminadas por la industria, la tecnología de los procesos de tratamiento utilizados, el diseño de las plantas de tratamiento y la eficiencia operativa. La mayor parte de los centros industriales y urbanos en los países en desarrollo no cuentan con sistemas de tratamiento de agua residual efectivos, y la ubicación y diseño de los vertederos no ofrecen una dilución y dispersión adecuada, con la consecuente amenaza potencial para la salud humana y los recursos.

33. Aún en los países desarrollados, los efluentes domésticos no tratados de los centros sumamente poblados se convierten en probables fuentes de contaminantes. Es así como, mientras Marsella, Francia, ha instalado recientemente una moderna planta de tratamiento de alcantarillado, no existen plantas similares en un gran número de ciudades industrializadas en la costa norte del Mediterráneo y las regiones interiores. Inclusive cuando existen estos servicios, no siempre son adecuados si el aumento estacional de la población produce una descarga muy alta. En estos casos un tratamiento adicional para la capacidad de carga pico resulta costosa, y es preferible un sobreflujo a corto plazo; sin embargo, es necesario llevar los vertimientos a zonas más alejadas de las costas, con controles adecuados para asegurar su efectividad presente y futura.

34. En las zonas oceánicas tropicales y sub-tropicales donde existen grandes extensiones de costas escasamente pobladas, la mayor parte de los servicios de alcantarillado de las pequeñas comunidades no llegan hasta el mar o están tan diluidas en la descarga que no causan un daño detectable. Existen notorias excepciones en centros poblados en zonas costeras y estuarios de América

Latina y Central, en Asia meridional oriental y en Africa occidental, como también en pequeñas pero densamente pobladas islas oceánicas. Durante las tormentas las aguas residuales domésticas e industriales no tratadas de las grandes zonas metropolitanas debido al desbordamiento de las aguas pluviales y los canales abiertos se vierten en el mar. Los alimentos marinos recogidos en estas zonas constituyen una de las principales amenazas del medio marino para la salud pública.

C. ELIMINACION DEL MATERIAL DE DRAGADO, DESECHOS INDUSTRIALES Y LODOS CLOACALES

1. Material de dragado y desechos de minería

35. Entre el 80 y el 90 por ciento del material que se vierte en el mar proviene de las actividades de dragado. Según los informes enviados entre 1980 y 1985 a la Secretaría del Convenio de Londres sobre Vertidos (CLV) anualmente se vierten en el mar un promedio de 215 millones de toneladas de material de dragado, un 20-22 por ciento del total del material dragado, y el resto se elimina en otras zonas. Cerca de dos tercios del total de este material proviene de las operaciones de mantenimiento para evitar el entarquinamiento de las bahías, ríos y otras vías fluviales; el resto corresponde a obras nuevas. Se estima que las futuras operaciones de dragado producirán porcentajes similares.

36. Si se maneja correctamente el material dragado no contaminado, los problemas a largo plazo son limitados, y podrá utilizarse para diversos propósitos, incluyendo el relleno de tierras, la construcción de arrecifes artificiales y la recuperación de zonas costeras previamente dañadas. Por otro lado, si se vierte en el mar, habrá que considerar el impacto físico resultante y seleccionar cuidadosamente la zona y el manejo de los sitios de disposición del material.

37. Cerca del 10 por ciento del material dragado está contaminado por diferentes fuentes, incluyendo la industria marítima, las descargas municipales e industriales y la erosión terrestre. Los contaminantes más comunes incluyen hidrocarburos, metales pesados, nutrientes y compuestos organoclorados. Este material contiene macropartículas suspendidas y líquidas, sin embargo, el mayor potencial del impacto proviene del material en estado sólido o sedimentable que puede afectar los organismos bénticos con la destrucción física y asfixia de los habitats; asimismo, puede provocar la bioacumulación y toxicidad en los estados solubles y suspendidos.

38. El material dragado contaminado liberaría lentamente la carga absorbida, con la consecuente exposición a largo plazo de los habitats locales a uno o más contaminantes. No obstante, los estudios de laboratorio y en el campo muestran una escasa lixiviación en el agua de los hidrocarburos clorados, el petróleo y los metales. Los nutrientes se liberan en concentraciones mucho mayores si bien los procesos de mezclado tienden a mitigar los efectos. La formación de amontonamientos físicos del material constituye el mayor impacto en los sitios de disposición del material cuando las corrientes son lentas y la energía de la ola es baja. La recolonización béntica en estos amontonamientos es relativamente rápida en sedimentos de grano fino y más lenta en material de grano más grueso.

39. No existe un método único de descarga en el mar o sitio de disposición que sea adecuado para todo tipo de material dragado o desecho industrial. Todas las alternativas deben ser estudiadas durante la etapa de planificación para asegurar el menor impacto posible de los desechos. Estas alternativas incluirán la contención temporal o el pre-tratamiento para reducir la demanda de oxígeno y la toxicidad, la eliminación en el mar alejada de la plataforma continental, o el "enterramiento" del material dragado o los desechos, con descargas en depresiones o en sitios de disposición cerrados con sedimentos limpios. Existen estrategias alternativas de descarga de los desechos mediante las cuales se concentran en un sólo sitio o se repite la operación ciclicamente en una zona más extensa. El ejercicio cíclico llegaría a provocar un daño mayor si se excede la capacidad o el tiempo de recuperación o recolonización de una comunidad de crecimiento lento, al aumentar la frecuencia de descarga.

40. Los residuos de minería constituyen un problema de especial preocupación. La práctica más común en las minas costeras ha sido la eliminación de material residual directamente en el mar o

por descarga fluvial desde donde las crecidas lo transportan periódicamente al mar. Ciertos efluentes son químicamente inertes, por ejemplo de las minas de caolín, y los efectos ambientales se deben especialmente a la sustitución de la arcilla por material más estable. En cuanto a las minas metalíferas, las operaciones abarcan desde las actividades de extracción-concentración hasta los procedimientos de refinación y fundición final. Los desechos resultantes son tóxicos, especialmente de las últimas etapas, dado que el producto refinado proviene habitualmente de un tratamiento químico intensivo diseñado para aislar metales y otros compuestos. Los principales productos de metal de las minas costeras y las plantas de procesamiento son el aluminio, el cobre, el hierro, el mercurio, el molibdeno, el plomo, el estaño y el zinc.

2. Desechos industriales y los lodos cloacales

41. Los desechos industriales vertidos en el mar presentan problemas mucho más variados y difíciles de solucionar. Pueden ser sumamente ácidos o alcalinos; líquidos o en partículas, y con partículas relativamente inertes a extremadamente tóxicas. Incluyen desechos de las industrias químicas, petroquímicas y farmacéuticas, de la producción de pulpa y papel, fundiciones, industria alimenticia, lavadores de gases de combustión y de las actividades militares. Un creciente número de países considera muy importante el pre-tratamiento de desechos en los locales industriales antes de su eliminación. Para el período 1970-1985, los informes del Convenio sobre Vertimientos de Londres registran la cifra mayor de desechos industriales vertidos en el mar, 17 millones de toneladas en 1982 y la menor, 6 millones de toneladas en 1984.

42. Las técnicas de vigilancia para evaluar el impacto de la eliminación de desechos en el mar incluyen pruebas físicas o químicas y estudios sobre la diversidad de especies, sin embargo, algunos de estos procedimientos son complejos y costosos, y todos son difíciles de interpretar si no están correctamente planificados y ejecutados. La mayor parte de los datos de los diversos estudios o sitios no son comparables, dado la especificidad de las descargas, los sitios de disposición, y la falta de normalización de los procedimientos rutinarios utilizados. Los estudios preliminares de las obras nuevas no siempre tienen un uso práctico directo en el pronóstico ambiental. Es necesario evaluar la efectividad de las actuales estrategias y prácticas de vigilancia de la disposición de desechos industriales en el mar, y elaborar directrices que aseguren la vigilancia de todas las variables realmente pertinentes.

43. El lodo cloacal del tratamiento de agua de alcantarillado podrá utilizarse como fertilizante en tierras agrícolas o recuperación de tierras, siempre y cuando no esté contaminado con altos niveles de metales, hidrocarburos o productos químicos orgánicos. Sin embargo, en algunos casos es más económico y ambientalmente preferible eliminarlo en el mar. Habitualmente el lodo de alcantarillado municipal no contiene altas concentraciones de contaminantes, pero los excesivos vertimientos tendrían efectos nocivos tales como el agotamiento del oxígeno y la eutroficación, y si no se selecciona cuidadosamente la ubicación del sitio, la cantidad de patógenos aumentaría los riesgos para la salud. Entre 1980 y 1985, se vertieron anualmente 15 millones de toneladas de lodo cloacal en el mar. Pero en los últimos años los Estados Unidos y Europa Occidental han comenzado a tomar medidas para eliminar el vertimiento marino del lodo cloacal. En consecuencia, disminuye gradualmente la descarga de lodo en el mar, si bien continúa siendo preferible desde el punto de vista económico o ambiental en países que carecen de sitios de disposición en tierra para la descarga o incineración.

3. Incineración en el mar

44. En el caso de ciertos desechos, especialmente los materiales orgánicos líquidos, la forma menos nociva de disposición sería la incineración. Se conocen los requisitos técnicos para la destrucción total de diversos desechos, incluyendo la temperatura, el tiempo de permanencia y el nivel de suministro de oxígeno en los hornos. Si se cumple con estos requisitos, los desechos se descomponen en sus componentes básicos, generalmente inocuos, y el proceso de incineración resulta principalmente en NO_x, CO₂ y cloro, además de los vestigios de cualquier metal presente. Si bien es posible reducir estos productos a través de la neutralización o depuración, las comunidades vecinas frecuentemente se oponen a las plantas de incineración en zonas terrestres.

45. La incineración en el mar resulta atractiva dado que puede diseñarse en zonas alejadas con aparentes insignificantes efectos en el medio marino. El mejor procedimiento para la incineración es durante la navegación de los buques en alta mar. Desde el año 1969 se han incinerado compuestos organohalogenados en el mar, y los informes del CLV indican una cifra de 100.000 toneladas anuales durante el período 1980-1988, especialmente en el Mar del Norte. La incineración en el mar se realiza en acuerdo con las "reglamentaciones para el control de la incineración en el mar de los desechos y otras materias" del Convenio de Londres sobre Vertimientos.

46. El argumento contra la incineración marina se basa en la posible conversión de materiales tóxicos en gases de combustión, el probable daño de las emisiones a las especies sensibles de la microcapa mar-superficie, y en que la continua aplicación de esta tecnología desmotivaría la reducción de los desechos en la fuente misma. Asimismo, existen temores de accidentes durante el transporte hasta el incinerador, si bien los estimativos sobre la posibilidad de accidentes (OMI) es de uno cada 68.000 viajes entre los puertos europeos y los incineradores en el Mar del Norte.

47. En 1988 todos los países participantes en el Convenio para la Prevención de la Contaminación Marina por Vertimientos desde Buques y Aeronaves, 1972 (Convenio de Oslo) acordaron eliminar la incineración en el mar para 1994. La decisión no se basó en la evidencia de efectos nocivos, sino en la convicción de que la mayoría de las Partes Contratantes (especialmente los países del Mar del Norte) tienen o tendrían en un futuro cercano los medios adecuados para la eliminación en tierra. Las Partes Contratantes de la Convención de Londres sobre Vertimientos acordó desalentar, en principio, la incineración en el mar. En 1992 se estudiará la posibilidad de suspender estas prácticas según las alternativas disponibles, y las tecnologías mundiales más ambientalmente racionales.

48. De acuerdo con las evidencias actuales, las consecuencias ambientales de la incineración en el mar son menos importantes que las resultantes de la incineración en tierra. Existen limitaciones y riesgos asociados con ambas opciones. En la práctica la selección de la alternativa dependerá de un análisis exhaustivo de los factores técnicos, sociales, políticos y ambientales. Hasta la evaluación del CLV en 1992, es evidente que ciertos países, por ejemplo los pequeños países isleños, preferirán la incineración en el mar, o inclusive será esta su única opción para la eliminación de desechos. Es por ello que GESAMP considera adecuado analizar previamente los aspectos ambientales de esta tecnología.

D. ELIMINACION DE RESIDUOS PLASTICOS

49. El mar recibe inevitablemente material sólido, ya sea por eliminación intencional o accidental. Si bien este material interfiere con la pesca, la navegación y otras actividades marinas, constituye un elemento de apoyo a la vida en el mar dado que es una superficie adicional para la incrustación de organismos y de resguardo para las especies móviles. Anteriormente gran parte del material sólido se desintegraba rápidamente, sin embargo, aumenta la tendencia de sustituir muchos de los materiales naturales y más degradables por sustancias sintéticas resistentes.

50. Actualmente existe gran preocupación entre pescadores, científicos, marinos, conservacionistas y turistas sobre la creciente cantidad de material plástico encontrado en el mar y en las playas. Estos desechos provienen tanto de fuentes terrestres como marinas. La mayor parte de las playas cercanas a centros poblados se cubren de basura por la cantidad de residuos plásticos que arroja el mar, y que provienen de ríos, naves, y vertederos ilegales o abandonados en las playas por los turistas.

51. Dado que la mayor parte de los materiales sintéticos flotan y no se degradan, representan una amenaza para los organismos vivos y el medio natural. Los restos plásticos se clasifican en tres grupos: 1) equipo y accesorios para la pesca, tales como líneas y redes; 2) fajas, cuerdas y cintas sintéticas para envasado; y 3) basura plástica, incluyendo bolsas, botellas, material de envasado y pequeños gránulos que se utilizan para la fabricación de artículos de plástico. Se han encontrado estos restos, y hasta en grandes cantidades, en los océanos, las regiones polares, y desde las zonas intermareales hasta las profundidades abisales.

52. En primer lugar los restos de los barcos pesqueros provocan un serio problema. Las redes que se descartan o pierden en el mar pueden continuar capturando u obstaculizando la vida marina, y al no ser degradables continúan activas durante años (pesca fantasma). Atrapan a los organismos marinos cuando flotan en la superficie, cuando se enganchan en el fondo del mar o se deslizan en un nivel intermedio. Entre los animales amenazados se encuentran los mamíferos marinos, los peces, las aves marinas y las tortugas. Asimismo, amenazan en cierta medida al ser humano, cuando las redes abandonadas obstruyen la labor de los buzos. Los restos afectan también seriamente a los buques produciendo daños en el eje motor, incrustaciones en las hélices y obstrucción en la entrada de agua y los evaporadores. La pérdida de tiempo productivo en el mar y el costo de las reparaciones afecta negativamente a la industria marítima y en el caso de los barcos pesqueros reduce significativamente su rentabilidad. Los estimativos en 1975 indicaban que la pérdida mundial de equipos de pesca ascendía a 150.000 toneladas, cifra que sería actualmente notoriamente superior.

53. En segundo lugar, las fajas y bandas para el envasado constituyen otra amenaza importante. Se utilizan para sostener el material embandejado, asegurar la carga, sujetar las cajas y jaulas de embalaje y reforzar las cajas de embalaje. Cuando simplemente se desprenden y no se cortan, las bandas flotan libremente en el mar cercandando a los mamíferos marinos o a los peces grandes en un cinto que se aprieta progresivamente a medida que el animal crece, inhibiendo la respiración y limitando su capacidad para moverse o alimentarse. Las abrazaderas plásticas para las bebidas envasadas y otros recipientes contenedores representan también una amenaza para las aves y los peces pequeños. Al igual que en el caso de las redes se ha informado de muchos animales atrapados de esta forma.

54. El tercer tipo se compone de bolsas, contenedores, láminas, material de envasado, gránulos de plástico crudo y otros artículos similares. En 1985 la flota naviera mundial vertió por lo menos 450.000 contenedores de plástico. Las tortugas, los mamíferos marinos y las aves perecen al ingerir este material. Al ser ingeridos por los organismos marinos la creciente cantidad y mayor dispersión de pequeñas partículas de plástico en el mar constituyen una fuente de problemas dado que, si bien se encuentran en estado inerte, reducen el valor nutritivo de los alimentos ingeridos y consecuentemente el crecimiento.

55. No hay duda que el material plástico desechable es nocivo para el medio marino, sin embargo, no es fácil establecer el nivel del daño ocasionado y las medidas efectivas para resolver el problema, dadas las dificultades para obtener estimativos cuantitativos de la pérdida de la vida marina que provoca la contaminación del material plástico. Tampoco es fácil comparar, con base en la información actual, la cantidad de restos de origen terrestre o de las actividades navieras y de pesca.

56. Es necesario realizar mayores estudios para definir la magnitud del problema y buscar soluciones. También se requieren mejores estimativos sobre el número de animales marinos muertos y del impacto en la industria pesquera y naviera. Asimismo, deberán investigarse los procedimientos para el almacenamiento y eliminación de los materiales sintéticos y el diseño y fabricación de redes y otros instrumentos menos nocivos para el medio ambiente o de recuperación más sencilla. También deberán investigarse otros materiales alternativos.

57. Sin embargo, existen medidas prácticas que pueden adoptarse de inmediato. Las abrazaderas y las cintas de empaquetamiento pueden cortarse una vez usadas. Todos los productos plásticos peligrosos pueden portar una etiqueta con especificaciones indicando el daño potencial a la vida marina y al medio ambiente y las formas para reducirlo. Se pueden fabricar partes de las redes de pesca o de las líneas que las conectan a flotadores o anclas en material degradable a fin de reducir los daños de la pesca fantasma. Finalmente las campañas de limpieza de las playas recientemente promovidas en varios países, y la remoción de basura permiten crear una conciencia pública al tiempo que exponen el problema. Se debe estudiar la introducción de incentivos económicos y el desarrollo de directivas e instrumentos reglamentarios como medio para fomentar la producción y uso de materiales alternativos no ambientalmente nocivos y promover la recolección y reciclado de plástico desechado.

58. El Convenio Internacional para la Prevención de Vertimientos desde Naves (1973) según modificaciones establecidas en el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), incluye en su Anexo V la reglamentación para la prevención de la contaminación de desechos de naves, que entró en vigor en diciembre de 1988. Prohíbe el vertimiento de todo tipo de plásticos en el mar, cuerdas, redes de pesca y bolsas plásticas. Las directrices para la instrumentación del Anexo V del Convenio solicitan a los

gobiernos estudiar una serie de medidas, incluyendo sistemas de información, libros de registro de abordaje, sistemas para incentivar su cumplimiento y programas educativos.

59. La basura abandonada, las llantas usadas de vehículos, el equipo doméstico descartable, y las latas y cajas contribuyen a crear un aspecto desagradable en muchas zonas costeras, especialmente en aquellas cercanas a las zonas urbanas. En algunos casos se ha encontrado inclusive equipo médico y quirúrgico en las playas.

60. Las campañas educativas constituyen una poderosa herramienta para cambiar la actitud del público hacia el medio ambiente, y se vienen realizando desde 1988 en muchos de los países firmantes de las convenciones o protocolos para la prevención de la contaminación marina por vertimiento de desechos. No obstante, deberán realizarse mayores esfuerzos para convencer al público y a las autoridades del valor y el reducido costo personal que implica mantener el medio ambiente limpio, ya sea en el mar, en las playas, a lo largo de los ríos, en las ciudades y las laderas de las montañas.

E. MANEJO DE LOS CICLOS HIDROLOGICOS

61. Los principales cambios en la configuración de los patrones de los flujos fluviales, que son de real importancia para los ecosistemas marinos pueden ser provocados por causas naturales. El Río Amarillo en la China, por ejemplo, ha sufrido severas y radicales modificaciones de su curso durante los últimos 4.000 años, con variaciones de hasta 800 km. en los puntos por los cuales desemboca en el Mar Amarillo. Los cambios resultantes de las actividades premeditadas del hombre debido explotación hidrológica directa deben estudiarse bajo esta perspectiva.

62. Las modificaciones provocadas por el hombre en los cursos fluviales datan desde las más antiguas civilizaciones, si bien la construcción de las grandes represas se iniciaron a comienzos del siglo XX. Los progresos en la tecnología de la ingeniería, especialmente en el uso del concreto ha aumentado la construcción de las grandes represas desde los años 1950. Durante la década de 1960, se terminaron y entraron en funcionamiento entre 40 y 55 represas por año, cifra que aumentó sustancialmente en años recientes. En Africa y América del Norte los embalses provocan cerca del 20 por ciento de las escorrentías, en Europa y Asia entre el 15 y el 14 por ciento, y en Australia y América del Sur entre el 4 y el 5 por ciento respectivamente.

63. Los ríos arrastran al mar grandes cantidades de material particulado y disuelto. Las descargas son sumamente variables, y están determinadas por factores biológicos, físicos y químicos en las cuencas fluviales. La cantidad global de sedimentos que entran al mar es de $13.5 \times 10^3 \text{ Mt y}^{-1}$, sin embargo, la falta de datos exactos, las dificultades para la medición durante las crecientes y el nivel de extrapolación necesaria producen estimados dudosos. Las principales influencias físicas y químicas de la descarga fluvial en las costas depende de su flujo, que se ve considerablemente alterado por la presencia de las represas. Por ejemplo, la descarga de sedimentos del Nilo en el Mediterráneo disminuyó de aprox. 150 Mt y^{-1} a casi cero luego de la construcción de la represa en 1965; la carga de sedimentos en el Zambezi parecería haberse reducido a la mitad y la descarga de sedimentos del Río Colorado en el Golfo de California disminuyó de 135 Mt y^{-1} a menos de 0.1 Mt y^{-1} . La reducción de la carga de sedimentos en las zonas costeras aumenta la inestabilidad de las costas y altera sus habitats.

64. La reducción y estabilización del flujo aguas abajo de los embalses impide la limpieza natural del material acumulado y tiene efectos directos en los ciclos biológicos de las aguas costeras. La influencia estacional controla la entrada de agua dulce a los estuarios, con variaciones de entre un 25 por ciento del promedio anual a largo plazo, pero las represas han reducido significativamente tanto esta variación como la descarga de agua dulce en los estuarios. Los embalses aumentaron sustancialmente la pérdida de la evaporación y cambiaron la periodicidad y el tiempo de la crecida.

65. En algunas zonas costeras los programas de extracción han reducido el aporte de aguas subterráneas al caudal fluvial y resultaron en descensos del caudal local y aumento de la salinidad del agua de drenaje. Uno de los principales efectos es el aumento de la infiltración salina en tierras continentales, con el consecuente efecto en la flora y la fauna de las zonas costeras y adyacentes. Las filtraciones de

agua salina han provocado grandes daños en los pantanos de manglares y los bosques hidrofitos en Níger y en los Deltas Indios. En muchas partes del mundo también afectó notoriamente a los peces y otros organismos que se reproducen en la zona interfacial entre las aguas dulces y el agua de mar.

66. La reducción del flujo de agua resultante de la manipulación de los ríos tiene otros efectos sobre el régimen de salinidad; se registró un aumento en el promedio de la salinidad de 0.19 por mil en el Mar Negro, un aumento del 2.0 a 2.5 por mil en el Dnepr y el estuario del Dnestr conjuntamente con un incremento en la infiltración de aguas salinas. Se estima que la reducción de ambientes de aguas salobres donde se reproducen muchas especies ha provocado la pérdida de pesquerías comerciales. También en la Bahía de San Francisco, donde la desviación de las aguas dulces asciende a cuatro veces el volumen de la Bahía, las poblaciones de peces se redujeron en una gran proporción. Los cambios en el hábitat por el aumento de salinidad también produciría condiciones favorables para las especies exóticas, y supuestamente explicaría la reciente invasión masiva de medusas en el Mar de Azar que amenazó a las especies autóctonas y provocó problemas en la salud pública y las actividades recreativas.

67. La reducción del flujo de agua dulce aumenta la estratificación en los estuarios con efectos a largo plazo en sus características químicas y biológicas. Se estima que en el Mar Negro la estratificación con limitada dilución y dispersión de materiales orgánicos y el consecuente déficit de oxígeno provocó la destrucción de los bancos de mejillones y la muerte de peces.

68. La construcción de represas y la desviación de las aguas pueden tener mayores consecuencias cuando el flujo libre del río constituye la principal fuente de nutrientes de los ecosistemas costeros. En la región sudoriental del Mediterráneo, las aguas del Nilo descargaban los nutrientes, estimulando la cadena alimenticia que mantenía a las principales pesquerías de sardinas. Con la construcción de la Represa de Aswan en 1965, las descargas naturales prácticamente cesaron. Si bien una cierta cantidad de agua dulce todavía fluye al Mediterráneo, la carga de sedimentos suspendidos y la acción fertilizante previa han prácticamente desaparecido. Los efectos en las pesquerías han sido dramáticos. Las pesquerías han disminuido y la producción de *Sardinella* se redujo de 18.000 toneladas en 1962 a 2.000 toneladas en 1967 con un promedio de 2.000 a 3.000 toneladas hasta 1983. Aparentemente la producción está creciendo nuevamente, probablemente debido al aumento de nutrientes de las aguas drenadas de los sistemas de riego en las zonas agrícolas del delta y al mejoramiento de los métodos de pesca. Los principales acontecimientos en las zonas costeras también tienen importantes efectos en la composición de las especies en aguas adyacentes (ej. la apertura del Canal de Suez sobre las especies del Mediterráneo) o en la naturaleza de los ecosistemas (ej. represas y presas mareales). Otros tipos de barreras en los ríos, por ej. compuertas para controlar la marea, podrían provocar la mortandad local en los bancos de crustáceos costeros aguas abajo y en las jaulas suspendidas de la piscicultura durante las crecidas.

69. En conclusión, la manipulación de los ciclos hidrológicos terrestres podría tener efectos adversos en el medio marino al cambiar las estructuras de los ecosistemas, reducir la producción de las pesquerías y alterar las costas. Resulta claro que si bien las desviaciones y las represas benefician a la agricultura u otras actividades humanas, requieren un equilibrio entre las ganancias positivas previstas a nivel local y los probables, aunque más remotos, efectos adversos en el medio ambiente.

F. PRACTICAS DEL USO DE LA TIERRA

70. Si bien la construcción de represas y la desviación de agua en zonas continentales tienen efectos considerables sobre las zonas costeras modificando el flujo de agua dulce y de sedimentos, cambiando las características físicas del litoral, existen otras actividades en zonas terrestres interiores que también afectan al mar y a sus recursos. Una de las más importantes es el uso intensivo de agroquímicos persistentes; sin embargo, la deforestación, la reforestación, el riego y otras prácticas del uso de la tierra también son importantes. El impacto en las costas deberá estudiarse durante la etapa de planificación de los proyectos.

71. Si bien aparentemente el desmonte en gran escala de bosques y pastizales produce una escorrentía más rápida que provoca la erosión de los suelos e incrementa la sedimentación de las zona

costeras, la influencia de los árboles varía según la topografía, la precipitación pluvial y los suelos locales. La reforestación en gran escala en climas templados ha reducido la descarga fluvial y aumentado la evapotranspiración, y produce cambios en la calidad del agua drenada, a pesar de que los efectos varían según las diferentes condiciones edáficas y climáticas. Los efectos adversos también provienen de las prácticas agrícolas intensivas. Por ejemplo, la cría intensiva de ganado provoca altas emisiones de amoníaco con probable acidificación de los suelos y del agua drenada; el sobre pastoreo aumenta la erosión de los suelos, especialmente en las zonas áridas; la eliminación de desechos de animales como abono de la tierra o a través de las aguas de alcantarillado aumenta el vertimiento de carga orgánica en las zonas costeras.

72. La presión a nivel mundial para aumentar las actividades de riego en las zonas áridas ha provocado ciertos efectos adversos, y también tendrá consecuencias a largo plazo en el medio marino.

Por ejemplo, las aguas de riego se utilizan completamente antes de llegar a la costa y las aguas drenadas de tierras de regadío contienen un exceso de nutrientes y residuos de plaguicidas que las convierten en aguas altamente salinas y contaminadas.

73. Entre los diversos temas arriba estudiados, los sedimentos merecen especial atención. Se estima que las actividades humanas han prácticamente triplicado a nivel mundial el transporte natural de sedimentos de los ríos a los océanos. Así como la deforestación, las prácticas agrícolas, el sobre pastoreo y la minería constituyen fuentes terrestres de la carga de sedimentos. También las actividades en las costas, la minería marina y la prospección petrolera aportan su carga de sedimentos. En general son descargas a largo plazo, y constituyen una modificación progresiva e importante del flujo mundial de sedimentos terrestres al medio marino.

74. Los principales efectos de la liberación de sedimentos son variados y numerosos. Antes de asentarse, los sedimentos en suspensión afectan la producción primaria de plancton, y al reducir la penetración de luz en el fondo, producen asimismo alteraciones en las praderas marinas, en los corales y en otras comunidades bénticas que dependen de la fotosíntesis. Asimismo, los altos niveles de sedimento suspendido obstruyen las agallas de organismos que se alimentan del agua por filtración. Una vez asentados existe un daño físico directo por colmatación, pero el cambio posterior del tamaño de la partícula en el substrato afectará la estructura de la fauna béntica. Más aún, dado que muchos contaminantes se adhieren a las partículas, una mayor descarga de sedimentos aumentaría la carga de productos químicos tóxicos.

75. En resumen, los principales impactos de una mayor descarga de sedimentos en el medio marino incluyen el aumento de turbiedad, la colmatación, la alteración de la estructura de substratos y la toxicidad. Previamente, la atención se concentraba en la erosión, y el destino de los sedimentos en las zonas costeras se consideró durante mucho tiempo un problema de ingeniería. Sin embargo, según la definición de GESAMP los sedimentos se consideran contaminantes per se, y constituyen una de las principales amenazas a los organismos costeros en ciertas partes del mundo. Se recomienda que GESAMP estudie el tema.

G. TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

1. Hidrocarburos

76. El transporte marino, incluyendo las operaciones de los tanqueros, otras actividades navieras y los vertimientos accidentales de las naves, producen aproximadamente un 46 % del total de la descarga de hidrocarburos en el mar. Los cambios substanciales en la cantidad y el patrón del transporte de hidrocarburos por mar en la última década, están vinculados a los cambios políticos y económicos, por ejemplo, la política de precios de la OPEP y las hostilidades en la zona del Golfo en el Medio Oriente. Luego de los eventos a comienzos de la década de 1970, el consumo mundial de hidrocarburos en 1979 ascendía a 3.100 millones de toneladas; sin embargo, el aumento de precios a comienzos de 1980 redujo esta cifra a 2.800 millones de toneladas en 1985, especialmente por el menor abastecimiento desde las zonas del Golfo. A pesar de que los altos precios desalentaron el consumo, estimularon por el contrario

la prospección en aguas profundas y en medios más hostiles. Con la estabilización de los precios a niveles más bajos en 1986, la tendencia del consumo se incrementó nuevamente.

77. En general, hasta 1986, la cantidad de hidrocarburos transportados por mar se redujo en una cifra espectacular del 25%, 431 millones de toneladas menos en 1986 que en 1977. Toda la reducción provino del Medio Oriente, donde las exportaciones en 1986 solo alcanzaron un 53 por ciento de las cifras de 1977, una reducción de 485 millones de toneladas. Las principales zonas importadoras continuaron siendo en primer lugar Europa Occidental, en segundo lugar los Estados Unidos y en tercer lugar el Japón, pero durante la década sus importaciones se redujeron en un 34, 32, y 25 por ciento respectivamente. Otra tendencia a destacar ha sido el constante aumento del transporte de productos terminados (en general perecederos) en contraste con el petróleo crudo. En 1977 el transporte de productos terminados representaba el 15 por ciento del total de las exportaciones, sin embargo, la cifra aumentó en un 25 por ciento al año siguiente, y las exportaciones de petróleo crudo se redujeron en un 33 por ciento.

78. Paralelamente con la reducción en el transporte, disminuyó constantemente durante la década, el número de vertimientos de petróleo en el mar registrados por la Federación Internacional Anticontaminación de Armadores de Buques Tanques, de un promedio anual de 670 casos en los primeros cinco años a 173 en los últimos cinco. En cuanto a los principales accidentes con vertimientos de más de 5.000 barriles (724 toneladas), el promedio es de 27 casos. Resulta especialmente alentador no sólo la reducción del número absoluto de accidentes, sino también el porcentaje. Un análisis de los accidentes registrados por el Registro de Navegación Lloyd indica que el número de accidentes serios en buques tanques con más de 6.000 toneladas de registro bruto (trb) ascendió a 2.5 cada cien navíos durante el período 1977-1981, pero sólo a 1.8 durante el período 1982-1986. Sin embargo, esta cifra no es el único aspecto a considerar de los accidentes, también resultan importantes la magnitud y la circunstancias en que suceden (véase las secciones I J).

79. La reducción en la cantidad de hidrocarburos transportados por mar no sólo redujo la contaminación por la disminución del número de accidentes, sino que también limitó las descargas operativas del petróleo sobre todo con la entrada en vigor de MARPOL 73/78. El Anexo I de este Convenio requiere, entre otros, la instalación de tanques de recolección de lastre independientes y sistemas de lavado del petróleo crudo en un mayor número de buques tanques, y obliga a todos a instalar detectores efectivos del punto de contacto petróleo/agua y monitores de la descarga en el mar. Asimismo, todos los buques de 10.000 trb deben contar con separadores de petróleo/agua y sistemas de vigilancia de la descarga de petróleo. También se establecieron zonas especiales (Mar Mediterráneo, Mar Negro, Mar Báltico, Zona del Golfo, Mar Rojo y desde 1988 el Golfo de Adén) donde se prohíben totalmente las descargas desde las naves con excepción del agua potable.

80. Esta reglamentación ha dado como resultado una importante reducción de la contaminación operativa, no sólo de los buques tanques, sino también de todo tipo de naves. Paralelamente mejoraron los requisitos de seguridad naviera a nivel nacional e internacional y en los programas de ordenación y separación del tránsito en zonas de alta densidad. En los últimos años aumentaron las medidas para el cumplimiento de los procedimientos y la inspección de naves, especialmente por los principales Estados importadores de hidrocarburos.

2. Otras sustancias peligrosas

81. Además de los hidrocarburos, se transportan por mar en transportadores de carga seca otras sustancias peligrosas (ej. azufre, fertilizantes), o en buques cisternas como carga líquida (ej. petroquímicos, solución de soda caustica, ácido sulfúrico); sin embargo, la mayoría de los productos químicos más peligrosos (ej. plaguicidas, herbicidas, tetraetilo de plomo) se transportan en buques portacontenedores de carga seca como cargamento embalado, de acuerdo con los requisitos del Código marino internacional de productos peligrosos de la Organización Marítima Internacional. A pesar de los términos del código, se dañaron contenedores y se perdieron paquetes de carga en el mar. Otro problema importante es la inadecuada rotulación y falta de descripción de los bienes transportados que no permite iniciar rápidamente las operaciones de salvataje y de limpieza. Si bien existe una información estadística confiable sobre el transporte de hidrocarburos por mar, los datos sobre otras sustancias peligrosas, con

diferentes características, producidos por muchas y diversas industrias, y con varios miles de fórmulas distintas son deficientes. Los problemas se agravan cuando se transportan sustancias compuestas por una mezcla de desechos peligrosos. Es menester un control más estricto de los movimientos navieros y en la administración y cumplimiento del reglamento sobre transporte de carga peligrosa.

82. La cantidad de productos químicos transportados en buques cisternas se ha más que duplicado en los últimos años, sin embargo, el volumen de aproximadamente 25 millones de toneladas en 1985 no es tan importante, comparado con el transporte de hidrocarburos. Esta cifra incluye a cientos de diferentes materias primas, pero más del 80 por ciento del total de toneladas esta compuesto por 22 productos. Entre estos, más de la mitad del volumen está formado por 18 petroquímicos (de los cuales el 60 por ciento es metanol, xileno, etilenglicol, benceno, y estireno) y el resto está compuesto por soda cáustica, ácido fosfórico y ácido sulfúrico.

83. Existen también accidentes bien documentados relacionados con la carga transportada en contenedores, tambores con plomo tetraetilo, plaguicidas y otras sustancias. Un buen ejemplo de los problemas derivados de los accidentes de barcos contenedores fue el protagonizado por el vapor Ariadne que encalló frente a las costas de Somalia en 1985 con 105 diferentes compuestos químicos, algunos sumamente tóxicos, y requirió operaciones de limpieza durante casi dieciocho meses. El episodio demostró asimismo como la coordinación informal entre organizaciones internacionales permite una asistencia invaluable a los países en desarrollo sin experiencia técnica para solucionar estos problemas.

H. EXPLOTACION DE LOS RECURSOS MARINOS NO VIVOS

1. Hidrocarburos y gas

84. La explotación marina subterránea de hidrocarburos y gas comenzó en la década de 1920. Si bien se realizó en muchos lugares diferentes, la extensión era reducida y se ubicaba en aguas bajas cercanas a la costa. En años más recientes se encontraron diversos yacimientos de hidrocarburos y gas en aguas más profundas y alejadas de las costas y con climas variados. Actualmente las perforaciones se realizan en medios hostiles tales como en parte del Grand Bank, el George Bank y el Mar Beaufort.

85. Todas las etapas de la explotación de hidrocarburos conllevan probables efectos ambientales. Durante los estudios iniciales de localización, las explosiones provocarán la muerte de los peces, mientras que otras técnicas de investigación sísmica interferirán con la pesca comercial. Una vez identificado el yacimiento, se procede con la perforación exploratoria desde naves o plataformas provisionarias para evaluar su potencial, con impactos similares a los de los grandes buques anclados durante un largo período. La descarga del lodo de la perforación producirá problemas adicionales. Una vez constatada la presencia de hidrocarburo en cantidades comerciales se instalan los servicios de producción. Estos servicios incluirán islas de grava creadas del material dragado de canteras cercanas o de los depósitos terrestres de grava, desde donde se transporta el material a la isla por caminos terraplenados. Las islas producen múltiples efectos tanto por el dragado y vertimiento, como por las modificaciones físicas en los procesos costeros.

86. El método más común de explotación se realiza desde plataformas de acero o concreto que pueden llegar a pesar varios miles de toneladas. Las consecuencias ambientales de estas estructuras se derivan en parte de las descargas de las actividades operativas y en parte de los accidentes; y podrían evitarse en parte con buenos dispositivos de seguridad. Las descargas operativas están en general reglamentadas por acuerdos internacionales. Por ejemplo, en el Mar del Norte el petróleo en las descargas de agua se limita a 40 ppm. Tanto las instalaciones de prospección como de producción utilizan lodos de perforación que contienen o no importantes cantidades de hidrocarburos y producen grandes cantidades de cortes y fragmentos de roca de las perforaciones. Estos fragmentos, se separan en lo posible del lodo (se recuperan y reutilizan al máximo dado su alto costo) y se vierten posteriormente al mar. La acumulación en el fondo llegaría a afectar una área de hasta 3 km. de radio alrededor de la plataforma, provocando cambios notorios en las comunidades benthicas locales. Si bien localizado, el impacto de las operaciones normales es importante. Por ejemplo, afecta a sólo el 0.1 por ciento del Mar

del Norte. Los pozos costa afuera también pueden ser blancos para acciones militares, tal como quedó recientemente demostrado en la zona del Golfo, o sabotaje, con la consecuente contaminación de las aguas adyacentes.

87. Además de estos efectos ambientales, la explotación de hidrocarburos tiene otros impactos importantes. La presencia de tuberías y torres de perforación crea zonas de exclusión para los barcos pesqueros y otras embarcaciones, mientras que los restos de las operaciones petroleras costa afuera pueden producir daños en los equipos pesqueros u obstaculizar las hélices de los barcos. En el Mar del Norte, se pagaron cerca de seis millones de libras esterlinas a los pescadores noruegos en compensación por pérdida de equipo pesquero, mientras que los pescadores británicos presentaron en los diez últimos años cerca de 1.200 demandas por pérdida de equipo y tiempo de pesca. Durante ocho años se llevó a cabo un operativo para remover 1.600 toneladas de detritos en 6.300 km² del lecho del mar del territorio noruego en el Mar del Norte, con un costo estimado en 3 millones de libras esterlinas. La limpieza del sector noruego derivó en un mejor conocimiento del lecho del mar, un mayor compromiso de las compañías petroleras para prevenir el vertimiento de detritos, y estrictas reglamentaciones nacionales.

88. Un nuevo y reciente problema es el desmantelamiento y eliminación de las instalaciones petroleras. En algunas partes del mundo, las plataformas están al límite de su vida útil y habrá que decidir que destino se les dará. De permanecer en el lugar los costos de mantenimiento serán altos, y serán improductivas a menos que se les encuentre un nuevo uso. El Foro internacional para la prospección y producción de la industria petrolera estimó el costo de la remoción total de todas las plataformas existentes en 1983, en aproximadamente 10.000 millones de dólares:

	Número de Plataformas	Costo de la remoción total (en millones)
Mar del Norte	83	7.393
Golfo de México	890	2.037
Medio Oriente/Golfo	445	382
Africa Occidental	49	155

Si bien estos costos parecen ser prohibitivos para la industria petrolera, por lo menos en el Mar del Norte, los intereses pesqueros se opondrán a toda solución que no implique la remoción total. La OMI desarrolló recientemente directrices y normas para la remoción de estructuras marinas, y dentro del marco del Convenio de Londres sobre Vertimientos se elaborarán directrices para su eliminación en el mar.

2. Otros minerales

89. Una pequeña proporción de los minerales explotables comercialmente en el mar se encuentran en estado líquido, en forma de sales disueltas y se recuperan tradicionalmente por evaporación. La mayor parte se encuentra en depósitos no consolidados - arena, grava, conchas, yacimientos de metales pesados y filones, nódulos y cieno metalífero. Otros se presentan como depósitos consolidados en incrustaciones, montículos e islotes, o en filones tabulares, canales mineralizados o en lechos en rocas huésped consolidadas. A pesar del potencial de las aguas profundas, la mayor parte de los pocos depósitos económicamente rentables se encuentran en profundidades menores de 200 m. en la plataforma continental, prácticamente en la misma proporción que en tierra, aunque son mucho más costosos de explotar. Cada depósito sería explotable por un período de 15 a 20 años, según la demanda, la proporción de recuperación y el alcance de los nuevos yacimientos.

90. Se utilizan dos métodos básicos para la minería de depósitos sólidos: raspado de la superficie y excavación de un pozo o fosa submarina. El raspado se utiliza cuando los depósitos se encuentran en o cerca de la superficie, mediante dragas excavadoras o equipo hidráulico para subir la roca. Cuando los depósitos están ubicados en el lecho del mar es preferible utilizar técnicas de excavación, desde el uso de simples agarraderas y draga de escalera para amarrar, hasta la draga de succión, o inclusive ocasionalmente hasta la perforación y uso de explosivos cuando los depósitos son duros. Asimismo, se ha utilizado satisfactoriamente el fango de la minería con barrenos en depósitos de arena y azufre marino.

Finalmente la excavación de túneles por medios convencionales subterráneos desde la costa o desde islotes naturales o artificiales en aguas poco profundas se ha sido utilizado ocasionalmente en depósitos de lechos de carbón, potasa y minerales de hierro y en filones de plomo, cobre y estaño.

91. Los efectos dependen del método utilizado en las actividades mineras, el tipo de mineral y las características de la zona donde se originan las perturbaciones en el mar. Se producen columnas de turbiedad en la superficie provocadas por los sistemas que bombean el mineral desde el lodo hasta el barco en la superficie y cerca del fondo del mar cuando existe o se produce material fino en un depósito profundo. Las principales perturbaciones en el lecho del mar se producen en el camino de la maquinaria de recolección, si bien existirían perturbaciones adicionales por el ruido y la luz.

92. Los efectos pueden darse en el campo cercano o lejano. Los efectos en el campo cercano son aquellos limitados por la ubicación de la mina y el período activo de minería. Producirán inevitablemente un impacto local en el fondo, y el equipo minero afectará los habitats y las especies inmóviles o de movimiento lento y dañará los lugares de desove de otras especies. La acción de las olas permite aplanar en horas o meses las zanjas en la arena, sin embargo, demorarán hasta 25 años o más en llenarse con grava. Estas fosas, zanjas o montículos llegan a ocasionar problemas en los equipos de profundidad utilizados por los pescadores locales, al igual que los equipos de minería y piedras grandes que pueden quedar al descubierto o ser desplazados. Existe una reglamentación eficiente en algunos países en cuanto a la extracción de arena y grava.

93. En el campo lejano es posible que se afecte el lecho del mar, y en forma muy reducida el nivel superficial y medio, especialmente en cuanto a la turbiedad y a la sedimentación.

94. El efecto físico directo de la sedimentación es el más importante, si bien muchos organismos socavadores encuentran su camino a medida que se deposita el material. No obstante la escala y frecuencia de la descarga de sedimentos puede llegar a exceder la capacidad de las comunidades bentónicas para sobrevivir o recuperarse. Algunos organismos, tales como los corales o los peces que desovan en el fondo y requieren agua limpia, están especialmente amenazados por el aumento de sedimentación. Otras comunidades, por ejemplo las comunidades de algas en el Ártico, y los organismos más lentos en la recolonización en el mar profundo, son especialmente vulnerables. Las sustancias tóxicas de los sedimentos originales difícilmente causan problemas en las zonas más alejadas.

95. En conclusión, si bien la explotación minera en el mar tiene un impacto mensurable en el medio ambiente, se limitaría a la ubicación de la mina y el tiempo de la operación, y se reduciría con una planificación cuidadosa y correcta de los procedimientos operativos. Sería conveniente una mayor difusión de estos procedimientos a fin de adoptar normas y criterios reconocidos. Es aconsejable una normalización de las muestras, análisis y registro de la información ambiental que permitan aplicar los datos en los diferentes contextos geográficos o transitorios. Los datos son importantes antes de comenzar, durante y después de terminar la extracción mineral para prever y evaluar los impactos.

3. Desarrollo de la energía oceánica

96. La tecnología de la energía oceánica incluye la conversión de la energía térmica oceánica (CETO), la captación de la energía de la ola por medio de estructuras flotantes o convertidores costeros, la captación de la energía mareal mediante el represamiento de los estuarios, la captación potencial de la energía de traslación de las corrientes por medios mecánicos o electromagnéticos, y la energía geotérmica del fondo del mar. Los efectos ambientales potenciales de estas actividades son diversos.

97. La CETO implica la transferencia de grandes cantidades de agua subterránea fría y rica en nutrientes a un medio superficial cálido, con consecuencias químicas y biológicas aún no evaluadas en las zonas cercanas a la descarga.

98. Las instalaciones operativas con base en la energía de las olas constituyen en general pequeños programas experimentales utilizados actualmente únicamente para la iluminación naviera en zonas remotas. No obstante existe un potencial para el desarrollo de grandes instalaciones, lo cual

abarcaría una extensión de varios kilómetros, con el consecuente impacto en las costas.

99. La captación de energía mareal implica el represamiento de los estuarios con capacidad de retención y topografía adecuadas (proporción largo-ancho), y un alto rango de mareas. Son pocos los lugares apropiados. Ciertas instalaciones planificadas son muy grandes y producirán cambios importantes en los procesos y condiciones de los estuarios. Se producirían importantes efectos por los cambios de salinidad, la reducción del caudal mareal y la pérdida o cambio de hábitat debido a la alteración del régimen de sedimentos y de las crecidas, especialmente dado que las zonas más adecuadas tienen una entrada estrecha y un amplio embalse posterior, con extensas y productivas marismas tan importantes para la vida silvestre y zonas de reproducción de peces.

100. Se ha propuesto la captación de energía de las corrientes mareales desde estructuras flotantes o autoestables, sin embargo, no se han desarrollado aún programas prácticos. Igualmente, la explotación de las extensas fuentes geotérmicas submarinas ofrecería buenas posibilidades en el futuro, a pesar de estar aún en la etapa de investigación.

101. Hasta el presente la energía oceánica ha tenido un uso limitado, y en general a escala experimental. Sin embargo, la preocupación por la amenaza de los cambios climáticos debido a las continuas emisiones de CO₂ determinaría la aplicación de restricciones en el uso de combustibles fósiles, favoreciendo entonces el uso de fuentes alternativas de energía actualmente consideradas no rentables. A pesar de que el uso actual de la energía oceánica es insignificante, GESAMP debe continuar observando los avances en este campo y sus consecuencias en la salud de los océanos, y estar preparado para estudiar el tema según lo requieran las circunstancias.

I. EXPLOTACION DE LOS RECURSOS MARINOS VIVOS

102. El primer informe de GESAMP sobre la Salud de los Océanos menciona la producción mundial de las pesquerías, y señala que en 1979 la captura de 71.3 millones de toneladas representó un aumento de cerca de 1 millón de toneladas, según las cifras del año anterior, y que el aumento anual ascendió a sólo un 1-2 por ciento, porcentaje mucho menor al aumento de un 6 a 7 por ciento establecido en las décadas anteriores. Sin embargo, desde 1979 la tendencia general ha ido en constante aumento, con un porcentaje anual de un 7 por ciento para la región. Los informes más recientes, en 1987, indican una nueva cifra récord de 92.7 millones de toneladas, y las primeras informaciones recogidas en 1988 indican un aumento posterior a 94 millones de toneladas. Se estima que antes de fin de siglo alcanzará la cifra de 100 millones de toneladas, cifra que muchos consideran como la máxima para una producción mundial sostenible de las pesquerías convencionales. Sin embargo, este aumento progresivo encubre una gran variabilidad de los recursos naturales y muchos problemas.

103. Gran parte de esta variabilidad proviene de causas naturales, como la corriente de El Niño (véase secciones I J), que produjo cambios en la distribución y volumen de las poblaciones de anchoveta y peces pelágicos pequeños, y alteró los patrones de pesca en varios países con importantes actividades pesqueras a nivel mundial. En general se desconocen las causas ni tampoco se comprenden las fluctuaciones naturales. Las consecuencias de estos sucesos naturales en las pesquerías combinadas con una explotación excesiva, serían mucho más importantes que cualquiera de los efectos conocidos de la contaminación en alta mar.

104. La captura excesiva o el máximo de la producción sostenible para un gran número de especies, especialmente las más valiosas comercialmente, y los cambios en el equilibrio dinámico entre las especies complica el manejo racional. Las nuevas tecnologías, el desarrollo continuo de mejores buques, el perfeccionamiento de las técnicas para la localización de peces, los nuevos equipos, el avance en los servicios de manejo y congelamiento, han incrementado las presiones en las poblaciones de peces. Por ejemplo, se utilizan en alta mar una gran cantidad de redes fabricadas con monofilamento de nylon. En el Pacífico Sur, una flota de 160 barcos adoptó esta técnica en 1988, y arroja diariamente desde cada buque 60 km. de red a 60 mt. de profundidad para la pesca del atún. Operaciones similares se realizan en el Pacífico norte para la pesca del salmón. Las redes capturan delfines, ballenas, tortugas y focas, conjuntamente con las especies buscadas, y cuando se utilizan en gran escala representan una actividad

pesquera jamás prevista anteriormente en alta mar.

105. Desde el siglo XIII, los progresos tecnológicos para la explotación de otras especies han permitido a los balleneros mejorar la caza a nivel mundial. Dado que las ballenas se dispersan a través de zonas muy extensas y están limitadas por un lento proceso de reproducción, el número de animales reproductores entre algunas de las especies más explotadas es crítico. Si bien no existe una evidencia real de la desaparición de una especie determinada de ballena, existe preocupación por especies tales como la ballena franca en el hemisferio norte y la ballena gris en el Pacífico. Antiguamente el sistema unitario "Ballena Azul" limitaba la caza de la ballena azul, el rorcual común, la ballena jorobada y el rorcual norteamericano a una cuota pre-fijada. Este procedimiento permitirá la explotación continua, inclusive cuando se reduzca notoriamente el número de una especie determinada. Más recientemente, a mediados de la década de 1970 estas deficiencias determinaron el establecimiento de límites para la captura de especies individualmente o en poblaciones, y se establecieron controles más rigurosos en cuanto a los procedimientos de manejo, especificando el límite de la captura para un máximo de producción sostenible. Este procedimiento protege a las poblaciones que han sido reducidas a menos de la mitad de su tamaño original. La caza comercial de la ballena está actualmente en suspenso mientras se realiza una evaluación completa de las diversas poblaciones y se formulan nuevos procedimientos de ordenación. La situación será estudiada nuevamente en 1990. Mientras tanto continúa la caza de la ballena con fines científicos.

106. Paralelamente con los efectos de los sucesos naturales o de los contaminantes en las pesquerías, es necesario considerar la situación inversa, es decir la posible función contaminadora por se de las actividades pesqueras. Los efectos nocivos pueden provenir de diversas fuentes. Las operaciones pesqueras producirían daño físico a los animales y a las plantas benthicas adheridas. La remoción de un gran número de organismos altera la estructura de maduración de la población y la composición y estructura de la red alimenticia. Asimismo, la maricultura implica una variedad de impactos, y todas estas actividades podrían llegar a influenciar la estructura genética de las poblaciones marinas.

107. La explotación de las pesquerías tiene importantes efectos físicos en el lecho del mar. Muchos buques de pesca nerítica utilizan equipo pesquero extremadamente pesado, con hasta 15 cadenas y un peso total de hasta 12 toneladas delante de la red de arrastre para remover a los peces. Las partes inferiores de las redes se protegen habitualmente con mallas de cadenas. Los efectos en el fondo abarcan desde un trillado insignificante, que se alisa con cada marea, hasta los cambios radicales en la distribución de los sedimentos y rocas que resultan de un fondo irregular y llegan a afectar desfavorablemente las operaciones pesqueras en la zona con equipos más livianos.

108. Los criaderos de crustáceos también contribuyen a perturbar el lecho del mar. Los equipos utilizados para recoger almejas, ostras, mejillones y conchas producen surcos y fosas; y los efectos del dragado hidráulico de moluscos son aún mayores. Además de los efectos físicos en el fondo del mar, afecta directamente a la fauna. En suelos duros se afecta la fauna de invertebrados sésiles, tales como los corales y las esponjas, e inclusive en los fondos blandos de arena y lodo, se destruyen y quiebran los animales, produciéndose alteraciones en las estructuras de las comunidades de animales benthicos en sitios intensamente explotados.

109. Los efectos biológicos de la pesca provienen de la reducción del número de peces y las consecuentes presiones en el ecosistema que producen los cambios en el equilibrio de la alimentación y depredación. La caza de la ballena y de la foca en los siglos XIX y XX, especialmente en la región antártica donde muchas especies prácticamente se extinguieron, derivó en un aumento del krill, atribuido a una reducción de la depredación; pero con un posterior aumento de otros consumidores del krill, tales como las aves marinas, las que comen carne de cangrejo y las focas de pelo fino. Aunque tal vez menos documentados, existen situaciones similares en otras partes del mundo. Se estima que la muerte de los pingüinos en las Islas Malvinas (Falklands) se debió a la hambruna producida por la pesca excesiva de los calamares, y que la mortandad de varias especies de aves, especialmente los frailecillos en el noreste del Atlántico estaría relacionada con el aumento de la pesca industrial para las especies chicas y de las poblaciones jóvenes de las especies grandes.

110. Los intentos del hombre para manejar las poblaciones naturales producen también otros efectos. Por ejemplo, las medidas de conservación para proteger las poblaciones de focas, prohibiendo la caza y eliminación selectiva, aumentarán su número con la consecuente sobre-población y

enfermedades en las zonas de caza seleccionadas y un aumento de la presión competitiva por los recursos pesqueros. Por otra parte, las focas hospedan parásitos que completan parte de su ciclo de vida en la carne de los peces comerciales; y pescadores de varias partes del mundo se quejaron de que el incremento de las poblaciones de focas aumenta el nivel de parásitos en los peces a niveles tan altos que limitan su comercialización.

111. Si bien la recolección de recursos marinos vivos está especialmente destinada a la alimentación, también se utilizan ciertas especies con otros fines. La explotación de los corales vivos, de algas coralinas y de algunos moluscos como material de construcción producirán daños inexorables a las comunidades biológicas. La creciente importancia y uso de productos farmacéuticos de organismos marinos ha derivado en la recolección en pequeña escala de especies exóticas y poco comunes.

112. La maricultura, que se está expandiendo rápidamente a nivel mundial (25 a 30 por ciento anual en algunos países), también podría tener efectos importantes, si bien locales, en el medio ambiente. Cuando estas actividades se realizan a escala relativamente importante en una misma ubicación, produce eutroficación, reduce el placer visual y puede interferir con otros usos del mar. Los cultivos en jaulas, especialmente, agrupan grandes números de peces en un lugar relativamente pequeño, liberan importantes cantidades de alimentos no ingeridos, y de materia fecal y otras excretas. Otros problemas menos evidentes vinculados con la maricultura se refieren al uso de agentes terapéuticos e intensificadores del crecimiento y pigmentos. En cuanto a las vitaminas, la biotina y la B 12 tienen una corta media vida en el mar, pero estimularían brevemente el crecimiento de las plantas. No se conoce mucho sobre el destino de los antibióticos y pigmentos.

113. Otro tema de preocupación es el uso de anti incrustantes para proteger las redes, las jaulas y otras estructuras de la piscicultura. Por ejemplo, se ha encontrado que los compuestos organoestánicos contaminan el ambiente circundante a los establecimientos de maricultura en Norte América y en el Reino Unido y tienen efectos marcados en organismos no destinatarios. También son tema de preocupación otros biocidas recientemente introducidos para proteger al salmón de los ectoparásitos, tales como los diclorvos, un compuesto de organofósforo.

114. Sin embargo, los efectos contaminantes más difundidos de la producción en jaulas se debe al incremento de materia orgánica que se genera alrededor de las jaulas marinas, donde el contenido orgánico de los sedimentos puede ser hasta 20 veces más alto que en otras zonas más distantes y no afectadas. Las consecuencias son en primer lugar una reducción de la diversidad de las especies y en casos más extremos la eliminación total de los invertebrados benthicos en las zonas adyacentes a las jaulas, con condiciones de hipoxia que se extienden en la masa de agua.

115. El cultivo de moluscos produce efectos similares (ej. mejillones) inclusive sin una alimentación complementaria. El impacto a escala mundial es relativamente leve, y una cuidadosa selección del lugar y el uso de mejores sistemas de cultivo, tales como los servicios que permitan el uso de grandes contenedores de residuos reducirá las zonas afectadas. Sin embargo, cuando los cultivos son intensivos y los lugares disponibles limitados, se producen efectos locales importantes, razón por la cual diversos gobiernos han establecido un régimen de licencia y otras formas de control. Finalmente, en algunas partes del mundo, especialmente en el sudeste de Asia y en América Central y del Sur, el aumento del cultivo de camarones y de peces ha derivado en una intensa eliminación de los bosques de manglares, destruyendo las zonas de reproducción de muchos animales costeros.

116. Un aspecto de la maricultura es la introducción de especies exóticas, situación que si bien puede ser planificada, ha sido también consecuencia involuntaria de los movimientos navieros o la construcción de canales. En algunos casos las especies exóticas de plantas y animales que se incorporan a un habitat ya establecido por este medio, han competido y desplazado a las especies nativas, y provocado nuevas plagas y enfermedades. Por ejemplo, en Europa en 1972 se encontró al sur de Inglaterra y el norte de Francia el alga japonesa *Sargassum muticum* que continua expandiéndose a pesar de los esfuerzos por controlarla, interfiriere con la navegación y provoca problemas en los puertos y playas de esparcimiento. Es por ello que muchos países tienen reglamentaciones estrictas para controlar la entrada de organismos, y el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM) ha elaborado un Código de Práctica referente a la introducción y transferencia de especies marinas.

117. Finalmente, existen posibles efectos genéticos de la explotación de recursos vivos. La captura extensiva de peces puede reducir el tamaño efectivo de una población, y provocar un aumento de la endogamia y la desviación genética. La maricultura provocará los mayores efectos genéticos, dado que la reproducción selectiva planificada produciría mejores especímenes para el mercado, pero menos aptos para sobrevivir en un medio silvestre. Se ha demostrado que los peces que escapan se reproducen frecuentemente con animales silvestres; si se produce en gran escala degradaría las poblaciones silvestres con las consiguientes perturbaciones a corto plazo, antes de que la competencia natural elimine los organismos híbridos.

J. SITUACIONES EXTREMAS

1. Acontecimientos Naturales

118. Las catástrofes naturales y otros cambios provocados por hechos naturales son esporádicos, y el 90% de los impactos sólo ocupan el uno por ciento en el tiempo. Por definición no son el resultado de las actividades del hombre, sin embargo, las decisiones humanas, tales como el asentamiento en zonas de alto riesgo, aumentan las consecuencias. Entre estos acontecimientos naturales se incluyen las tormentas (huracanes, tifones y ciclones), que, además de los efectos directos del viento producen olas ciclónicas que dañan las zonas litorales y los arrecifes de coral en muchas partes del mundo, agravan la erosión, y el entarquinamiento y provocan naufragios. Las marejadas (tsunami) originadas por ejemplo, por la actividad tectónica subterránea, son similares a las olas ciclónicas. En las Filipinas el tsunami más grave de este siglo sucedió en 1976, producido por un terremoto en el sur de Mindanao. Se constataron olas de 3 a 9 mt. de altura en la costa, la inundación se extendió hasta dos kilómetros tierra adentro, y provocó la muerte de 8.000 personas. Si bien los asentamientos humanos (90.000 personas quedaron sin hogar) fueron los más afectados, también las playas y los manglares sufrieron grandes daños.

119. Además de las perturbaciones provocadas por estos acontecimientos relativamente frecuentes, existen numerosas anomalías en la atmósfera y la circulación del océano que provocan vastos efectos adversos. El ejemplo más conocido es El Niño. Como resultado de una secuencia de complejos acontecimientos meteorológicos y oceanográficos originados en los trópicos y recurrentes en intervalos irregulares, las aguas cálidas (28-30 °C) fluyen al sudeste del Océano Pacífico, especialmente en las costas de Ecuador, Perú y Chile. La corriente del Niño de 1982/83 ha sido una de las peores que se recuerden y sus consecuencias fueron dramáticas. En 1983, la precipitación pluvial anual en Colombia duplicó su promedio. En junio del mismo año, la precipitación en Guayaquil (Ecuador) fue 40 veces mayor que el promedio mensual y 340 veces más alto que el promedio mensual en Paíta (Perú). Los ríos se inundaron y los deslizamientos destruyeron laderas enteras en la cadena andina. Las lluvias torrenciales y el lodo inundaron las zonas pobladas y las tierras agrícolas con una importante pérdida de vidas humanas. El nivel del mar ascendió en hasta 40 cm. y el aumento afectó el litoral de América del Sur con un retroceso de la costa, inundaciones en las zonas bajas y destrucción de las instalaciones pesqueras y piscícolas. El flujo de aguas cálidas provocó la inmigración de peces tropicales y la desaparición de especies endémicas comerciales, se suspendieron las operaciones de las flotas pesqueras, con una pérdida total para la industria pesquera en Ecuador y Perú de más de \$200 millones de dólares americanos.

120. Las perturbaciones naturales recurrentes también están bien documentadas a nivel biológico, con muchos informes de mareas rojas, excepcional proliferación de algas, y explosión demográfica de una serie de especies animales, incluyendo la medusa en el Mar Negro y el Adriático, los erizos de mar socavadores de arrecifes, *Echinometra mathaei* en Kenya y Kuwait; los gasterópodos *Drupella* que se alimentan de corales en las Filipinas y Okinawa, y las estrellas de mar *Acanthaster planci* en muchas zonas. Asimismo, se informó de una reducción de población, como la mortandad masiva de los erizos *Echinotrrix* en Hawaii y en todo el Caribe. A nivel más local, existen muchos informes sobre la mortandad de organismos marinos, tales como las aves marinas en el Mar de Irlanda en 1969, y de peces e invertebrados en la costa septentrional oriental de Norte América en 1976 y cerca de Noruega en 1988, que se asocian frecuentemente con una reproducción inusual de fitoplancton. Además una epidemia viral ha exterminado

a miles de focas comunes en el Mar del Norte desde los comienzos de 1988. Paradójicamente, ciertas perturbaciones naturales limitadas, pero recurrentes, ayudarán a mantener el equilibrio ecológico en muchos ecosistemas.

2. Accidentes

121. Parte de las secciones precedentes mencionan accidentes, tanto terrestres como marinos, como fuentes de contaminación marina. Los efectos de los accidentes más graves ocurridos en zonas terrestres muy alejadas de la costa, tales como el accidente de Chernobyl (1986) y el incendio en la fábrica en Basel (1986), que contaminó el Río Rín, prácticamente no se detectaron en el mar. Los accidentes de mayor importancia marina suelen ocurrir en instalaciones ubicadas directamente en la costa o en buques o perforaciones en el mar. Si bien pueden incluir una diversidad de productos químicos, la mayor parte de los accidentes de la última década están vinculados al petróleo. La carga y descarga de material y tanques de combustible resulta en frecuentes, aunque generalmente pequeños vertimientos en puertos, terminales y almacenamientos, pero los mayores vertimientos involuntarios de petróleo provienen de naufragios, erupciones de pozos o accidentes en las plataformas marinas o ruptura de las tuberías submarinas.

122. En el Mar del Norte, una explosión en Ekofist en 1977 causó un derrame de 30.000 toneladas de petróleo durante un período de ocho días. Gran parte se expulsó al aire a alta presión y temperatura y se evaporó, de forma tal que sólo se encontró en el mar una fracción del petróleo, sin signos evidentes de efectos ecológicos o tóxicos. Por el contrario, la explosión en Ixtoc (1979), en la costa mexicana, fue mucho más importante ya que continuó durante 10 meses con una pérdida de 400.000 toneladas de petróleo, y produjo una mancha de aceite que se extendió por el Golfo de México, contaminó las playas en Texas y dañó la vida y las aves marinas.

123. Los accidentes en buques cisternas son más frecuentes que las explosiones, y desde el naufragio del Torrey Canyon en 1967 se investigaron y documentaron exhaustivamente muchos derrames. Los buques tanques pueden llegar a derramar hasta 200.000 toneladas en pocos días, y el daño está relacionado tanto con el sitio del accidente como el volumen. El derrame de aproximadamente 39.000 toneladas del Exxon Valdez en 1989 en las estrechas aguas de Prince William Sound, en Alaska, Estados Unidos contaminó más de 550 km. de costas, con la consecuente muerte de aves y mamíferos marinos, y el riesgo inmediato de las pesquerías de camarones, arenque y salmón.

124. Los efectos a largo plazo provienen del petróleo que llega a las playas, especialmente en zonas protegidas donde permanece en forma de sedimentos enterrados con un posterior proceso de lixiviación y contaminación durante una década o más. Las regiones polares, donde la degradación del petróleo es lenta, son especialmente sensibles al petróleo, sin embargo, las experiencias recientes sugieren que los habitats tropicales también son vulnerables. Una mancha de aceite que llegó hasta la costa de Panamá en 1986 provocó la muerte de entre un 51 y un 96 por ciento de los corales submareales a una distancia de hasta 3 mt. de la superficie y de hasta un 45 por ciento de los corales a distancias entre 9 y 12 mt. de la superficie. No afectó a los arrecifes adyacentes a la mancha. Actualmente existe una gran cantidad de medidas técnicas para combatir los derrames de hidrocarburos. Entre ellos se incluye el uso de barreras flotantes para proteger las zonas sensibles, la recuperación del petróleo de la superficie del mar y el tratamiento con dispersantes químicos no tóxicos. Sin embargo, es esencial la planificación y preparación por anticipado en caso de desastres para reducir el daño.

125. El costo económico y social de los derrames es indudablemente sumamente alto, e incluye la pérdida de recursos vivos de valor comercial, la pérdida de los ingresos turísticos, el daño a los ecosistemas, la reducción del valor de los sitios de esparcimiento y los altos costos de la limpieza. Los costos sociales del naufragio del Amoco Cadiz en 1978 se estimaron entre \$200 y 300 millones de dólares americanos. Si bien algunos accidentes se producen por eventos naturales, tales como las tormentas o las fallas mecánicas de un equipo, la mayor parte son consecuencia de los errores humanos. Es fundamental destacar la necesidad de reducir el riesgo mediante una vigilancia constante, una tecnología adecuada y prácticas de trabajo correctas.

II. CONTAMINANTES MARINOS: NIVELES Y DISTRIBUCION

A. FLUJO Y TRANSPORTE

126. Los contaminantes ingresan al medio marino por diversas vías. Existen más de 40.000 km. de placas limítrofes subterráneas divergentes y activas. No sólo constituyen una importante fuente continua de calor, sino que también expulsan intermitentemente magma líquida y fluidos hidrotérmicos que producen masivas nubes subterráneas de compuestos metálicos y sulfurosos a altas temperaturas. Se han constatado, por ejemplo, en las cercanías del Explorer Ridge cerca de la Columbia Británica, nubes o columnas que cubren decenas de kilómetros y también emisiones termales en muchas zonas oceánicas. Si bien los datos cuantitativos sobre estos flujos naturales son escasos, su magnitud ilustra la importancia a nivel mundial. Sin embargo, son los ríos y la atmósfera las dos vías principales de los potenciales contaminantes de origen terrestre a los océanos. Para controlar estos flujos oceánicos, habrá que estudiar los procesos iniciales de contaminación de los ríos y la atmósfera. Para estimar la necesidad y el valor de dichos controles, habrá que evaluar la importancia relativa de cada vía.

1. Descarga fluvial en el mar

127. Se considera que el flujo tierra-mar esta formado por el flujo bruto, es decir el porcentaje de contaminantes transportados hacia el mar desde la zona de captación; y el flujo neto, es decir el flujo de material fluvial que se vierte desde la región costera y estuarina y se transporta hacia el océano.

128. La mejor forma de estimar el flujo bruto de los ríos a los océanos a nivel mundial es extrapolar los datos confiables de estos flujos en diversos regímenes climáticos, geológicos, biológicos y demográficos. Actualmente sólo se disponen datos de un limitado número de sistemas fluviales y unos pocos contaminantes. En el ámbito de los nutrientes, por ejemplo, se han estudiado una variedad de sistemas fluviales y la extrapolación de los resultados permite estimar la total descarga fluvial bruta a nivel mundial, con referencia a los flujos naturales de nitrógeno, fósforo y silicio disueltos y los flujos de nitrógeno y fósforo suspendido.

129. También se estudian con diferentes métodos los flujos resultantes de las actividades humanas, incluyendo la comparación entre ríos prístinos y contaminados, la evaluación histórica de algunas concentraciones en ríos importantes, y la estimación de los flujos de las descargas de las actividades industriales, agrícolas y domésticas. Si bien existen importantes discrepancias entre los diversos estimativos, se ha establecido una similitud entre el flujo antropogénico y el flujo natural de los nutrientes disueltos, e inclusive en algunas zonas es mucho mayor.

130. Existen grandes dudas sobre los metales traza, pero los estimativos disponibles muestran sólo un orden de magnitud de error. Debido a la complejidad de la química y gran variedad de los compuestos sintéticos orgánicos los estimativos deberán realizarse específicamente por compuesto y a nivel regional, más que a nivel mundial.

131. El flujo neto al océano abierto debe ser determinado en algún punto límite costa afuera, dado que muchos de los productos químicos transportados por vía fluvial mar adentro se transforman o eliminan a medida que fluyen sobre la zona continental. Los cálculos del flujo neto permiten también estimar la fracción del material fluvial retenido en la plataforma continental. Cuanto mayor es el tiempo sobre la plataforma continental mayor será esta fracción, de manera que la descarga fluvial en mares cerrados derivará en un menor aporte para el océano profundo, a diferencia de las descargas fluviales directas en cuencas estrechas con una buena correntada.

2. Descarga atmosférica en el mar

132. La atmósfera transporta material desde diversas fuentes, tanto naturales como antropogénicas. La primera incluye el polvo de las zonas áridas, de la tierra, de los volcanes, de la vegetación e incendios forestales, como también aerosoles de los océanos. Entre las fuentes antropogénicas se incluyen las emisiones de las industrias, la producción y uso de la energía, la combustión de los desechos y las actividades agrícolas. Las fuentes atmosféricas de compuestos organohalogenados sintéticos comprenden, por ejemplo, las emisiones de la producción, aplicación y eliminación de plaguicidas. Los contaminantes se dispersan en la atmósfera en forma gaseosa o de aerosoles y micropartículas finas; esta diferencia es importante dado que afecta la proporción, modo y lugar de la deposición. Los compuestos se introducen en la atmósfera prácticamente a nivel del suelo, desde donde se mezclan verticalmente y se transportan a miles de kilómetros a través de fronteras nacionales para diseminarse en los principales sistemas oceánicos.

133. Dado que las fuentes contaminantes se encuentran localizadas en las latitudes medias del hemisferio norte, los materiales tienden generalmente a trasladarse de occidente a oriente, si bien en ciertos casos específicos (ej. el accidente de Chernobyl) las condiciones climáticas del momento determinaron los movimientos de las vías de las emisiones. En términos generales América del Norte descarga en el Océano Atlántico Norte, y el continente asiático en el Océano Pacífico Norte y el Océano Ártico. Por el contrario, el movimiento en la zona de los vientos alisios es de este a oeste, de manera tal que el flujo del sur de América del Norte es a través del Pacífico Norte y del norte de África hacia y a través del Atlántico Norte. Diversos modelos meteorológicos describen estos movimientos atmosféricos con las emisiones, transporte, transformaciones químicas y procesos de eliminación.

134. La descarga atmosférica total de productos químicos en la superficie del océano es la suma de las cantidades que se introducen directamente en forma de gas o micropartículas (deposiciones secas) y las precipitaciones de lluvia o nieve (deposiciones húmedas). En ambos casos no es fácil obtener estimativos precisos. Inclusive cuando se dispone de muestras de precipitación no contaminadas, especialmente difíciles de recopilar en los océanos, la interpretación de los datos se complica por las variaciones en la distribución vertical, duración, intensidad y tamaño de la precipitación. También se encuentran dificultades para la medición directa de la deposición de micropartícula "seca". Finalmente, no existen técnicas para una medición directa de las corrientes de gases importantes a través de los puntos de contacto aire-mar.

135. En consecuencia se desarrollaron métodos indirectos para estimar las corrientes de contaminantes. En general, los estimativos se realizan sobre el flujo bruto más que neto, dado que muchos de los productos químicos que descarga la atmósfera en los océanos se re-introducirán a través del intercambio de gases o el estallido de burbujas. A menos de que se tome en cuenta este material reciclado, los cálculos sobre las deposiciones serán sumamente altos. Las actuales bases de datos que pueden ser utilizadas para estimar el flujo aire-mar varían en tamaño y calidad, y muy pocas abarcan suficientes datos sobre tiempo y espacio para tomar en cuenta la variabilidad en las concentraciones atmosféricas (y agua) y los porcentajes de deposición, si bien se está avanzando en este aspecto, especialmente en las cuencas del Atlántico Norte y el Pacífico Norte.

136. Existen datos del Mar del Norte, del Mar Báltico y del Mediterráneo Occidental, como también de zonas en los océanos Pacífico y Atlántico. Una amplia evaluación de los datos obtenidos en estas y otras zonas, indican que los flujos atmosféricos de muchos metales, (con excepción del mercurio) en los Mares del Norte, Báltico y Mediterráneo son entre tres y diez veces más altos que en el Atlántico Norte. Estos mares regionales reciben un flujo de entre 10 y 100 veces más alto que la zona tropical del Pacífico Norte, mientras el Pacífico Sur tiene un flujo de 5 a diez veces menor que el Pacífico Norte. Las diferencias se mantienen al aumentar la distancia desde las fuentes continentales, tanto naturales como antropogénicas. El mercurio muestra una relativa pequeña diferencia dado que en general se encuentra en la atmósfera en forma gaseosa como mercurio elemental, con una vida atmosférica relativamente larga y una distribución geográfica relativamente homogénea.

137. Se realizaron estimativos similares del flujo atmosférico de ciertos compuestos orgánicos de alto peso molecular tales como el BPC, el DDT y el HCH en los mares regionales europeos como también en los Océanos Atlántico y Pacífico. A pesar de que existen aún dudas, se percibe una tendencia decreciente en una proporción aproximada de dos a cinco de las corrientes atmosféricas entre los mares regionales y los océanos abiertos en el hemisferio norte y una proporción de dos a cinco aún menor en los océanos del hemisferio sur. La reducción total del flujo es menor que en la mayoría de los metales estudiados, dado que, al igual que el mercurio, los compuestos orgánicos se encuentran especialmente en la fase gaseosa y tienen un tiempo de permanencia mayor en la atmósfera que otros metales de las partículas de aerosol.

138. Finalmente, las corrientes de nitrógeno fijo demuestran el mismo tipo de gradiente desde los mares regionales hacia el Pacífico Sur, si bien el gradiente es menor que en los metales, a pesar de su corta vida atmosférica. Este hecho refleja importantes fuentes de nitrógeno fijo en zonas marinas alejadas.

3. Comparación entre la descarga atmosférica y fluvial

139. Con base en esta información se compararon los flujos de diversas sustancias en la descarga marina de origen atmosférico y fluvial. Los cálculos indican que aproximadamente el 98 por ciento del plomo que eventualmente se disuelve en el mar se introduce a través de la atmósfera y la mayor parte del cadmio, cobre, hierro y zinc disueltos también provienen principalmente de la atmósfera. Asimismo, es importante el nivel de arsénico y níquel de la descarga atmosférica en los océanos mundiales. El 80 o 99 por ciento del BPC, DDT, HCB y HCH en las aguas oceánicas se origina en la atmósfera. En el mar del Norte, las fuentes atmosféricas de HPA y HCH exceden claramente la descarga fluvial.

140. En cuanto a los nutrientes, si se comparan las descargas atmosféricas y fluviales mundiales en los océanos se constata que la descarga atmosférica de nitrógeno es mayor que su descarga fluvial neta, e igual a la descarga fluvial bruta. La descarga atmosférica de fósforo es prácticamente igual a la fluvial. Los estimativos de las corrientes fluviales, las descargas directas y los flujos atmosféricos en el Mar del Norte permiten asegurar que las descargas fluviales de nitrógeno son similares a las del Mediterráneo.

141. En conclusión, la información disponible sugiere que la descarga fluvial es generalmente más importante que la descarga atmosférica en las zonas costeras, si bien en ciertas zonas y para ciertas sustancias (ej. plomo y HCH en el Mar del Norte, nitrógeno en el Mediterráneo) las descargas atmosféricas son similares o inclusive mayores. En las cuencas oceánicas, el flujo atmosférico de los contaminantes producidos por el hombre es generalmente mayor que la descarga fluvial neta, dado que gran parte del material fluvial queda atrapado dentro de las zonas costeras. No obstante, es necesario destacar la carencia y relativa inexactitud de los datos. Especialmente existe una total falta de datos sobre la descarga fluvial y atmosférica simultánea en una misma zona marina; habrán de adaptarse las medidas necesarias para mejorar la base de datos.

B. CONTAMINANTES DE MAYOR INTERES

1. Compuestos orgánicos sintéticos

142. Además de los contaminantes conocidos, anualmente entran en el mercado entre 500 y 1000 nuevos productos químicos, y los ya conocidos se utilizan con otros fines. Rara vez se conocen sus consecuencias y destino en el medio ambiente. Las concentraciones combinadas de cloro en el tejido graso de los peces es de 30 a 200 ppm, de los cuales se le atribuyen a contaminantes conocidos tales como el DDT, el BPC, las dioxinas y los clorofenoles entre cinco y diez ppm. El resto (hasta un 95 por ciento) se desconoce. Las posibles fuentes serían los compuestos con bajo peso molecular de los molinos de papel, de las fundiciones de magnesio y aluminio y de la combustión de materiales con contenido de cloro. Es evidente que se requiere mucha más información sobre la historia de los compuestos clorados liberados en el medio ambiente.

143. Los plaguicidas con hidrocarburos clorados y los BPC (bifenilos policlorados) constituyen una fuente de especial preocupación, dada su persistencia en el medio, concentración en las cadenas de alimentos, prolongada permanencia y acumulación en los tejidos grasos de los animales, que alcanzan sus más altos niveles en rapaces y mamíferos marinos. Estas sustancias, que penetran al mar a través de la atmósfera, son absorbidas por las partículas suspendidas y tienden a asentarse en los sedimentos. Permanecen inertes hasta ser movilizadas y reincorporadas por perturbaciones en el fondo del mar y se reintroducen en la cadena de alimentos, independientemente de su uso o no en fuentes terrestres.

144. No existen datos sobre la producción y uso de plaguicidas y BPC en la mayor parte del mundo. Diversos países en las zonas templadas han prohibido el uso de plaguicidas clorados, y los sustituyen con productos menos persistentes. Los BPC se utilizan desde 1930 con diversos fines, tales como dieléctricos en transformadores y condensadores de fácil recuperación y sin pérdidas, en fluidos hidráulicos y de transferencia de calor y como componentes en una serie de productos, incluyendo pinturas y aceites lubricantes. Cuando no se utilizan en sistemas cerrados estrictamente controlados, se propagarán y eventualmente introducirán en el mar. Si bien muchos países han prohibido su uso en sistemas abiertos, continúan vertiéndose en el medio ambiente, por ejemplo, desde vertederos y rellenos sanitarios. En latitudes menores, las mediciones ambientales indican amplias aplicaciones de los plaguicidas clorados, incluyendo el DDT y el HCH (hexaclorohexano), y sugieren un aumento en el uso de los BPC. En consecuencia existen cantidades mensurables de DDT, HCH y BPC inclusive en el medio Antártico, pero en niveles menores que en las latitudes templadas.

145. Si bien se desconoce la tendencia mundial en el tiempo, las mejores técnicas analíticas sobre las concentraciones de estas sustancias impiden comparar los resultados presentes y pasados, y las evidencias indican que las aguas oceánicas superficiales tienen mayores concentraciones en las latitudes templadas del norte que en las zonas cercanas a los polos. De igual manera, los especímenes de mamíferos marinos en el hemisferio norte tienen un mayor nivel de BPC en los tejidos grasos que aquellos en el hemisferio sur. Los niveles de DDT se reducen con la diferencia latitudinal.

146. A comienzos de la década de 1950 se reconoció la propiedad biocida de los compuestos organoestánicos, especialmente el tributilestánico (TBE). Inicialmente estas sustancias se utilizaban como fungicidas, bactericidas y preservativos de las maderas, textiles y papel, y además para aislación eléctrica. El TBE se aplicó por primera vez a mediados de la década de 1960 en la pintura marina como un agente anti-incrustante. También se introdujo en el medio marino a través de otros usos diversos. Por ejemplo, es, o ha sido aplicado en preparaciones anti-incrustantes en las jaulas de los criaderos de salmón y se utiliza en algunos países en cestas de langostas o corrales de peces y crustáceos. Se le consideraba sumamente efectivo, y las pruebas de laboratorio indicaban que su rápida degradación reducía todo efecto secundario. Si bien demostró ser uno de los agentes más efectivos contra los organismos vegetativos en los fondos de los barcos y en otras estructuras, su uso continuo mostró mayor persistencia que la prevista y se detectaron efectos en ciertos organismos marinos en concentraciones muy bajas.

147. El impacto en especies no previstas se observó por primera vez a mediados de la década de 1970 en la Bahía Arcachon, que abastece el diez por ciento de las ostras que se consumen en Francia, y constituye también una de las principales zonas recreativas, con muchas embarcaciones turísticas en los puertos deportivos adyacentes a las zonas de producción de ostras. Las ostras (*Crassostrea gigas*) comenzaron a mostrar serias malformaciones en las conchas y se redujo notoriamente el desove de esta especie y de la ostra europea *Ostrea edulis*. Se sospechó de una lixiviación de TBE de la pintura anti-incrustante, y los ensayos en paneles pintados confirmaron la hipótesis de esta vinculación.

148. Luego de los primeros informes de obreros franceses, se detectaron problemas similares en varios países. Posteriores estudios, especialmente en el Reino Unido, confirmaron que el TBE provocaba las malformaciones de las conchas de las *C. gigas* y problemas en la reproducción de la *O. edulis*. En concentraciones de hasta 200 ng l^{-1} se detectaron malformaciones en *C. gigas*, y claras inhibiciones en la función reproductora de la *O. edulis*. Se redujo el crecimiento de larvas nuevas a 60 ng l^{-1} con menores efectos en 20 ng l^{-1} .

149. Los efectos laterales del TBE no se limitan únicamente a las ostras. Un gran número de organismos no previstos (peces, tunicados, y la mayoría de los organismos marinos invertebrados) muestran ciertos efectos en concentraciones de décimas de ng l^{-1} . La *Nucella lapillus* común ha

demostrado ser especialmente sensible, con características "bisexuales" (hembras que desarrollan características masculinas) en niveles bajos de exposición de hasta 2.5 ng l^{-1} . Las actividades de vigilancia en varios países, especialmente en los Estados Unidos y Canadá, han confirmado la existencia de estas concentraciones en diversos y variados sitios. Si bien el TBE en aguas limpias se descompone entre 7 y 15 días, su acción persiste durante más tiempo en los estuarios donde la penetración de la luz es reducida y se adhiere a la materia macroparticulada en el volumen de agua y posteriormente a los sedimentos.

150. No se ha demostrado que la acumulación de TBE en los organismos marinos de consumo represente peligros para la salud pública, pero el tema está en estudio. Sin embargo, debido a los efectos indeseados en organismos no previstos, varios países han restringido o prohibido el uso de pinturas anti-incrustantes. Francia fue el primer país en adoptar esta medida en 1982, cuando prohibió las pinturas con TBE en las embarcaciones turísticas de menos de 25 mt. de largo, a excepción de las construidas en aluminio. Posteriormente, en 1985, el Reino Unido adoptó restricciones para ciertas pinturas, y en 1987 se prohibió totalmente el uso del TBE, con excepción de pinturas con bajas concentraciones de copolímeros destinadas a los buques comerciales. Varios otros países han adoptado o están considerando reglamentaciones conexas. En los Estados Unidos, diversos estados ya han adoptado restricciones similares. Estas restricciones están fundamentadas en evidencias reales, y deberían emularse.

151. La continua vigilancia ambiental, luego de la adopción de restricciones en Francia, muestran que el medio ambiente afectado tiende a recuperarse en un período de entre dos a cinco años. Sin embargo, observaciones recientes indican la presencia de concentraciones peligrosas en algunas zonas. La experiencia con el DDT sugiere que debe hacerse una evaluación continua sobre el uso y destino del TBE y de los posibles efectos de los productos sustitutos.

2. Radionúclidos

152. Las sustancias radiactivas se encuentran presentes en forma natural en las aguas oceánicas. Estas incluyen los radioisótopos del potasio, rubidio, torio y uranio; estos últimos son el producto de la desintegración radiactiva. Otras sustancias radiactivas, ^3H y ^{14}C , se producen en la atmósfera a través de la interacción de radiación cósmica del espacio extraterrestre y los componentes del aire, y son también el resultado de las actividades humanas.

153. El primer grupo se introduce en los océanos como consecuencia de la escorrentía de rocas meteorizadas o en el caso de productos de desintegración, por la descomposición de las sustancias principales en el agua. Por el contrario, las sustancias radiactivas cosmogénicas se depositan en la superficie del agua a través de las precipitaciones. Ambas categorías se distribuyen a través de la columna de agua por procesos físicos, químicos y biológicos y se adhieren posteriormente en los sedimentos oceánicos. Por ej. la lista de ^{14}C , ^3H , ^{40}K , y ^{238}U en las aguas oceánicas se estima en cifras de 8.0×10^3 , 8.5×10^2 , 1.6×10^7 , y 5.6×10^4 PBq (petabecquerels) respectivamente.

154. Las actividades humanas también hacen su aporte a la lista de los radionúclidos oceánicos. Los radionúclidos naturales se filtran de los desechos de minería y de los molinos; sin embargo, los niveles mensurables aumentan sólo en las zonas adyacentes a las fuentes. El resto es insignificante o por los menos no mensurable.

155. Los ensayos con armas nucleares han aportado radionúclidos artificiales al medio ambiente, la mayor parte de los cuales provienen de ensayos en la atmósfera y precipitaciones de descargas secas y especialmente húmedas. Estos ensayos producen radionúclidos artificiales tales como ^{14}C , ^{137}Cs , ^3H , ^{90}Sr , y también plutonio y otros elementos transuránicos. El informe del Comité de las Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Atómicas de 1982 permitió elaborar estimativos aproximados del vertimiento de estos radionúclidos en los océanos. Estos estimativos se sitúan en 6.1×10^2 , 1.5×10^5 , 8.2 y 3.7×10^2 PBq para ^{137}Cs , ^3H , $^{238,240}\text{Pu}$ y ^{90}Sr , y no menos de 40 PBq para ^{14}C respectivamente.

156. Las descargas en los océanos del hemisferio sur equivalen a la mitad de las del hemisferio norte. Recientemente un grupo de Expertos de la OIEA obtuvo estimativos ligeramente superiores de estos radionúclidos en el océano con base en concentraciones mensurables. Las precipitaciones de ensayos

nucleares han sido la única fuente de contaminación radiactiva de los océanos del mundo. No obstante, la amplia dispersión ha reducido los niveles de las concentraciones en el medio ambiente, y en consecuencia constituyen adicionales insignificantes a la exposición de origen natural.

157. Las descargas operativas de efluentes de las diferentes actividades contienen material radiactivo de los reactores nucleares y de las plantas de reprocesamiento que se añaden a la lista de radionúclidos. Las descargas oceánicas de la atmósfera, los ríos y en algunos casos del vertimiento directo en el medio marino, están controladas por reglamentaciones que incluyen autorización y vigilancia. Resulta difícil evaluar la cifra total de los radionúclidos artificiales del ciclo de combustión nuclear, de las actividades industriales y médicas que penetran en el océano. Sin embargo, un Grupo de Expertos (creado dentro del marco del CLV) obtuvo recientemente estimativos de la descarga máxima anual de un número de radionúclidos de las plantas de energía nuclear en funcionamiento, con base en la información que regularmente estudia UNSCEAR. En cuanto a la descarga desde plantas de reprocesamiento de combustible, es de notar que sólo se procesa actualmente un 5 por ciento del combustible, y se está reduciendo la descarga de plantas en funcionamiento. Según el último informe de UNSCEAR, las descargas de Sellafield en el Reino Unido ascendieron a 2.7 PBq en 1980-81, 1.6 en 1982-83 y 0.38 PBq en 1984-85; desde el Cabo de la Haya, Francia, la descarga de ^{137}Cs fue de a 0.039 PBq en 1980-82 y 0.027 PBq en 1983-85.

158. Anteriormente, parte de los desechos con bajo nivel radiactivo se envasaban y vertían en el mar. Sin embargo, estas actividades se suspendieron, por lo menos momentáneamente en 1982, en virtud de una moratoria voluntaria y en acuerdo con una resolución no obligatoria de las Partes Contratantes al Convenio sobre Vertimientos de Londres. Desde 1946 hasta 1970, se vertieron en los Océanos Pacífico y Atlántico y en el Golfo de México 4.5 BPq de desechos radiactivos en aprox. 90.000 contenedores. Entre 1949 y 1982, los países de Europa Occidental descargaron en diez ubicaciones especialmente en zonas cercanas a la latitud 46 °N y longitud 17 °O, 54 PBq, más de 140.000 toneladas de desechos envasados. El Japón también realizó actividades similares entre 1965 y 1968 y la República de Corea entre 1968 y 1972, si bien en cantidades comparativamente menores.

159. La cantidad total de material radiactivo vertido en el mar, cerca de 60 PBq, es mucho menor que los aprox. 2×10^5 que se agregaron a los océanos como resultado de los ensayos de armas nucleares entre 1954 y 1962. Esta cifra, a su vez alcanza a sólo el 1 por ciento de los 2×10^7 PBq que existe naturalmente en el océano. Sin embargo, la composición de los radionúclidos es diferente en cada uno de los casos. Dado que los radionúclidos varían en cuanto a sus efectos en los organismos marinos y en el hombre, el total representa una guía muy aproximada de su peligrosidad. Asimismo, se hace notar que los vertimientos no deben considerarse seguros sólo porque la descarga de radionúclidos es reducida comparada con la incidencia natural de los radionúclidos en el medio ambiente. El Grupo de Expertos del CLV señaló que:

- a. los riesgos presentes y futuros de los pasados vertimientos de desechos en el mar son extremadamente reducidos. Está previsto el nivel máximo de riesgo (de desarrollar un cáncer fatal o defectos hereditarios graves) para dentro de 200 años, a un promedio de menos del 10-9 por año. Los individuos más expuestos serían quienes consumen crustáceos de las aguas antárticas;
- b. a pesar del reducido peligro que representa para el ser humano, una exposición adicional a los componentes de larga vida en los desechos ya vertidos, resultaría en un total de pérdidas humanas de hasta 1000 casos durante los próximos 10.000 años. Las vías predominantes de esta exposición no serían el consumo de crustáceos, sino el consumo de alimentos producidos en tierra. Esto se debe al isótopo ^{14}C , el principal compuesto liberado, (o a la dosificación colectiva, como se dice técnicamente) que tiene una vida media (el tiempo que requiere para reducir su actividad en un 50 por ciento) de 5.700 años. Durante este período gran parte se liberaría de los océanos en forma de dióxido de carbón gaseoso, y se propagaría por toda la tierra. Si se remueve el ^{14}C y otros pocos radionúclidos de larga vida de los desechos antes de ser eliminados en el mar, la dosificación colectiva de futuras operaciones de vertimiento sería mucho más reducida, si bien debe considerarse que otras formas de descarga del ^{14}C implicarían riesgos comparables a las descargas marinas;

- c. las dosis de las descargas anteriores fueron mucho menores en los organismos marinos que habitan en los sitios de descarga o zonas adyacentes, que la dosis de los radionúclidos naturales, y no se estiman efectos perceptibles en las poblaciones de organismos.

160. La exposición interna o externa de radionúclidos en los organismos, incluyendo el hombre, se realiza a través de diversas vías. La exposición interna incluye el consumo de diversos tipos de alimentos marinos y la inhalación de partículas transportadas por el aire y aerosoles marinos. La exposición externa se produce durante las actividades de natación, paseos en barco y otras actividades playeras, y del manejo del equipo de pesca contaminado. Ciertas vías, si bien son de interés científico, no representan una exposición importante a los radionúclidos. Por ejemplo, la expulsión de burbujas en el volumen de agua y la evaporación al estallar en la superficie son un mecanismo de transferencia de los radionúclidos y metales pesados del mercurio marino a la atmósfera y posteriormente a la tierra; hecho que se verificó con el plutonio y el americio en el Mar de Irlanda. Sin embargo, la dosis de radiación a través de las grandes gotas es insignificante, comparada con las dosis por el consumo de alimentos marinos en los grupos más afectados. No obstante, las pequeñas gotas producidas por el estallido de burbujas tendría un aporte mensurable de plutonio en zonas cercanas a la costa.

161. Los accidentes nucleares no han originado importantes aportes a nivel mundial en la lista de radionúclidos oceánicos. Si bien los tres principales accidentes nucleares (Windscale, Reino Unido en 1957, Three Mile Island, Estados Unidos en 1979 y Chernobyl, Unión Soviética en 1986) liberaron radionúclidos en el medio ambiente, las principales vías de contaminación del hombre no son a través del mar. En el accidente de Windscale, la radioiodina en la leche fue el medio principal de radiación humana. En Chelyabinsk, fue la exposición por leche contaminada con ^{90}Sr y la radiación externa. En la Isla Three Mile, principalmente por la descarga de gases nobles radiactivos, especialmente el ^{133}Xe . El accidente de Chernobyl provocó una extensa contaminación ambiental en toda Europa y la exposición de la población, en especial a las emisiones de gamma depositadas en los suelos y al ^{137}Cs en los productos lácteos y cárnicos. Se estimó la descarga del ^{137}Cs en los océanos (UNSCEAR, 1988) en 4.7 PBq de un total de 70 PBq liberado. La exposición de la población a través del consumo de pescados y mariscos fue insignificante, y no se observaron efectos en los organismos marinos.

162. Las aguas oceánicas también recibieron ^{238}Pu del generador isotópico en un satélite que regresó accidentalmente a la atmósfera y se desintegró en 1964. En las aguas costeras cercanas a Groenlandia los niveles de plutonio aumentaron levemente luego de la pérdida accidental de dos armas nucleares en 1968.

163. La fabricación y operación del equipo militar nuclear, y las actividades de los buques que funcionan con energía nuclear, también contribuyen a la lista de radionúclidos en los océanos, si bien no existe información sobre estas fuentes de contaminación.

164. El interés por las sustancias radiactivas en los océanos radica en los potenciales efectos nocivos de la emisión de radiaciones en organismos, especialmente el hombre. Dependen de las dosis que reciben los destinatarios, por ejemplo en la energía que absorbe el tejido vivo desde fuentes externas (radiación externa) o emitida por radionúclidos depositadas en los tejidos (radiación interna) por efecto de la ingestión o inhalación.

165. En el caso del hombre, los efectos nocivos de las radiaciones están bien documentados, siempre y cuando las dosis tengan una magnitud mayor que las habituales en las fuentes naturales. Para comparar niveles de radiación con los niveles ambientales, se elaboraron factores de riesgo cuantitativo. Por lo tanto, la dosis máxima para proteger a la población durante el ciclo de vida (1 mSv y^{-1}) desde todas las fuentes de radiación artificial, con excepción de las fuentes médicas, es igual a la mitad del promedio anual de exposición a la radiación natural. Las dosis anuales máximas de los grupos más afectados por la contaminación marina de los vertimientos en el mar, son por ejemplo, más de mil veces menores a la dosis máximas establecidas. Las dosis de radiación de las descargas de las plantas de reprocesamiento son mayores que de las plantas energéticas, con un valor representativo de un décimo del promedio anual de la dosis natural. Sin embargo, en algunos casos (por ejemplo Sellafield, Reino Unido) la dosis es mayor y el grupo más expuesto recibió casi el doble de radiación durante el año de mayor exposición.

166. Las dosis y los efectos en los organismos marinos o las poblaciones marinas son mucho menos conocidas. Al igual que en el ser humano, los efectos pueden ser somáticos (en individuos expuestos) o genéticos (en las células germinadoras de los individuos radiados y transmisibles a sus descendientes). Si bien el individuo es el principal motivo de preocupación del hombre, en los organismos marinos el interés está puesto en los efectos comunitarios, tales como la supervivencia, el crecimiento y la reproducción. Sin embargo, no se han observado efectos nocivos de los actuales niveles de exposición por la descarga artificial de material radiactivo en las poblaciones de organismos marinos.

3. Desechos de petróleo

167. Los hidrocarburos afectan directamente la calidad del medio ambiente y de la vida silvestre, con secuelas sumamente visibles y fácilmente reconocibles. De ahí la preocupación, en parte, por sus consecuencias como contaminante marino. Los buques, la principal fuente de contaminación, se analizan en el capítulo I G. Los derrames en zonas restringidas tienen graves efectos locales, según se estudian en el capítulo I J. Este capítulo analiza uno de los aspectos más problemáticos a nivel mundial, la contaminación de la fracción más persistente, el alquitrán. Se produce cuando se evaporan las fracciones livianas de los compuestos de hidrocarburos vertidos en el medio marino, y dejan una huella de escamas, grumos o bolas que flotan, y el viento y las corrientes distribuyen por doquier. Aproximadamente el uno por ciento de la descarga de petróleo se convierte en alquitrán flotante, y gran parte proviene del lodo de los buques cisterna, si bien existen también otras fuentes. Eventualmente, el alquitrán se desplaza y acumula en las playas.

168. En ciertas partes del mundo donde la navegación es pesada, especialmente el tránsito de buques tanques, y en mares semicerrados, los efectos en las playas llegan a ser graves. Por ejemplo, en el Mar Rojo, y en la Zona de Kuwait y Omán, con probablemente el mayor nivel de contaminación del mundo, el alquitrán en las playas es hasta 100 veces mayor que en otras regiones. Existen lugares donde una capa de varios centímetros de petróleo meteorizado cubre las playas arenosas, los promontorios rocosos y las raíces aéreas de los manglares. Es común en la región un peso de hasta 1 kg. m^{-1} , y se han encontrado valores de hasta 30 kg m^{-1} . Estas son condiciones extremas, sin embargo, la situación en otras partes del mundo también es motivo de preocupación. Por ejemplo, en el Gran Caribe, una región muy importante para la producción de hidrocarburos, el petróleo es un contaminante marino común, y produce daños importantes en la industria turística. Cuando los niveles de alquitrán en las costas alcanzan cifras de 10 g m^{-1} , afecta negativamente la presencia de turistas en las playas. Muchas playas en el Caribe contienen en promedio concentraciones mayores a los 100 g m^{-1} , niveles que han convertido a muchas en zonas inadecuadas para las actividades recreativas. Una situación similar se encuentra en Indonesia y en las Filipinas, en la India (especialmente en la costa occidental) y en Pakistán, en partes de África Occidental y en el Mediterráneo; y si bien con efectos más leves, también se encuentran en las playas con barlovento en otras zonas del hemisferio norte. Por el contrario, muchas playas del hemisferio sur presentan muy poco daño.

169. Varios estudios han confirmado una notoria reducción del alquitrán en las playas a nivel mundial desde 1979. En ciertos países se debe a la limpieza sistemática y regular de las playas. Otros dos factores influyentes son la reducción del transporte marítimo luego de la crisis de precios en 1979 y la entrada en vigor en 1978 de la enmienda al Convenio OILPOL 54 formulado en 1969. Esta enmienda autoriza la descarga de petróleo desde buques cisternas únicamente en zonas restringidas, e inclusive con base en ciertos porcentajes y cantidades. Más aún, el MARPOL 73/78, que sustituyó al Convenio OILPOL, y su Anexo I (que entró en vigor en 1983) propone la designación de "zonas especiales" que requieren un mayor control de la contaminación, y fue adoptado, por ejemplo, para el Mar Mediterráneo. Pero no es suficiente. Muchas playas continúan contaminadas con alquitrán y sería deseable una mayor obligatoriedad de las reglamentaciones pertinentes.

C. CONCENTRACIONES EN AGUA, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS

170. Desde la elaboración del primer estudio de GESAMP se ha recogido una gran cantidad de información adicional y más confiable a nivel mundial, sobre la concentración y distribución de los contaminantes, ya sea por los estudios internacionales a gran escala como por los controles nacionales más estrictos. Asimismo, tal como se indica posteriormente, mejoraron las técnicas de muestreo y de análisis, y el manejo de la calidad de datos en general. Este capítulo comienza con un estudio de la calidad de los datos, luego analiza los contaminantes potenciales más graves dentro de cada clasificación de los cuales se disponen mediciones sistemáticas en un amplio ámbito geográfico, a saber: oligoelementos seleccionados, nutrientes, DDT y BPC. En la selección y presentación de estos datos se diferenciaron las zonas costeras y oceánicas; y de los innumerables análisis de organismos se seleccionaron especies de valor económico o bioindicadores.

171. Las concentraciones en agua están dadas en proporción de masa/volumen (ej. $\mu\text{g l}^{-1}$); en sedimentos y tejidos como peso seco relativo (ej. ppm), excepto cuando se indique diferente.

1. Control de calidad y validación de los datos

172. Para que la evaluación ambiental tenga validez, las mediciones de las sustancias químicas deben ser confiables y adecuadas. Es de especial importancia si la información ha de usarse en la toma de decisiones y puesta en vigor de los reglamentos, o con fines jurídicos.

173. Se ha constatado que muchas de las mediciones de sustancias químicas en el medio marino tomadas hace diez años no son exactas, y resulta difícil establecer las tendencias en el tiempo cuando los cambios en las concentraciones se desarrollan en períodos de tiempo mayores. La inexactitud de los datos anteriores quedó demostrada a medida que se desarrollaron nuevas técnicas analíticas y procedimientos de control de calidad; las nuevas mediciones de las concentraciones ambientales indican niveles inferiores. Cuando se trabaja con niveles inferiores, muchos factores de menor importancia en otras circunstancias, tales como los efectos en los subtratos y la contaminación, adquieren importancia por su influencia en la confiabilidad de los análisis ambientales. Existe actualmente mayor consciencia sobre la necesidad de convalidar las mediciones y confiar en su veracidad e idoneidad para la evaluación ambiental. En consecuencia, se reconoce que los programas nacionales e internacionales de control de calidad son requisitos elementales para obtener datos ambientales satisfactorios, y se utilizan para el muestreo, preservación, preparación y análisis. Los temas de interés incluyen la selección del método analítico, el grado de precisión e identificación exacta de los contaminantes, lo que puede ser difícil de obtener en contaminantes como el petróleo y más aún en los BPC y otros compuestos organoclorados.

174. Los estudios cooperativos a gran escala de muchos de los contaminantes no siempre permitieron establecer la distribución espacial de las concentraciones en zonas muy extensas. Las organizaciones internacionales, tales como COI, PNUMA, OIEA, y CIEM colaboran en ejercicios inter calibración entre laboratorios para asegurar resultados más consistentes y comparables. Se ha demostrado el valor y la necesidad de estas actividades, y se recomienda continuarlos y ampliarlos.

175. Indudablemente que la falta de comparación con los datos primarios limita su uso. No siempre se seleccionaron los resultados antes de archivarlos, y la difusión y uso de datos invalidados es motivo de honda preocupación. Se recomienda que los bancos de datos a nivel regional o mundial mantengan únicamente datos convalidados para un objetivo especial, especificando claramente dicho objetivo. En todos los casos se indicará la calidad de los datos con información detallada sobre los métodos utilizados para el manejo y el análisis, los procedimientos de control de calidad y otra información pertinente para evaluar la calidad de los datos.

2. Concentraciones en el agua

a. Aguas en alta mar

176. Entre todos los metales seleccionados para el estudio, el mercurio no muestra una distribución especial según la profundidad oceánica, al menos con base en los datos disponibles. Las concentraciones en el volumen de agua oceánica varían desde 0.37 a 7.0 ng l^{-1} , si bien los niveles representativos tienden a situarse en 1 ng l^{-1} . En el Atlántico Noroeste, las concentraciones son prácticamente el doble que en el Pacífico Noreste, mientras que en el Pacífico occidental habría una reducción de mercurio a lo largo de los gradientes norte-sur, probablemente debido al transporte atmosférico desde los continentes y la deposición pluvial. En cuanto a las zonas semicerradas, las concentraciones de mercurio en el Mar del Norte y en el Mar Báltico son similares a las del Atlántico Norte; también se repetiría en el Mediterráneo, si bien no existen suficientes datos confiables.

177. Las concentraciones en aguas superficiales del cadmio son más variables, de 0.2 a 200 ng l^{-1} . Las concentraciones más bajas (hasta 10 ng l^{-1}) se encuentran en alta mar, especialmente en los círculos subtropicales y centrales, con niveles más altos (hasta 200 ng l^{-1}) en las zonas cerradas incrementados por la descarga fluvial, tal es el caso del Mar Báltico y el Mar del Norte. La descarga fluvial también explicaría los gradientes en y fuera de las zonas costeras de 22 a 0.22 ng l^{-1} en el Atlántico Noroeste, mientras que en el Pacífico Norte estaría provocado por las crecidas. A diferencia del mercurio, el cadmio muestra una distribución similar a los nutrientes, bajo nivel en las aguas superficiales y alto en las profundidades.

178. Las concentraciones de plomo en las aguas abiertas del Atlántico septentrional y del Pacífico Norte varían entre 5 y 50 ng l^{-1} en las muestras de agua superficiales. La distribución vertical, ocho a diez veces mayor en la superficie que en las capas profundas, difieren con las cifras del cadmio, y se atribuyen especialmente a los aportes atmosféricos de las emisiones de fundiciones y combustión de gasolina con plomo. Esto habría determinado la distribución latitudinal, y los niveles tres veces más altos en el Atlántico Norte que en el Pacífico Norte, así como los valores de ocho hasta diez veces más altos en las zonas norteñas comparadas con el Pacífico Meridional. Existen evidencias de una disminución de los niveles de plomo en aguas abiertas del Atlántico Norte debido a la reducción de la gasolina con plomo en América del Norte durante los últimos diez años.

179. Los datos disponibles sugieren que el mercurio y el cadmio en el océano abierto provienen principalmente de fuentes naturales, tales como erupciones en el lecho del mar o la erosión de las rocas.

180. El arsénico en el medio marino se encuentra principalmente en forma de arseniato diluido, y en condiciones anóxicas como arsenito. Las concentraciones en aguas abiertas cercanas al Reino Unido ascienden a aproximadamente 2.6 $\mu\text{g l}^{-1}$. En el Atlántico se encuentran valores más bajos de 1.3 a 1.7 $\mu\text{g l}^{-1}$ y en el Pacífico de 1.4 a 1.8 $\mu\text{g l}^{-1}$. Las aguas internas o estuarinas, especialmente en zonas con vertimientos de las actividades mineras, tienen concentraciones mucho más altas, hasta 42 $\mu\text{g l}^{-1}$ o inclusive mayores.

181. La cantidad de selenio en aguas oceánicas es de 0.1 $\mu\text{g l}^{-1}$ con niveles más altos en las aguas costeras, ej. 0.2 $\mu\text{g l}^{-1}$ en la Bahía de Chesapeake.

182. Los niveles de hidrocarburos clorados en el mar abierto son de aprox. ng l^{-1} , y se distribuyen uniformemente en toda su profundidad; sin embargo, las concentraciones más altas se encuentran en las microcapas superficiales enriquecidas naturalmente con compuestos lípidos. Los niveles del BPC en las aguas superficiales de las zonas templadas del hemisferio norte reflejan las actividades industriales de la región, y a diferencia del DDT, son más altas que en los trópicos.

183. Datos escasos del hemisferio norte muestran rastros en el medio marino de los toxafenos, un nombre colectivo para los camfenos clorados que se utilizan intensamente en algunas zonas, especialmente para la protección de los cultivos de algodón.

b. Aguas costeras

184. En las aguas costeras, las concentraciones de los contaminantes están especialmente vinculadas con las descargas de los estuarios, pero la variabilidad es alta y depende de las fluctuaciones físicas y las condiciones químicas de las aguas internas. En cuanto al mercurio se registraron valores entre 10 y 90 ng l^{-1} en las zonas más críticas, pero sólo de 1.0 ng l^{-1} o inclusive menos en zonas cercanas, debido no sólo a los patrones de las descargas, sino también a la rápida formación y sedimentación de las formas particuladas del mercurio.

185. Las concentraciones de cadmio en las aguas costeras están determinadas por la salinidad, la carga de sedimentos, la química de los nutrientes y las descargas fluviales. La distribución se complica por los cambios abruptos de estos factores vinculados a los frentes hidrográficos. Lejos de la influencia de las zonas industrializadas, las concentraciones en aguas costeras varían entre 1 y 100 ng l^{-1} , aparentemente de fuentes geológicas, que pueden enmascarar los aportes de las fuentes artificiales, como sucede por ejemplo, en los estuarios meridionales y occidentales del Reino Unido.

186. De igual manera, las concentraciones de plomo son mayores en zonas adyacentes a la actividad industrial y a la descarga fluvial. Por ejemplo en el sur del Golfo de California, las mediciones varían entre 25 y 150 ng l^{-1} , como consecuencia de las aguas de alcantarillado y de las escorrentías contaminadas con plomo de la gasolina. En aguas costeras más alejadas de las zonas críticas, la atmósfera es la principal fuente de plomo, y los niveles no tienen mayores diferencias con los niveles en el mar abierto.

187. Los niveles más altos de hidrocarburos clorados en aguas costeras se encuentran en las zonas industrializadas, y el BPC alcanza hasta 370 ng l^{-1} en el estuario del Siena, sin embargo, los valores son generalmente más bajos en otras zonas, y varían en proporciones de 1 a 10 ng l^{-1} . Los residuos de DDT ascienden a menos de 5 ng l^{-1} en las zonas costeras, si bien se informó de niveles más altos cerca de las fuentes.

188. Las aguas marinas costeras o semicerradas se caracterizan por un acrecentamiento en los nutrientes nitrógeno y fósforo, como también de carbón en partículas o disuelto. Contrastan con los niveles en el mar abierto, donde generalmente se encuentran en niveles de detección rutinaria. El fósforo se encuentra tanto en estado de partícula como coloidal, y disuelto como compuestos inorgánicos y fosfato orgánico. Las concentraciones de fósforo en las aguas cercanas a la orilla varían de 1 $\mu\text{g l}^{-1}$ P/PO_4 en zonas oligotróficas del Mediterráneo hasta aprox. 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ en el sector eutrófico meridional del Mar Adriático. Se informó de niveles de 20 a 30 $\mu\text{g l}^{-1}$ en Skagerrak durante el período 1980-1984.

189. El nitrógeno se encuentra en estado disuelto como nitrato inorgánico, nitrógeno molecular, nitrito y amoníaco, y como nitrógeno orgánico (ej. urea, amino ácidos). Las concentraciones de nitrógeno en el Mediterráneo ascienden a 14 $\mu\text{g l}^{-1}$ N/NO_3 y en el Adriático septentrional a 70 $\mu\text{g l}^{-1}$. En Skagerrak se verificaron valores de 10 a 200 $\mu\text{g l}^{-1}$.

190. Según los estimativos de la carga de los vertimientos y de las concentraciones medidas, los niveles de nitrógeno y fósforo aparentemente se incrementaron en los últimos 20 o 30 años. En el Mar Báltico, por ejemplo, la descarga de nitrógeno se cuadruplicó y el fósforo se multiplicó por ocho, mientras que ambas concentraciones en las aguas marinas aumentaron en 2 ó 3 veces. En el Mar del Norte meridional, ambas tendrían el doble de las concentraciones "naturales". La magnitud de los efectos de estas concentraciones en el océano abierto estará determinada por la difusión física y la dilución de los nutrientes, como también por la absorción de los organismos.

3. Concentraciones en sedimentos

191. Las concentraciones de contaminantes en los sedimentos reflejan tanto la mineralogía local como la naturaleza y origen de los sedimentos (ej. tamaño de los granos, contenido orgánico y arcilloso). La heterogeneidad de los sedimentos y las grandes variaciones en las dosificaciones de las concentraciones de contaminantes dificulta la interpretación de los datos.

192. La información sobre los sedimentos en las profundidades del mar es escasa, pero también el ámbito es muy amplio. Las mediciones de mercurio en sedimentos de las profundidades del Atlántico norte, por ejemplo, indican una variación entre 0.01 y 0.6 ppm, si bien los niveles serían mayores en zonas cercanas a la actividad tectónica o volcánica. El cadmio en el mar profundo varía en menos de 0.5 ppm y el plomo entre 3 y 60 ppm. Los datos sobre hidrocarburos clorados en los sedimentos de las profundidades del océano son escasos, y se limitan a muestras tomadas durante una serie de cruceros en el Mediterráneo, donde entre 1975-77 se informó de valores de entre 0.6 y 8.9 ppb, y de una sola muestra del Mar Sargasso en 1974.

193. La información sobre sedimentos en aguas costeras es más amplia, pero también más variable. Las concentraciones de mercurio varían en tres órdenes de magnitud, desde menos de 0.01 ppm en zonas no contaminadas hasta 5 a 25 ppm en ensenadas sumamente contaminadas. La dispersión de los niveles de cadmio es importante, y alcanza por ejemplo, un máximo de 140 ppm en zonas adyacentes a las principales descargas de aguas negras cerca de Los Angeles. Por otro lado, las mediciones del plomo varían entre 10 y 100 ppm. Los niveles de estos metales se reducen a medida que se alejan de la costa, y sugieren que las concentraciones elevadas provienen generalmente de fuentes fluviales antropogénicas, escurrimientos y alcantarillados.

194. Las concentraciones de arsénico en los sedimentos del mar profundo en el Pacífico alcanzan a 20 ppm, con los niveles más altos cerca de las zonas volcánicas activas. Las concentraciones de sedimentos en aguas cercanas a las costas son por lo general menores, por ej. 14 ppm en Southampton y de 3 a 15 ppm en Puget Sound. Niveles mucho más altos (50 a 300 ppm) se constataron en aguas costeras contaminadas con depósitos ricos en arsénico o que reciben efluentes contaminados con arsénico. La magnitud de partículas de arsénico en suspensión en los océanos es de 13 a 40 ppm de peso seco.

195. El selenio de fuentes terrestres penetra a los océanos a través de los ríos, tanto en forma de carga suspendida como disuelto. En las aguas más alcalinas de los estuarios, predomina el selenito adherido al material particulado; que sin embargo, puede liberarse y oxidarse posteriormente. En los sedimentos cercanos a la costa y en la plataforma continental es común encontrar valores de 0.13 ppm.

196. Los hidrocarburos clorados en los sedimentos en aguas superficiales cercanos a la costa están bien documentados, y los altos niveles se vinculan especialmente con las descargas de alcantarillado y de efluentes industriales, con concentraciones de BPC de hasta 3.200 ppb en la Bahía de Nápoles que disminuyen de 10 a 30 ppb en zonas más alejadas de la costa; en la Bahía de Bedford, Mass. EEUU se encuentran magnitudes varias veces más altas. Cuando puedan registrarse con relativa exactitud, ciertos núcleos anóxicos de sedimentos costeros proporcionarán un registro histórico de los flujos de metal e hidrocarburos clorados en función del tiempo.

197. Mientras que la actividad biológica recicla eficientemente el nitrógeno en las capas eufóticas, gran parte del fósforo absorbido por los organismos vivos se sedimenta fuera de la columna de agua. De igual forma, el carbón particulado se deposita en los sedimentos, con altas concentraciones en las zonas cercanas a las costas más productivas. Las zonas de vertimiento de lodos cloacales u otros desechos sólidos orgánicos (ej. desechos de la pulpa de papel) muestran niveles especialmente altos de carbón, y alto BOD, que limitarían la posibilidad de adaptación en esas ubicaciones y sus alrededores para las comunidades bénticas estables; no obstante estas condiciones pueden inicialmente mejorar la productividad en las zonas aledañas.

4. Concentraciones en los organismos

198. Las amplias mediciones de los niveles de mercurio y cadmio en muestras mixtas de zooplancton del Mediterráneo, muestran concentraciones de aprox. 0.1 y 2 ppb respectivamente. Los niveles de mercurio en el krill (euphausiids) son similares a las del zooplancton mixto, sin embargo, las concentraciones de cadmio son mucho menores. El pez bento-pelágico oceánico *Coryphenoides armatus* en el Atlántico septentrional y el Pacífico Norte tiene niveles similares de cadmio (0.025-0.027 ppm) y de plomo (0.012-0.016 ppm). En cuanto al mercurio, si se comparan los datos obtenidos en análisis reciente de peces de mar profundo con los especímenes en museos recolectados en la década de 1880, no se verifica un aumento importante durante el siglo pasado. En consecuencia, no hay evidencias de que las concentraciones de mercurio en los peces de mar profundo estén vinculadas con las actividades humanas.

199. El arsénico en las algas marinas varía entre 10 y 100 ppm, aproximadamente tres órdenes de magnitud mayor a los niveles en las aguas marinas. Se encuentra tanto en forma soluble en agua como en lípidos, y se presenta como arsenobetaina en plancton y bentos, desde donde se transfiere a través de la cadena alimenticia a los moluscos (1 a 25 ppm peso húmedo) y camarones (1 a 50 ppm peso húmedo), y eventualmente al hombre. En los camarones la mayor parte del arsénico se retiene en el dermoesqueleto, y se pierde durante la muda. Los peces en el Pacífico contienen concentraciones de 0.3 a 11.5 ppm peso húmedo y en el Atlántico de 1 a 9 ppm. Los datos sobre las aves marinas y los mamíferos son escasos, pero las aves costeras tienen 0.01 a 1.5 ppm peso húmedo. En consecuencia, no existe evidencia de un aumento biológico a través de la cadena alimenticia.

200. El selenio muestra características similares a los nutrientes. Se asimila selectivamente por el fitoplancton, y posteriormente se acumula en los organismos marinos a través de la ingestión de alimentos. En zonas no contaminadas, las concentraciones en los moluscos son de 0.4 ppm peso húmedo (*Mytilus*), 3.5 ppm (*Ostrea*), y 0.2 a 2.2 ppm en crustáceos. Los niveles en los peces varían de 0.2 a 1 ppm peso húmedo, mientras que los grandes depredadores tienen concentraciones de hasta 4.3 ppm en el tejido muscular o hasta mayores (13.5 ppm) en el hígado. Los mamíferos marinos también tienen niveles altos en el hígado, 46 a 400 ppm, si bien la concentración en el el tejido muscular es mucho menor, aprox. de 0.5 ppm.

201. Los datos sobre los hidrocarburos clorados en el plancton del océano abierto son escasos. En el caso de los BPC, la variabilidad es alta; las concentraciones en muestras del Atlántico muestran dos órdenes de magnitud más alta (aprox. 400 ppb) que en el Pacífico (menos de 2 ppb) y prácticamente un orden de magnitud más alto que en el Mediterráneo (cerca de 7 ppb). Sin embargo, las mediciones en el Atlántico se realizaron a comienzos de la década de 1970 y los niveles podrían simplemente reflejar importantes descargas características de esos años.

202. Las observaciones en *Coryphenoides armatus* a una profundidad de 3.000 mt. en el Atlántico Norte muestran claramente que los hidrocarburos clorados (BPC, DDT y sus productos de degradación, pero también el hexaclorohexano, el toxafeno y el clordano) han alcanzado las profundidades oceánicas, señal de la transferencia a través de la cadena alimenticia.

203. En los países escandinavos y en América del Norte, existe preocupación por la presencia de dibenzo-p-dioxinas cloradas y dibenzo-p-furanos en organismos que habitan en zonas adyacentes a los vertimientos de molinos de pulpa de papel, especialmente en los tejidos con alto contenido de grasa, tales como el hepatopáncreas de los cangrejos y las glándulas digestivas de las langostas. Recientemente se cerraron pesquerías en la zona occidental del Canadá debido a la presencia de tetraclorodioxina 2,3,7,8 y tetracloribenzofuranos 2,3,7,8 en peces comestibles.

204. De especial importancia para el impacto ambiental son los niveles de contaminantes en los organismos que habitan cerca de la costa y están más directamente expuestos a las fuentes terrestres y a las mayores concentraciones del agua. Se desarrollaron dos estrategias para las actividades de vigilancia, con objetivos diferentes. La primera está orientada especialmente a proteger la salud humana, y utiliza especies comestibles económicamente importantes. La segunda utiliza especies como indicadores comparables de amplia difusión, que permiten evaluar las tendencias en el espacio y el tiempo. Para ello se estudió en profundidad el mejillón *Mytilus* y otras especies bivalvas sésiles conexas dada su condición

ubicua o comparable, de alimento marino común y filtrante de grandes volúmenes de agua, y porque concentra contaminantes a bajos niveles ambientales.

205. Según un estudio mundial sobre los mejillones los valores promedios del mercurio varían entre 0.1 y 0.4 ppm, el cadmio entre 1. y 5 ppm, y el plomo entre 1 y 16 ppm. La variabilidad es alta, especialmente en cuanto al mercurio, y se han registrado valores de hasta 7 ppm en las especies del Adriático. En general, los niveles de mercurio en las muestras de la costa norte del Mediterráneo son más altos en los mejillones y en otros organismos marinos que en especies de taxonómicamente similares en el Atlántico, una probable muestra de la absorción natural de mercurio de origen geológico en el Mediterráneo. Los datos confiables de otras zonas son relativamente escasos comparados con las latitudes templadas septentrionales.

5. Tendencias

206. Las tendencias geográficamente confiables son extremadamente difíciles de detectar, dado la gran variedad de factores intrínsecos y externos que afectan las concentraciones medidas, sin embargo, ciertos estudios más completos y a largo plazo sobre los bivalvos en el hemisferio norte, han permitido demostrar la vinculación con las fuentes locales de contaminación. Es así como el Programa de Mussel Watch de los Estados Unidos ha detectado, desde mediados de la década de 1970, zonas peligrosas de contaminación por metales. Por ejemplo, los bivalvos en la Bahía Hudson-Raritan, Bahía de Tampa y Matagorda tienen altas concentraciones de mercurio, mientras que los de Copano, Delaware, y Bahías de Chesapeake y Hudson-Raritan tienen relativamente altos contenidos de cadmio y los de la Bahía de Hudson-Raritan, Boston y San Pedro, reflejan altos niveles de plomo.

207. Resulta más difícil aún establecer las tendencias en el tiempo, dado la escasa información confiable sobre períodos suficientemente largos, o la falta de muestras consistentes de las mismas especies; si bien las mediciones en los sedimentos del Delta del Mississippi han demostrado una sistemática reducción del plomo antropogénico en las últimas décadas.

208. Los organismos marinos también permiten detectar fuentes terrestres de plaguicidas organoclorados y BPC, especialmente en el hemisferio norte. Sin embargo, datos recientes sobre BPC y los niveles totales de residuos de DDT en mejillones y ostras en diversas regiones han demostrado grandes variaciones en todas las regiones, de hasta tres órdenes de magnitud. Sólo este factor ya limita en gran medida las comparaciones intra e inter regionales.

209. Un aspecto sorprendente de los datos recientes es la continua presencia de residuos de DDT y BPC en organismos marinos. Se han encontrado altos valores en organismos que habitan en zonas conocidas por su descarga industrial y agrícola (ej. Bahía Buzzards y Bedford en los Estados Unidos, el estuario de St. Lawrence en Canadá, y la Bahía de Osaka en el Japón); y niveles más bajos en organismos de zonas menos contaminadas tales como el Mar de Arabia y la zona central del Brasil. La mayor parte de los datos estudiados se recopilaron en la década de 1980, es decir mucho tiempo después de la entrada en vigor de las restricciones sobre el uso del DDT y los BPC en los países desarrollados.

210. Si bien es difícil obtener series cronológicas continuas y consistentes, análisis recientes de los resultados de diferentes programas de vigilancia de los Estados Unidos durante las décadas de 1970 y de 1980, permitieron formular algunas tendencias. En el Sur de California, los niveles de BPC en el lenguado Dover (*Solea solea*) disminuyeron en un orden de magnitud (aprox. 1 a 0.03 ppm) entre 1972 y 1981. Asimismo, los niveles en los mejillones en las zonas de vertimiento de alcantarillado cercanas al condado de Los Angeles disminuyeron diez veces (de 2.5 a 0.24 ppm) entre 1971 y 1978, si bien aumentaron nuevamente a 0.56 en 1979. El mismo analista y con el mismo método observó también, entre mediados de la década de 1970 y comienzos de 1980, una reducción consistente de tres veces en los BPC, partículas y organismos de un mismo sitio en la región noroeste del Mediterráneo.

211. Por ejemplo, los estudios realizados en las focas de Groenlandia constituyen una evidencia convincente de la reducción regional del uso de los compuestos organoclorados entre la década de 1970 y 1980. Se redujeron entre tres y cinco veces los residuos de DDT en las focas de la costa este de Canadá

desde comienzos o mediados de la década de 1970 hasta 1982; mientras que el BPC se redujo en aproximadamente la mitad durante el mismo período. En el Artico, en la costa oeste de Canadá las focas mostraron una reducción similar en los niveles de BPC; sin embargo, se constataron pocos cambios en los niveles de DDT durante el mismo período, lo cual hace suponer una descarga constante en el Artico occidental por el uso continuo de plaguicidas.

212. Si bien la reducción de los niveles de BPC coincide con la prohibición de la fabricación de estos compuestos a comienzos de la década de 1970, el DDT habría sido transportado hacia el Artico por vías atmosféricas desde Asia, donde ha sido utilizado intensamente hasta fines de la década de 1970.

6. Conclusiones

213. Las concentraciones relativas en los diferentes nichos ecológicos (volumen de agua, sedimentos, organismos) resultan valiosas para desarrollar modelos de transferencia de la fuente al destinatario, establecer las tendencias temporales y espaciales, e identificar un mecanismo de acción tóxica. Frecuentemente se utilizan modelos ambientales en programas de vigilancia para señalar la contaminación potencial de agentes peligrosos. Sin embargo, es necesario destacar que estos datos por si mismos, no indicarán efectos nocivos. Indudablemente que las altas concentraciones podrían sólo indicar una separación química. En algunos casos, la información sobre las concentraciones puede dar lugar a errores. Por ejemplo, si el plancton absorbe rápidamente la descarga de nutrientes, se percibiría como un aumento en la producción y no como una alta concentración en el agua. Una vez más, los agentes tóxicos operarán como un agente activador en concentraciones bajas, sin degradarse o adherirse durante el proceso, de manera tal que las mediciones de su concentración no indicarían su verdadero impacto.

214. Las pocas excepciones en la lista de datos que permiten algunos estimativos de las tendencias temporales en las zonas costeras son los análisis a largo plazo de los núcleos de sedimento marino y de organismos. El proyecto Mussel Watch y otros similares en América del Norte y en Europa han demostrado recientemente una reducción de los hidrocarburos clorados en organismos, en zonas costeras sumamente contaminadas donde se limitó las descargas de contaminantes (ej. Bahía Hudson-Raritan, Bahía de Los Angeles, Mar Báltico). Con la excepción del plomo, no existe ningún conjunto similar de datos confiable, y válidos para evaluar las tendencias temporales en el volumen de agua.

215. Las dificultades inherentes para obtener resultados confiables del análisis de contaminantes en traza en el agua marina, y el hecho de que estas concentraciones son transitorias, limitan en gran medida el uso del agua marina para vigilar las tendencias de los contaminantes. Por otro lado, es más fácil analizar las trazas de contaminantes en sedimentos y organismos, dado que generalmente se integran bien al flujo de contaminantes, y ofrecen la mejor forma para establecer las tendencias temporales y espaciales actuales de la distribución de los contaminantes.

216. Si se toman en cuenta estas restricciones, la interpretación de los datos de las concentraciones de contaminantes debe ser siempre cautelosa. Debe fundamentarse en la comprensión de los procesos de transferencia y apoyarse en posibles mecanismos de toxicidad. Los programas de vigilancia generan su propio momentum, y requieren un estudio crítico periódico para asegurar la prioridad en cuanto a los esfuerzos y a los recursos. Para desarrollar la base del análisis de las tendencias temporales y geográficas, los datos analíticos estarán sujetos a procedimientos de control de calidad, y la seguridad de una intercomparabilidad suficiente entre los métodos de muestreo y análisis. Los programas internacionales, por ejemplo el programa de Mares Regionales del PNUMA, el programa COI/GEPP y el Mussel Watch, constituyen una buena base y deben promoverse.

III. EFECTOS BIOLÓGICOS

217. En este capítulo se estudian algunos de los temas cruciales para evaluar el estado de los ecosistemas marinos y la salud humana. Asimismo, se hace una breve referencia al control de calidad de los datos biológicos, tal como se hiciera previamente (sección II C1) en el ámbito de los análisis químicos, donde existe mayor consciencia sobre la necesidad de un buen control de calidad, validez y buen manejo de los datos. Para los estudios biológicos los requisitos son similares, si bien no siempre se practican rigurosos controles de calidad.

A. EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA

218. El mar es una fuente importante de alimentos para el hombre y un medio de recreación atractivo, pero las aguas marinas contienen una gran variedad de agentes biológicos, orgánicos e inorgánicos, que pueden convertirse en un peligro para la salud humana. El correcto uso del mar y de sus recursos vivos, determinará el impacto en la salud del hombre.

219. El crecimiento rápido, y en muchos casos el aumento estacional de las comunidades costeras y las descargas fluviales de las zonas industriales y agrícolas son las principales fuentes de contaminantes antropogénicos en los medios marinos costeros. El problema más importante para la salud humana a nivel mundial es la presencia de organismos patógenos en las descargas de aguas de alcantarillado en las zonas costeras, estuarios o ríos y de los canales de drenaje que transportan estos organismos al mar.

220. Los baños en estas aguas, y el consumo de peces y crustáceos contaminados provocan una variedad de infecciones. La contaminación química del mar constituye también una amenaza potencial para la salud humana, mientras que la contaminación y descomposición de los alimentos marinos se convierte en un problema de interés económico. Sin embargo, es necesario destacar que los problemas no son totalmente provocados por la acción del hombre. Las biotoxinas acuáticas naturales también son un peligro para la salud, especialmente en las aguas tropicales y subtropicales de las regiones del Pacífico y el Caribe.

221. Varias bacterias patógenas para el hombre (ej. vidrios halófilos) se encuentran en forma natural en las aguas marinas y estuarinas. El hombre también está expuesto a la parasitosis por el consumo de peces infestados con lombrices, como el Anisakis, que tiene un ciclo de vida complejo en los mamíferos y las aves marinas.

I. Agentes microbianos

222. Los efectos de estos agentes en la salud humana son consecuencia de los baños de mar o el consumo de alimentos marinos. El impacto en la salud de los baños de mar y otras actividades recreativas playeras provienen de dos mecanismos causa/efecto perfectamente clasificados: el contacto con agua de mar contaminada con microbios, que producen infecciones en los oídos, los ojos y la piel, o enfermedades respiratorias. Estas infecciones están provocadas por micro-organismos como el *Staphylococcus aureus* o *Pseudomonas aeruginosa* y otros virus, y su difusión se vincula con la alta densidad de bañistas. Los vibrios halófilos también provocan infecciones en los oídos y en las heridas. El segundo mecanismo es la ingestión de agua marina contaminada con patógenos de las aguas de alcantarillado doméstico. Producen enfermedades o desórdenes por patógenos excretados a través del tracto gastro intestinal humano. Dada la dificultad para establecer la etiología de estos desórdenes, se utilizan organismos indicadores, coliformes y enterococos fecales, para estimar los patógenos en la contaminación. La mayor parte de las enfermedades vinculadas a la ingestión de patógenos entéricos afecta el tracto gastro-intestinal, si bien existen enfermedades respiratorias u otras.

223. En las zonas estuarinas y costeras, con alta densidad de población, la natación en zonas contaminadas con aguas negras provoca infecciones gastro-intestinales, uno de los efectos en la salud más difundidos. El problema aumenta con el crecimiento de población estacional en las zonas turísticas, por el incremento de la descarga de desechos y mayor exposición del excedente poblacional. Los visitantes en general muestran bajos niveles de inmunidad a las enfermedades endémicas locales y en consecuencia son los más sensibles. Estudios epidemiológicos recientes en los Estados Unidos y en el Mediterráneo mostraron una relación causal entre los baños en aguas marinas contaminadas con patógenos de origen fecal y las enfermedades entre los bañistas. La relación es especialmente importante en niños menores de cinco años.

224. Se ha constatado un vínculo causal entre las enfermedades humanas y los baños en aguas contaminadas. Existen por lo tanto razones importante para establecer normas microbianas para las zonas de baños marinos, con base en las bacterias fecales indicadoras. Sin embargo, observaciones recientes han mostrado que la incidencia de enfermedades gastro-intestinales relacionadas con los baños marinos esta mucho más vinculada al conteo del *Enterococcus* que del *Escherichia coli*, y no tiene correlación con el conteo total de coliformes fecales.

225. Las mismas aguas de alcantarillado que afectan a los bañistas producen enfermedades gastro-intestinales agudas por el consumo de alimentos marinos contaminados. Los moluscos y otros alimentos marinos son especialmente sensibles a la contaminación de patógenos de las descargas de agua residual, ya que se reproducen en zonas cercanas a los centros urbanos altamente contaminados. Más importante aún, los bivalvos filtran grandes cantidades de agua marina y retienen las bacterias patógenas y los virus. Estos crustáceos se ingieren normalmente crudos o parcialmente cocidos lo cual aumenta la probabilidad de enfermedades. La epidemia de cólera de 1973 en Nápoles, Italia fue provocada por moluscos contaminados. Una de las enfermedades virósicas que transmiten los alimentos marinos es la hepatitis infecciosa, y las numerosas epidemias de hepatitis indican que los moluscos reproducidos en aguas contaminadas son importantes portadores del virus.

226. La frecuencia de estas infecciones está determinada particularmente por los hábitos culturales de quienes consumen los crustáceos. Se ha informado de infecciones gastro-intestinales y de diarrea y hepatitis virósica en muchas zonas costeras de Africa Occidental, mares asiáticos, del Pacífico y el Caribe. Diversas investigaciones han mostrado grandes cantidades de organismos indicadores (coliformes fecales y totales) como también patógenos virósicos y bacterianos en aguas marinas, en bivalvos y en sedimentos.

227. Las epidemias masivas de hepatitis infecciosa y de cólera vinculadas al consumo de crustáceos crudos en zonas costeras contaminadas con aguas de alcantarillado fue motivo de preocupación general. Se crearon normas estrictas a nivel mundial para las aguas de reproducción de peces y crustáceos; pero se informó de muy pocos incidentes.

228. Estudios recientes sugieren que hasta en zonas interiores, la mayoría de los casos de hepatitis infecciosa endémica proviene del consumo de bivalvos crudos, inclusive de animales reproducidos en condiciones sanitarias consideradas como aceptables. Una investigación llevada a cabo en un país europeo detectó altos niveles de contaminación de virus entérico en muestras de crustáceos en uno de los principales mercados urbanos. Estos nuevos resultados hacen dudar de las actuales prácticas sanitarias en crustáceos, incluyendo el manejo y almacenamiento, y señalan la necesidad de una reevaluación cuidadosa de las normas y reglamentaciones existentes.

229. En conclusión, los conocimientos actuales indican que el riesgo para la salud más claramente identificado por la contaminación de las costas marinas con aguas de alcantarillado urbano, es la transmisión de enfermedades por el consumo de crustáceos crudos recogidos en zonas contaminadas. Será necesario aumentar la vigilancia y el control de la comestibilidad de crustáceos comerciales, utilizar métodos de depuración efectivos y consistentes, supervisar más eficientemente las condiciones en los lechos de crustáceos y excluir la recolección de animales reproducidos en lechos expuestos a la descarga de aguas negras contaminadas.

2. Contaminantes químicos

230. Las aguas marinas contienen en forma natural sustancias químicas que si se ingieren con los alimentos, son potencialmente nocivas para la salud del hombre. Las actividades humanas aumentan las concentraciones. En general los niveles naturales en aguas marinas son bajos (aprox. ng l^{-1}), sin embargo, las elevadas concentraciones relativas de mercurio ($\mu\text{g l}^{-1}$) en peces depredadores en el Mediterráneo y en las Islas Seychelles, al igual que el cadmio en los cangrejos de las Islas Orkney cerca de Escocia y el cobre en la fauna estuarina de Cornwall consituyen excelentes ejemplos de la contaminación geológica. Los estudios realizados en estas regiones demuestran que si bien los niveles de exposición son mucho mayores que en otras zonas no se detectaron efectos clínicos entre los consumidores. En general, el riesgo de la exposición a las sustancias químicas naturales es relativamente bajo.

231. Las descargas antropogénicas de contaminantes químicos, originados especialmente por los vertidos industriales en aguas costeras y estuarinas, producen concentraciones locales mucho más altas, y tienen un mayor efecto real y potencial en la salud. Uno de los ejemplos más preocupantes de estos riesgos sanitarios es el caso de los efluentes contaminados con mercurio de una planta industrial en la Bahía de Minamata, donde los alimentos marinos contaminados constituían uno de los principales componentes de la dieta local desde la apertura de la planta en 1930 hasta 1968. La exposición a mediano y largo plazo de las sustancias químicas en los alimentos, provocaría una serie de efectos en la salud, en virtud del agente químico, la cantidad ingerida y el total de la carga consumida por las diferentes vías de ingestión.

232. Una variedad de sustancias químicas están implicadas. Los compuestos orgánicos sintéticos o las mezclas, tal es el caso del BPC, se acumulan en los sedimentos o se unen al detritus, se absorben o se reciclan a través de la cadena alimenticia años más tarde de interrumpida la descarga. En algunas zonas, por ejemplo parte de la región central atlántica en los Estados Unidos, se restringió el consumo del pescado debido a los altos niveles de BPC en la carne (ej. hasta 84 ppm en las langostas y 730 ppm, peso húmedo, en los peces con aletas en la Bahía Bedford); sin embargo, el alto nivel se mantuvo, inclusive luego de haberse limitado la descarga de BPC. El petróleo es un contaminante potencial ampliamente difundido, pero el fuerte sabor en los alimentos contaminados evita su consumo y protege la salud pública. Los metales pesados son también motivo de preocupación y hay países que vigilan regularmente su presencia en peces y crustáceos comestibles. Los límites en las concentraciones establecidos internacionalmente por el Codex Alimentarius de FAO/OMS y también por otros servicios nacionales de inspección de alimentos protegen al consumidor; y los efectos en la salud conocidos han quedado confinados a hechos excepcionales, tal como el caso Minamata.

3. Biotoxinas acuáticas

233. Diversas especies de fitoplancton producen sustancias tóxicas. Hasta hace aproximadamente una década, se consideraba que estaban formados especialmente por dinoflagelados pelágicos, especialmente del género *Gonyaulax*, y que el consumo de moluscos bivalvos con altos niveles de toxinas acumuladas de estos dinoflagelados producía la intoxicación paralítica por moluscos y la intoxicación diarreica por moluscos (IPM y IDM). En muchas partes del mundo se informa de una floración anual del fitoplancton que produce estas toxinas.

234. Las saxitoxinas y otras toxinas relacionadas que producen la IPM, en general tienen efectos leves en los moluscos, no así en los vertebrados, incluyendo el hombre, y pueden provocar parálisis respiratoria y muerte por asfixia. La IPM se registró por primera vez en Canadá en 1793, y se ha convertido en una enfermedad común a nivel mundial durante los últimos 20 años. Entre 1969 y 1983, se registraron 905 casos, 24 fatales. Actualmente los casos de IPM están mucho más generalizados. Por ejemplo en 1983, por primera vez se informó en las Filipinas, de 300 casos y 21 muertos, y durante 18 meses se prohibió la recolección y venta de crustáceos. Los países con una larga historia de IPM (Canadá, los Estados Unidos y otros estados limítrofes con el Mar del Norte) han desarrollado programas regulares de vigilancia para asegurar la seguridad pública, y obstaculizar al mínimo la cosecha de moluscos.

235. El IDM se descubrió recientemente, a pesar de que también afecta a los crustáceos silvestres y de criadero en muchos países. La contaminación de crustáceos con toxinas diarreicas (ácido ocaico, dinofisistoxinas y pectenotoxinas) provocan graves problemas gastro-intestinales, si bien no se ha informado de víctimas fatales. Los dinoflagelos llegan a contaminar los crustáceos en densidades celulares bajas, muy por debajo de las que alteran el color del agua, lo cual demanda una vigilancia del fitoplancton.

236. Los dinoflagelados que producen ciguatoxinas contaminan los alimentos de una variedad de peces tropicales y subtropicales, especialmente en el Océano Pacífico y mares del sudeste de Asia, donde la ciguatera humana, una enfermedad que produce síntomas gastro-intestinales, cardio-vasculares y neurológicos en el hombre, es una de las principales limitaciones para el desarrollo de las pesquerías. La exposición humana se produce a través de la ingestión de peces depredadores alimentados con estos organismos. Los casos de intoxicación anual ascienden hasta 50.000 con un porcentaje de fatalidades del 0.1 al 4.5 por ciento. La importación de peces tropicales afecta a los países en zonas templadas. Las pérdidas comerciales anuales en las pesquerías de Florida, el Caribe y Hawaii, excluyendo las demandas legales, ascienden a aprox. \$ 10 millones de dólares americanos. En los Estados Unidos y Canadá se producen aprox. 2.300 casos por año, con un costo de hasta 30 millones de dólares, especialmente por pérdida de horas laborales y hospitalización. No se ha elaborado aún un programa de vigilancia efectivo.

237. Además de los dinoflagelados, existen otros grupos de flagelados tóxicos, especies pequeñas con un tamaño aprox. de 10-20 μm que han sido recientemente relacionadas con casos tóxicos; se ha informado sobre problemas serios en aguas marinas y salobres, especialmente en Israel y en el Japón. La magnitud de la peligrosidad de las biotoxinas acuáticas no está muy clara, y los recientes eventos en Canadá son un ejemplo de situaciones imprevistas o inclusive de nuevas biotoxinas.

238. Se hace referencia a una epidemia de intoxicación con moluscos producida por la ingestión de mejillones azules contaminados con la neurotoxina de ácido domoico de la diatomea *Nitzschia pungens*. Es conocida como Intoxicación amnésica por moluscos y provoca síntomas neurológicos, incluyendo pérdida de memoria y muerte. Se clausuraron varios lechos de moluscos. Si bien la falta de información sobre el ácido domoico fue motivo de alarma, los trabajos posteriores sugieren que esta toxina es un producto relativamente común del *Nitzschia pungens*, y recién se detectó en 1987 a raíz de un grave incidente de intoxicación con moluscos.

4. Conclusiones

239. Las epidemias y enfermedades gastro-intestinales son más frecuentes en Europa y América del Norte, a pesar de que las aguas tropicales y subtropicales en la zona sur y oriental de Asia y el Pacífico son los principales focos peligrosos para la salud pública. Sin embargo, existen otras enfermedades comunes en todas las playas de asistencia masiva y especialmente expuestas a las descargas cercanas de aguas de alcantarillado. Las medidas para evitar las vías de transmisión fecal oral incluyen el control de las descargas de patógenos y aguas de alcantarillado en las zonas costeras, o a más corto plazo, la restricción en el consumo de alimentos y uso de las playas contaminadas. Queda mucho por hacer, especialmente en los países en desarrollo limítrofes con mares tropicales y subtropicales y densamente poblados.

240. En cuanto a la floración tóxica, sin vinculación aparente con la descarga de aguas negras o inclusive con la eutroficación, se requiere una meticulosa vigilancia y sensibilización de la población, y mayor información sobre la cadena alimenticia y las condiciones asociadas.

241. Excepto en casos de contaminación masiva, por ejemplo el caso de Minamata, los actuales niveles de sustancias químicas tóxicas en los alimentos marinos no parecen representar una importante peligrosidad para el hombre, y existen medidas nacionales de control que excluyen del mercado los alimentos contaminados con productos químicos en general. Sin embargo, es necesario mantener una vigilancia constante en los peces comestibles mientras continúe la descarga de productos químicos en el medio marino. Por otro lado, la vigilancia de las biotoxinas en el mar es una obligación permanente.

B. IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LAS CONCENTRACIONES AMBIENTALES

242. Los niveles de contaminantes comunes en agua, sedimentos y tejidos de organismos vivos han sido estudiados en la sección II C. A continuación se analizan estas concentraciones en especies y comunidades marinas. Los efectos de los nutrientes se estudian en la sección C de este capítulo.

243. Los efectos de las actuales concentraciones de contaminantes podrán ser analizados en términos de la exposición de los materiales disueltos en el volumen de agua o depositados en sedimentos o como concentraciones en los tejidos. La naturaleza y forma de los contaminantes y su comportamiento determinan su actividad biológica; la mayor parte de los análisis se refieren únicamente a los componentes "totales" o "extraíbles", con resultados que pueden desvirtuar la evaluación de los efectos reales. Habrá que distinguir también entre los efectos "graves", es decir a corto plazo, y a largo plazo de las especies o poblaciones afectadas. Otra consideración a tener en cuenta es la seria consecuencia económica en el valor comercial de las especies, en caso que el uso humano de los recursos marinos se vea afectado.

1. Metales traza

244. Entre los contaminantes metálicos, el mercurio es un caso especial dada su conversión de inorgánico a formas orgánicas persistentes y su posterior concentración y acumulación en los tejidos grasos de los máximos depredadores por transferencia en la cadena alimenticia durante su largo ciclo de vida.

245. Los moluscos benthicos y el zooplancton acumulan tanto mercurio orgánico como inorgánico, el primero con cambios muy lentos y el segundo con cambios más rápidos. Ambos tipos de organismos y peces absorben el mercurio en valores proporcionales a su concentración en el agua marina, más que de los sedimentos. Los niveles del agua marina menores a ng l^{-1} parecen no tener efecto sobre las algas o el zooplancton marino. El fitoplancton absorbe el mercurio inorgánico únicamente a través de la difusión pasiva, y lo elimina rápidamente. Los peces oceánicos de larga vida tienen altos niveles de mercurio en el tejido muscular, pero los peces que habitan en zonas costeras o encerradas alcanzan niveles de residuos de hasta mil veces más altos. Estas altas concentraciones en el tejido muscular son predominantemente de origen natural y se acumulan durante todo el proceso de vida. No existen evidencias de efectos nocivos por la acumulación.

246. Los depredadores de peces, a saber aves y mamíferos marinos, acumulan más mercurio orgánico (metilo) en los tejidos que los peces, y los que se alimentan en zonas cercanas a la costa tienen niveles más altos que los que se alimentan en el océano abierto. Existen pocas evidencias del daño que se puede producir por las altas concentraciones en los tejidos (en el hígado o las plumas de las aves marinas), probablemente por la absorción asociada y antagónica del selenio. Sin embargo, la reducción en el número de aves piscívoras y águilas marinas, ha sido vinculada con los niveles de hasta 50 ppm. en los tejidos.

247. En Minamata, Japón, la intoxicación con mercurio por el consumo ($20\text{-}50 \mu\text{g d}^{-1}$) de alimentos marinos contaminados localmente ascendió a 2.000 casos entre 1930 y 1968, y 43 casos fatales desde 1953. Este accidente motivó la adopción de recomendaciones internacionales en cuanto a los límites en los niveles de ingestión de mercurio ($0.3 \mu\text{g wk}^{-1}$ del mercurio total) y de concentraciones en los alimentos marinos.

248. No hay unanimidad de concepto en cuanto a la acumulación de cadmio en aguas marinas a través de la cadena alimenticia, si bien se estima que se absorbe a través del fitoplancton. El zooplancton al igual que los organismos que se alimentan por filtración y dependen del fitoplancton, presentan una carga corporal de unos pocos ppm, y ciertos peces oceánicos sólo tienen 0.03 ppm. (en seco). Si bien el cadmio no se considera un elemento importante, las concentraciones de hasta $100 \mu\text{g l}^{-1}$ han mejorado el crecimiento de fitoplancton en los laboratorios experimentales. No se informó de efectos en algas, ni en los moluscos y crustáceos con niveles de $0.4 \mu\text{g l}^{-1}$ en agua marina. Estos niveles "sin efecto" son relativamente más altos que los niveles naturales en el océano o las aguas costeras (aprox.

0.001 a $0.2 \mu\text{g l}^{-1}$), si bien podrían llegar a exceder estas cifras en ciertas zonas cercanas a las costas.

249. Aparentemente la acumulación directa de cadmio de los sedimentos en los organismos bénticos es leve, y presumiblemente se absorbe del agua. El cadmio se transfiere de las algas marinas a los moluscos herbívoros y a través de ellos a los carnívoros depredadores desde donde se separa como "metallothionein" (ej. en el tejido renal de los moluscos o el hígado y agallas de los peces).

250. Los organismos marinos absorben plomo de los sedimentos o las aguas cercanas a las costas con altas concentraciones de plomo inorgánico; la absorción de los mejillones estaría en relación con el tiempo de exposición. Al igual que el cadmio, los bajos niveles de plomo ($800 \mu\text{g l}^{-1}$) aumentan el crecimiento de ciertas especies de fitoplancton, probablemente como reacción al anión de nitrato; en otras especies no se encontraron efectos en niveles de $100 \mu\text{g l}^{-1}$. Se informa de efectos adversos (crecimiento) a niveles de $300 \mu\text{g l}^{-1}$ en ciertos protozoarios, mientras que niveles de $100 \mu\text{g l}^{-1}$ producen la mortandad del crustáceo *Gammarus locusta*. Con niveles de $500 \mu\text{g l}^{-1}$, se observa una gran mortandad de embriones de moluscos, si bien los adultos son más resistentes y muestran efectos sub-letales en concentraciones más altas. Este "nivel de efectos" tiene un orden de magnitud mayor que las concentraciones en agua marina (menos de $0.01 \mu\text{g l}^{-1}$). Se verificaron casos de intoxicación con plomo en aves acuáticas tanto de aguas marinas como de aguas dulces, pero en general la contaminación del mar y de organismos marinos no es un problema importante. Si bien el consumo de plomo a través de la dieta humana tendría un probable efecto en la carga corporal del hombre, su vinculación con los productos marinos no es importante.

251. El nivel de toxicidad aguda (LC50) de arsénico en varias especies de moluscos es de 350 a $750 \mu\text{g l}^{-1}$, si bien se ha informado de anomalías en ciertas especies de bivalvos y cangrejos en concentraciones de 200 y $300 \mu\text{g l}^{-1}$. Los efectos agudos en mamíferos marinos se encuentran generalmente en niveles de $10.000 \mu\text{g l}^{-1}$. Inclusive en los niveles marinos más altos, el arsénico no representaría un amenaza importante para los organismos marinos o para el hombre.

252. Se observa una fuerte correlación entre las concentraciones de selenio y de mercurio en focas y peces, y la proporción equimolar aproximada de los dos metales en mamíferos marinos sugiere una estructura o relación bioquímica Hg/Se. También se informó de esta correlación de selenio con otros metales en invertebrados. Aparentemente las algas no serían sensibles al selenio en concentraciones menores de $80 \mu\text{g l}^{-1}$. No afectaría a otras especies marinas en concentraciones menores de $100 \mu\text{g l}^{-1}$, mil veces mayor que las concentraciones típicas en el agua marina. En consecuencia no existe un riesgo aparente para los organismos marinos, inclusive en aguas contaminadas.

2. Hidrocarburos halogenados

253. Prácticamente en todos los niveles de la cadena alimenticia se encuentran efectos tóxicos de los hidrocarburos halogenados; en experimentos de laboratorio la productividad primaria se reduce en un 50 por ciento en concentraciones de $1 \mu\text{g l}^{-1}$, si bien estos efectos no se han detectado en el mar, donde las concentraciones en el mar abierto son varias órdenes de magnitud menores. El camarón *Crangon* tiene un 50 por ciento de mortalidad en concentraciones de 1 a $100 \mu\text{g l}^{-1}$, y estas mismas concentraciones afectan a diversas variedades de peces; el lenguado del Báltico (*Platichthys flesus*) redujo el desove en niveles de sólo 120 ppb. Los bivalvos concentran partículas contaminadas con una alta carga orgánica, sin embargo, parecería no afectar a sus poblaciones.

254. Las focas y las aves marinas en ciertas zonas del Báltico presentan altos niveles de residuos de compuestos organoclorados en los tejidos, con sus consabidas consecuencias perjudiciales. Las altas cargas corporales (hasta 900 ppm en el hígado) redujeron el número de las aves de rapiña y el desove de aves piscívoras. Se ha encontrado gran cantidad de focas muertas en el Mar Báltico y en el Mar de Wadden, muchas con oclusiones uterinas asociadas a niveles de hasta 100 ppm de BPC en el tejido graso. Sin embargo, las focas de las Islas Farne continúan reproduciéndose hasta con residuos de 122 ppm. El tejido graso de las focas en los mares templados del norte tienen hasta 190 ppm y 100 ppm (en seco) de BPC y DDT respectivamente; los residuos en los tejidos grasos de las focas en los océanos meridionales es mucho menor.

3. Hidrocarburos del Petróleo

255. Las concentraciones del petróleo debido a la explotación y uso en el Mar del Norte alcanzan niveles de 1 a $3 \mu\text{g l}^{-1}$, si bien son menores en el océano abierto. Los niveles de hidrocarburos son más altos cerca de las plataformas de petróleo y en estuarios con importantes actividades de carga, descarga y refinación de hidrocarburos. Los sedimentos alcanzan entre 5 y 160 ppm, si bien podrían llegar a aumentar a más de 1.000 ppm en estuarios contaminados. Los vertimientos accidentales o las perforaciones, producen efectos en los organismos vivos de zonas adyacentes, incluyendo una alta actividad enzimática inducida en los tejidos de los moluscos (ej. oxidasa de función mixta), crecimiento reducido de algas marinas, cambios en el comportamiento y deterioro en la repoblación de cangrejos, y cambios sucesivos en los crustáceos benthicos pequeños. También se informó de altos residuos de petróleo en el hígado de peces. Para afectar realmente las larvas de los peces, se requeriría una persistencia de $50 \mu\text{g l}^{-1}$ de la fracción aromática del petróleo sobre una amplia zona marina, en comparación con la concentración natural persistente de $1 \mu\text{g l}^{-1}$.

4. Conclusiones

256. Esta breve reseña permite mostrar que, con excepción del mercurio, los metales en traza se encuentran en concentraciones disueltas tan bajas en las aguas oceánicas e inclusive en la mayoría de las aguas costeras que no representan un peligro para los organismos marinos. La acumulación de residuos de mercurio orgánico sería peligrosa para las aves marinas, y el riesgo de una intoxicación humana con mercurio justifica la adopción de medidas de control para limitar su ingestión por el régimen alimenticio. Sin embargo, se desconoce la relación entre las concentraciones en el agua y los niveles de mercurio en los peces. El cadmio, si bien está incluido en la "lista negra" de las sustancias controladas por los acuerdos internacionales debido a sus probables efectos en el ser humano, no sería peligroso para los organismos marinos o para el hombre. De igual manera, los actuales niveles de arsénico acumulado en los organismos marinos no tendrían efectos nocivos.

257. Se ha demostrado que los hidrocarburos halogenados son peligrosos para los principales depredadores que acumulan residuos en los tejidos grasos; el riesgo es más importante cuando estos organismos habitan en zonas de mucha contaminación; vertederos de aguas negras y de aguas industriales. Si bien las manchas de aceite o las bolas de alquitrán constituyen una importante forma de contaminación y afectan los lugares de esparcimiento, no tendrían otros efectos peligrosos para los organismos marinos, excepto en vertimientos accidentales o descarga continua de refinerías y otras actividades industriales. Sin embargo, existen habitats especialmente vulnerables, sobre todo en las regiones polares, en los trópicos, y en las aguas costeras encerradas donde vertimientos de 100 toneladas han producido grandes daños a especies sensibles, como el caso de las aves y los mamíferos marinos.

258. Dentro del ecosistema marino, muchos factores naturales y artificiales interactúan en forma compleja. Se han desarrollado diversos enfoques para medir sus efectos en algunos elementos biológicos. Las reacciones fisiológicas incluyen anomalías en el crecimiento, la fecundidad y el desarrollo; también se utilizaron índices bioquímicos. Deberán tenerse en cuenta las limitaciones y la validez de estos enfoques integrados. Una de las deficiencias más serias, es la falta casi total de referencias sobre muchas de las propiedades biológicas. También es importante identificar el o los factores perjudiciales, a fin de adoptar las mejores medidas correctivas.

259. Estudios recientes realizados en colaboración por COI/GEEP observaron paralelamente, y con buenos resultados, las condiciones ambientales, las reacciones bioquímicas y fisiológicas de las especies, y la reacción comunitaria y de población. Este enfoque se está aplicando en ejercicios similares en los trópicos.

260. El estudio mostró la falta de conocimientos sobre la relación entre los niveles marinos y sus principales efectos en los organismos y en el hombre. Dado que estas relaciones constituyen la única base biológica racional para elaborar normas ambientales, es fundamental instrumentar una investigación coordinada sobre una serie de contaminantes y organismos.

C. EUTROFICACION

261. Los grandes vertimientos artificiales de nutrientes indudablemente producen un impacto en lagos de agua dulce, cambios en la producción primaria y composición de las especies, floración intensa de las algas y efectos perniciosos, por ejemplo el agotamiento del oxígeno, con sus consecuentes efectos en la calidad del agua y los recursos vivos. Durante un tiempo se dudó que efectos similares ocurriesen en el medio marino, ya que se entendió que su mayor tamaño y dinámica permitiría absorber las descargas de nutrientes. Sin embargo, actualmente se admite que las crecidas y las descargas fluviales estacionales o la escorrentía terrestre, por ejemplo, aumentan la productividad natural. Se observó ultimamente un aumento paralelo en la frecuencia y escala de floración excepcional de algas con el aumento de la descarga de nutrientes en el medio marino.

262. La producción marina primaria esta limitada por un número de factores, a saber: la disponibilidad de nutrientes y de una serie de sustancias en traza, la luz, la temperatura, la estabilidad del volumen de agua y otros factores biológicos, como son la presión por los alimentos y la presencia de una adecuada población reproductora de fitoplancton. Sin embargo, la disponibilidad de nutrientes tales como los compuestos de fósforo y de nitrógeno será la determinante para la extensión máxima de los cultivos. Se ha demostrado que el fósforo en ciertas zonas (ej. en el Adriático) es el nutriente que limita el crecimiento, una función habitual de los compuestos de nitrógeno orgánico, a diferencia de los medios de agua dulce, donde el fosfato es el factor principal. Los nutrientes de nitrógeno provienen de la descomposición de plantas y animales, de los excrementos animales, del intercambio aire-mar y de los procesos oceánicos de mezcla. Las actividades humanas también aportan a todos estos procesos. Las fuentes terrestres más comunes de nutrientes son: los desechos domésticos, (especialmente las aguas negras), la escorrentía agrícola de los excedentes de fertilizantes, los desechos de animales en las zonas de ganadería intensiva, cierto tipo de efluentes industriales y la precipitación atmosférica.

263. A nivel mundial, las actividades humanas producen una descarga fluvial de nutrientes similar a los procesos naturales. La descarga varía según la zona y según una serie de factores que incluyen la densidad de población, el uso de la tierra, el tratamiento de efluentes, la topografía estuarina, los porcentajes de dispersión y las fuentes marinas naturales de nutrientes. En ciertos volúmenes de mares encerrados y zonas costeras, estas descargas han producido aumentos identificables y sostenidos de las concentraciones de nutrientes en el agua. Las zonas afectadas son numerosas y geográficamente dispersas, y todas tienen como factor común un limitado intercambio de agua con el mar abierto.

264. No existen evidencias de un aumento sostenido comparativo en las aguas continentales abiertas o en las zonas oceánicas abiertas, y parece poco probable con los actuales porcentajes de descarga, dado que la producción primaria en las aguas estuarinas y cercanas a las costas absorbe el 80 o 90 por ciento de la descarga de nutrientes (véase el Capítulo II). Es de esperar un efecto perceptible importante del exceso de la descarga de nutrientes cerca de las costas, que se manifestaría indudablemente por las frecuentes floraciones de algas y el aumento de la biomasa de algas bénticas y de plantas vasculares acuáticas. Un incremento limitado produciría un aumento deseable en la producción, pero una descarga importante degradaría de diferentes formas el medio, especialmente si la demanda de oxígeno de las plantas en descomposición de las grandes floraciones deriva en la hipoxia y mortandad de organismos sensibles como los peces que requieren altos niveles de oxígeno.

265. En el Mar Báltico la vigilancia sistemática desde 1980 ha mostrado niveles de eutroficación, con una progresiva reducción de las concentraciones de oxígeno y un aumento en los niveles de nutrientes. Los efectos biológicos registrados durante el mismo período desde 1980 indican porcentajes más altos de la producción primaria durante el verano, un aumento de productividad, incluyendo poblaciones de peces, pero con un excepcional e indeseada floración de plancton. Si bien se ha constatado una cierta relación con las variaciones climatológicas e hidrológicas en el Báltico, los informes sobre un aumento de las descargas de nutrientes en aguas encerradas son motivo de gran preocupación.

266. Se estima que la floración inusual registrada en las costas de Dinamarca, Noruega y Suecia en 1988 esté también relacionada con los mayores vertimientos de nutrientes. Las altas concentraciones del dinoflagelado *Chrysochromulina polylepsis* con concentraciones máximas de 50-100 millones de células por litro, provocó la floración que ocasionó grandes daños en las algas marinas, los invertebrados y los

peces en zonas costeras a una profundidad de entre 0 y 12 mt. y en una extensión de 200 km.; también produjo una toxina no identificada que afectó los criaderos de salmón con un costo de más de 10 millones de dólares para la industria pesquera noruega. Si bien la toxina no se acumula en los tejidos de los animales acuáticos, se han encontrado rastros en el mejillón azul (*Mytilus edulis*); no se han informado de efectos perjudiciales para la salud humana. Un aspecto interesante a considerar es que no se habían registrado anteriormente importantes floraciones provocadas por esta especie en la región, ni se conocían sus efectos tóxicos.

267. Cerca de las costas holandesas, el nitrógeno en el agua marina se cuadruplicó, y el fósforo se duplicó durante el período entre 1930 y 1980. En las aguas cercanas a la ribera alemana, los aumentos alcanzaron a 1.7 y 1.5 respectivamente durante los últimos 23 años. La biomasa de fitoplancton aumentó ostensiblemente durante el mismo período y los flagelados absorbieron gran cantidad de diatomeas del plancton. El factor propulsor parecería ser el flujo de nutrientes, más que su concentración.

268. Las zonas costeras en la región norteña del Mar del Norte tienen niveles muy altos de nutrientes durante el invierno, y por consiguiente una alta producción primaria durante la primavera, con cambios estacionales notables en la composición de las especies de fitoplancton. Ya se había constatado una mortandad de macrobentos por una deficiencia de oxígeno, hecho que se intensificó en años recientes. La zona sur del Adriático también muestra señales de eutrofización por las grandes descargas de nutrientes de las vías fluviales debido a las actividades ribereñas. Esta acción se vinculó con las floraciones estacionales de algas y, en zonas limitadas, con condiciones anóxicas que provocaron muchas veces una mortalidad masiva de peces e invertebrados bénticos en aguas bajas. Durante el verano de 1988, y probablemente por las condiciones climáticas (un clima calmo y excepcionalmente cálido), una proliferación inusual de algas liberó grandes cantidades de material gelatinoso que contaminó las playas a lo largo de las costas italianas y yugoslavas.

269. El Mar Interior y otras zonas marinas del Japón tienen serios problemas por el exceso de nutrientes, y el impacto de la floración del fitoplancton afecta especialmente a la maricultura. En la costa de Nueva York, una combinación de eutrofización y características climáticas produjo una condición anaeróbica que provocó la mortandad de los peces. Estos ejemplos indican la difusión de los efectos perjudiciales de los altos niveles de nutrientes agregados, si bien también se ha visto una floración tóxica sin eutrofización notoria. Las zonas afectadas tienen un intercambio de agua restringido y condiciones anóxicas. Muchas han registrado una floración tóxica y cambios en la producción de las pesquerías.

270. Existe una secuencia en los cambios que caracterizan las etapas progresivas de la eutrofización marina. Una progresión teórica del fenómeno implica a) mejor producción primaria, b) cambios en la composición de las especies vegetales; c) floración muy densa, frecuentemente muy tóxica, d) condiciones anóxicas, e) efectos perjudiciales en los peces e invertebrados, f) impacto en aspectos recreativos, g) cambios en la estructura de las comunidades bénticas. Los efectos no siempre son claros, ni tampoco la secuencia es siempre obvia. Indudablemente que los cambios en la estructura de comunidades bénticas son signos de eutrofización, probablemente por que los bentos absorben lentamente la exposición. Los efectos problemáticos para el hombre incluyen la reducción de la producción de pesquerías o la pesca bruta de peces, y el deterioro de los aspectos recreativos, con sus consecuentes pérdidas económicas. Los riesgos más directos para la salud provienen de la exposición de neurotoxinas en flagelados que se infiltran a través de los crustáceos. Reconocer esta secuencia permitirá tomar medidas correctivas en las etapas primarias para evitar consecuencias serias.

271. La correcta vigilancia periódica y a largo plazo implica la medición de a) turbiedad, b) concentraciones de oxígeno, c) concentraciones de nutrientes, d) clorofila en el fitoplancton, y e) diversidad y biomasa de fauna béntica y macrofita. Las observaciones vía satélite son informativas, especialmente para diagramar la escala, desarrollo y descomposición de la floración. Actualmente los marcos conceptuales y los modelos son más bien herramientas heurísticas que instrumentos de predicción exactos, si bien esta situación cambiará con el avance de la información.

272. La experiencia ha demostrado la factibilidad de controlar y revertir la eutrofización mediante la reducción de las descargas de nutrientes y de carbón orgánico. Existen casos bien documentados de la recuperación de zonas pesqueras deterioradas por nutrientes de lodos cloacales una vez detenido el flujo. En fuentes puntuales específicas, puede ser suficiente descargar los efluentes en zonas más alejadas

de la costa donde el agua tiene mayor movimiento, dado que los efectos perjudiciales se reducen cuando los nutrientes se diluyen y dispersan. En zonas con circulación restringida, deberá estudiarse la remoción o desviación de una gran parte de la carga de nutrientes (especialmente el nitrógeno) y su descarga en otras zonas adecuadas. Existen técnicas efectivas para eliminar los nutrientes, sin embargo, el costo es alto, y si la principal fuente de nutrientes proviene de la agricultura, se podría llegar a pensar en cambios importantes en los procedimientos o intensidad agrícola para reducir efectivamente la descarga.

273. En la interpretación de la información sobre eutroficación y previsión de sus efectos, es de notar que los procesos naturales en el medio marino tienen fluctuaciones no muy claras a corto plazo, y menos claras aún a largo plazo. Más aún, es difícil predecir los efectos de las diversas fuentes en las grandes zonas geográficas, que podrían no ser importantes por sí mismas, pero tienen un efecto conjunto acumulativo sobre extensas zonas, tales como la Bahía de Nueva York, el Mar Báltico, o la zona costera meridional y oriental del Mar del Norte. Sin embargo, es posible identificar, proteger y controlar a escala local las zonas de limitado intercambio fluvial, como son lagunas, fiordos, ensenadas y bahías cerradas, donde una importante descarga de nutrientes provocaría efectos nocivos.

D. EFECTOS ECOLOGICOS

1. Consideraciones generales

274. Es difícil distinguir entre los efectos a largo plazo de la exposición de las poblaciones o comunidades a los contaminantes, y la exposición a los cambios naturales. Observaciones confiables de los cambios de población durante largos períodos de tiempo (décadas) se limitan a ciertas especies comerciales, plancton oceánico y unas pocas comunidades bénticas cercanas a las costas. Los análisis estadísticos de la información no siempre son convincentes. Tampoco se conocen claramente las causas de los cambios; es necesario corroborarlas con ensayos realistas en laboratorios y en el campo. Podría crear una tendencia a "buscar la causa", inclusive cuando existe una base estadística.

275. Establecer una relación entre un agente tóxico y la frecuencia o intensidad de los efectos sobre un objetivo determinado, implica identificar la dosis y la forma de exposición en muestras de ensayos de toxicidad, e interpretarlas en término de poblaciones silvestres más que en laboratorios y en el campo. Los efectos de la exposición variarán según los diferentes contaminantes (o mezclas) y las condiciones de exposición (continua o intermitente), entre las diferentes especies o cepas, y la etapa en el ciclo de vida. En consecuencia, la exposición de la población debe estar relacionada con la distribución temporal y espacial de los contaminantes y los organismos destinatarios, y con las reacciones de cada especie.

276. Unas pocas sustancias son instantáneamente mortales en cantidades de elementos traza, sin embargo, son poco comunes y su peligrosidad se identifica rápidamente. De ahí que nos preocupe más la exposición a largo plazo, ya sea continua o intermitente y con efectos retardados e imperceptibles, especialmente los que provocan anomalías en las poblaciones (es decir cambio de población por reproducción o inmigración) o la interacción competitiva dentro o entre las especies en una comunidad.

277. Muchos experimentos se basan en la evaluación de la reacción ante altas concentraciones de un solo contaminante a corto plazo, y a un limitado conjunto de condiciones de exposición conexas. Para traducir esta información en términos realistas, habrá que extrapolar la reacción en concentraciones más bajas y sujetas a una exposición durante todo el ciclo de vida. Estos enfoques se desvirtúan si se desconoce el umbral de los efectos, tal el caso de sustancias esenciales a bajas concentraciones, o cuando las condiciones ambientales (temperatura o pH) representan una función importante.

278. Las reacciones varían entre individuos según la edad, sexo, tamaño, estado fisiológico y estructura genética. Podría también desconocerse la distribución espacial y temporal de un contaminante en el medio, o la relación exacta de la ubicación y exposición de la población destinataria. Más aún, en organismos de gran movilidad, tales como los peces o mamíferos marinos, se desconoce generalmente la trayectoria de la exposición previa, y se confía en la acumulación de residuos (carga corporal) de un supuesto agente tóxico. Esta estrategia depende del grado de persistencia de los agentes tóxicos y de

la información sobre la acumulación en los tejidos, edad, relación con la cadena de alimentos y exposición anterior de los organismos destinatarios.

279. Para extrapolar los resultados de los estudios o procesos de toxicidad según los niveles de población, se requiere suficiente información sobre la estructura de población de las especies destinatarias. Para ello se aplicarán conceptos generales sobre la reacción de la población o comunidad (en general de una sola especie) a la exposición experimental de los contaminantes. Sin embargo, este objetivo no siempre es válido más que para unas pocas especies comerciales o de interés conservacionista, y en relación con sólo unos pocos contaminantes.

280. Dada la diversidad de condiciones en el medio real, y las dificultades para predecir con muestras limitadas de unas pocas especies la reacción biológica de las comunidades en ensayos de laboratorio o inclusive en el campo, los estudios de toxicidad deberán buscar mecanismos potenciales de reacción y establecer el umbral de los efectos agudos (letales). Estos estudios facilitan la interpretación del fenómeno en el campo y explican en forma válida los daños observados.

281. Los contaminantes en el agua y las zonas costeras no se dan en forma aislada sino como parte de variadas y complejas mezclas junto a cambios en las características ambientales. Los cambios en la temperatura, el oxígeno disuelto y las cargas de sedimentos suspendidos constituyen determinantes importantes en cuanto a la disponibilidad y forma química, de manera tal que la reacción biológica está regulada por la interacción entre los contaminantes, las variables naturales, y los factores biológicos.

282. Si la población se reduce, una menor competencia interespecífica conduce a cambios en la comunidad, primero con cambios localizados en la dominancia o pérdida de la especie. Estos cambios son irreversibles si no existe una reposición con poblaciones adyacentes. Se desconoce el tiempo de recuperación, el grado de reversión de las modificaciones para restablecer las poblaciones, dado que dependen en gran medida de las condiciones específicas de las zonas alteradas y del potencial de recuperación. Es importante el estudio de estas condiciones a lo largo de las concentraciones de gradientes desde las fuentes puntuales, de las descargas accidentales, y también de la subsiguiente recuperación de los habitats y las comunidades afectadas.

283. Resulta difícil resolver las dificultades para vigilar los cambios biológicos por las variaciones a largo plazo y la extensión geográfica, y por los problemas de interpretación de los resultados de la exposición experimental de unas pocas especies a unos pocos contaminantes. Cuando se prevén cambios, por ejemplo en zonas de descarga, podrían iniciarse programas de vigilancia; sin embargo, implican un compromiso costoso y a largo plazo, no son demasiado populares entre los organismos de financiación, autoridades de control o inclusive entre los científicos. Más aún, se ha mencionado que los daños irreversibles se producen antes de recopilar y analizar los resultados de los programas a largo plazo.

284. De ahí que las observaciones en el campo a largo plazo difícilmente permitan prevenir los efectos importantes a nivel de población, ni identificar el principal o los más importantes agentes causantes. Con excepción de los hechos catastróficos, es difícil distinguir entre las causas naturales y artificiales de los cambios biológicos. Un análisis meticuloso del fenómeno natural (ej. El Niño), o de los cambios en las comunidades biológicas luego de los accidentes, o de un gradiente desde la fuente contaminante, ofrecería la mejor evidencia para estudiar la reacción de las poblaciones a los acontecimientos naturales o las actividades humanas. Estas investigaciones mejorarán con el estudio de los mecanismos y procesos químicos y biológicos, y el desarrollo de modelos para extrapolar resultados comunitarios. Una evaluación indirecta incluiría: a) datos de dinámica de población, b) estudios sobre los procesos del impacto de contaminantes, y c) información sobre la distribución espacial y temporal de los contaminantes.

285. Para ilustrar los problemas inherentes que permitan identificar los efectos a largo plazo de las bajas concentraciones de contaminantes, o probables causas, se presentan a continuación una serie de ejemplos de cambios biológicos supuestamente provocados por los fenómenos naturales y por las actividades humanas.

2. Estudios de caso

a. Cambios de población

286. Un estudio sobre la comunidad de plancton en el Atlántico norte y en el Mar del Norte desde 1940 contiene información de un período de 40 años sobre los cambios geográficos, estacionales y anuales, y permite evaluar los posibles cambios en la comunidad o la productividad durante un período de tiempo. Revela una relación convincente entre los cambios del fito y el zooplancton con el clima occidental y la temperatura superficial del mar entre los meses de febrero a junio. Esta información es estadísticamente suficiente para relacionar la aparente reducción del zooplancton hasta 1980 por un proceso natural persistente y a largo plazo, de manera que elimina la presencia de bajos niveles de contaminación no identificados. Sin embargo, no existen mayores informes sobre los niveles de contaminantes en las aguas oceánicas durante el período de observación del plancton, lo cual impide establecer los posibles efectos contaminantes, si bien se ha mencionado la posibilidad de efectos perjudiciales de las sustancias químicas en traza de las actividades humanas, como es HPA, en los océanos y mares encerrados.

287. Otro ejemplo bien documentado de los cambios biológicos es el "Ciclo Russell". En este caso se cotejó una antigua investigación sobre las calidad del agua en la costa occidental del Canal Inglés con observaciones biológicas sistemáticas de plancton y larvas de peces. El estudio comenzó en la década de 1920, cuando las principales pesquerías de las regiones portuarias se dedicaban a la pesca del arenque (*Clupea harengus*); en ese momento uno de los indicadores de los organismos de zooplancton era el quetognato *Sagitta elegans*. En años posteriores declinó la pesca del arenque y se sustituyó por la sardina (*Sardinia pilchardus*), y el *S. setosa* se convirtió en el indicador de zooplancton. Durante esos años los contaminantes no se identificaban individualmente, si bien los niveles de fosfato se medían rutinariamente como un importante indicador de productividad. La situación se revirtió luego de varias décadas y nuevamente se encontraron larvas de arenque en el plancton. Se estableció entonces, que la temperatura del agua era la variable más estrechamente correlacionada con los cambios comunitarios, asociados nuevamente con los ciclos a largo plazo de los vientos occidentales que controlan el flujo de corrientes cálidas del golfo en las aguas costeras de la región suroeste británica. El efecto de esta temperatura fue una alteración de la fauna presente en los límites del Canal y del Atlántico Norte y causó un desplazamiento de las especies en la estación experimental cercana a Plymouth. Por lo tanto, si bien durante los estudios iniciales el factor principal era la calidad del agua que se evaluaba rutinariamente durante el período de observación; es más probable que los cambios en los fenómenos naturales y externos son los que provocaron la sustitución entre las dos comunidades.

288. En cuanto a ciertas especies marinas explotadas comercialmente, existe suficiente información sobre sus poblaciones como para evaluar los posibles efectos de los contaminantes o de la explotación. Los informes más antiguos de las actividades pesqueras, datan del siglo XV, mucho antes de una contaminación importante. En el caso del bacalao del Atlántico (*Gadus morrhua*) la pesca aumentó durante los períodos más cálidos en el Atlántico Norte en la década de 1920 cuando la temperatura del mar ascendió en más de 1°C. Entre las especies de arenque pelágico, se verificaron fluctuaciones importantes en los tamaños de población del arenque Hokkaido en el Mar del Norte, el arenque Bohuslan y el arenque y la sardina de California. Mientras que el arenque Bohusland (Báltico) muestra una periodicidad de aproximadamente 110 años, y se alterna con el arenque que desova en primavera en el Mar del Norte, todas las otras poblaciones tienen patrones similares de años buenos y años malos. En el caso del arenque del Mar del Norte, estos patrones reflejan la periodicidad de la cubierta de hielo en el norte de Islandia. Cambios temporales similares en poblaciones ampliamente separadas de sardinas en el Adriático, California y Japón indicarían vastos cambios climáticos. Un ciclo más corto es el de la anchoveta peruana, influenciada por las oscilaciones de las condiciones hidrográficas conocidas como El Niño (véase el párrafo 119). Esta reducción regular de las corrientes ascendentes del Pacífico oriental disminuye la productividad y limita la distribución de la anchoveta, que permanece abundante únicamente en las zonas productivas.

b. Efectos de las temperaturas

289. Las temperaturas producen importantes efectos directos e indirectos en todos los niveles de la organización biológica. Por el contrario, las fuentes puntuales de descarga a temperatura ambiente más alta tienen efectos totalmente locales. Un estudio a largo plazo (25 años) sobre los efectos en la fauna béntica cercana a una descarga termal de una planta de energía nuclear de 2.000 MW (Estuario de Clide en el Reino Unido) ha mostrado fluctuaciones en el crecimiento y abundancia de las principales especies macrobénticas atribuibles tanto a los efectos climáticos como a los efluentes térmicos en la repoblación, el crecimiento y la mortandad. Durante años, se asociaba una mayor repoblación que la promedio a las temperaturas más altas que las normales antes del desove. Sin embargo, las fluctuaciones parecerían no tener mucho efecto en las comunidades bénticas más bien estables. Otro análisis a largo plazo de la repoblación juvenil de peces cercanos a las costas (*Atherina presbyter*) y en una bahía cerrada (Southampton) no mostraron cambios en la estructura de población durante un período de 12 años de descarga termal desde una planta energética de combustibles fósiles de 2.000 MW. En consecuencia, si bien es posible identificar los efectos estrictamente locales y a corto plazo de las descargas de estas fuentes puntuales, es difícil distinguir entre las fluctuaciones naturales y las producidas por la actividad humana. Un calentamiento a nivel mundial provocado por cambios climáticos, podría sin embargo, tener efectos más importantes en el medio marino, por ej. el aumento del nivel del mar cambiaría la zona de los habitats, al favorecer especies más tolerantes a las altas temperaturas o aumentar la proporción de procesos fisiológicos peligrosos.

c. Cambios en los arrecifes de coral

290. Los vertimientos de petróleo, la pesca destructiva, la minería, las tormentas y el impacto de los nuevos desarrollos producen obviamente daños en los arrecifes de coral. Los cambios en las zonas continentales (deforestación) aumentan la carga de sedimentos en las aguas de escorrentía, y esto también se correlaciona con la reducción de los arrecifes de coral en el Pacífico. Asimismo, se ha informado de una reducción localizada con efectos "blanqueadores" por la pérdida de zooxantela de los tejidos, provocado por diversos contaminantes, (ej. el herbicida 2,4 D, petróleo, aguas negras, nutrientes), aunque sin ensayos o evidencias sustantivas. Un informe reciente señala que la pérdida de la zooxantela está vinculada a hechos meteorológicos y oceanográficos que han aumentado notoriamente la temperatura superficial del agua en amplias regiones. En este caso, sería consecuencia de ciclos naturales.

291. En los Océanos Pacífico e Índico, sin embargo, la causa principal de los daños en los arrecifes de coral es la presión depredativa de la estrella de mar *Acanthaster planci*, que ha tenido un aumento masivo de población entre los años 1968 a 1972. Se desconoce en que forma este aumento está relacionado con las actividades humanas.

d. Reducción de los mamíferos marinos

292. La acumulación de sustancias químicas tóxicas solubles en lípidos en los mamíferos marinos, por ejemplo los hidrocarburos clorados que se transfieren a través de la cadena alimenticia, hace suponer posteriores efectos nocivos. En las regiones del Mar Báltico y el Mar de Wadden se ha demostrado que los residuos de BPC provocan esterilidad entre las focas comunes (*Phoca vitulina*). Sin embargo, si bien las concentraciones de BPC en las focas comunes y las ballenas asesinas (*Orcinus orca*) en Puget Sound, son las más altas del mundo, no se ha identificado una relación entre los promedios de natalidad y la presencia o concentración de contaminantes.

293. Se ha establecido que el virus morbilli, virus de enfermedad focina anteriormente desconocido, provocó la mortandad de miles de focas en las aguas septentrionales europeas (Mar del Norte, Báltico y de Irlanda) en 1988. Dado que los BPC y otros compuestos asociados, como son las dioxinas cloradas y los dibenzofuranos, aparentemente deprimen el sistema inmunológico en los mamíferos, se estima que la exposición a estas sustancias habría debilitado a las focas. Sin embargo, la mortandad no fue mayor

en las aguas más contaminadas de las zonas afectadas, ni los tejidos animales mostraron concentraciones extremadamente altas de BPC o de residuos de plaguicidas. En consecuencia, no existen evidencias reales de la función epidemiológica de los contaminantes.

e. Enfermedades piscícolas

294. Muchas enfermedades externamente visibles predominan en las poblaciones de peces, y se ha propuesto su incidencia como un índice de contaminación, ya sea con base en los agentes tóxicos presentes en el agua, o a las condiciones desfavorables generales (bajo nivel de oxígeno, altas temperaturas). Para vincular las enfermedades piscícolas con la contaminación, habría que estudiar la incidencia y la variación natural en relación con la zona geográfica y estacional y la calidad del agua, las especies de peces, la edad, las condiciones y la densidad de población. No existe suficiente información sobre los niveles de las enfermedades más estudiadas, ni de la influencia de contaminantes específicos.

295. Sin embargo, se ha vinculado la "carga de agua residual" con la alta frecuencia (20 a 30 por ciento en las muestras de peces) de enfermedades de variadas etiologías en los Limanda limanda, en las zonas contaminadas de la costa alemana; también se informó de una alta frecuencia de linfocitos, úlceras y carcinoma de las aletas en el lenguado Platichthys flesus en las aguas cercanas a la costa holandesa. Asimismo, se encontraron evidencias similares en otras zonas, especialmente en Puget Sound. Muchos científicos estiman que la evidencia circunstancial en ciertas zonas es suficiente para vincular las enfermedades de los peces con la contaminación del agua. Otros, sin embargo, consideran que esta relación sigue siendo dudosa. Se están llevando a cabo nuevas investigaciones, incluyendo la identificación de enfermedades específicas, la exposición experimental a agentes sospechosos, y estudios más intensivos en el campo para explicar esta relación y formular una línea de referencia sobre la incidencia de diversas enfermedades. Es necesario fomentar estos trabajos.

f. Aves marinas encalladas

296. Las aves marinas están expuestas a la contaminación marina a través de la depredación de organismos marinos contaminados o por contacto directo con residuos de petróleo o restos de plástico en la superficie marina. En ciertas zonas se analizan constantemente las aves marinas encalladas para vigilar los efectos de las actividades perjudiciales del hombre. En otoño de 1969, un desastre masivo afectó a las aves en la zona del Mar de Irlanda, con más de 12.000 aves varadas en las costas cercanas. Las más afectadas fueron las alcas adultas (*Uria aalge*) inmediatamente luego de la muda. Se procuró evaluar entonces la posible influencia de enfermedades epidémicas, la falta de alimentos, o la acumulación de contaminantes. Las conclusiones no fueron claras, si bien no se descartan los efectos de la exposición a los contaminantes, incluyendo los residuos de BPC.

E. RECUPERACION DE ESPECIES Y ECOSISTEMAS ALTERADOS

297. Es pertinente analizar el grado de recuperación de las especies y los habitats alterados, una vez interrumpida la descarga de contaminantes. A diferencia de un ecosistema sano, el ecosistema deteriorado por efectos del petróleo, los nutrientes o las aguas de alcantarillado tendrá una menor diversidad de especies, cadenas alimenticias más cortas y una menos eficiente transferencia de energía entre los niveles tróficos. Las expectativas más simples indican que el sistema se recuperará eventualmente. Sin embargo, dado que los ecosistemas son sumamente dinámicos y con diversos estados de estabilidad, la recuperación no siempre sigue la misma secuencia o escala de tiempo, y el sistema no necesariamente revierte a su estructura previa.

298. Los efectos, al igual que la recuperación, dependerán de las condiciones locales. Las descargas de aguas negras, inclusive si no transportan sustancias químicas tóxicas, podrán ocasionar también un importante aumento de nutrientes y cambiarles el equilibrio. Por ejemplo, aumentó la descarga

de aguas negras municipales cercanas a Estocolmo desde comienzos de este siglo con una carga importante de fósforo que producen una alta floración de algas verde-azul fijadoras de nitrógeno, una reducción en la transparencia del agua y períodos de falta de oxígeno con generación de ácido sulfídrico. Entre 1968 y 1973, se inició la purificación biológica y química en todas las plantas de tratamiento de aguas de alcantarillado en Estocolmo, y consecuentemente la concentración de fósforo en el agua superficial se redujo de 17 a 4 $\mu\text{g l}^{-1}$, decreció la frecuencia de la aparición de algas, mejoró la transparencia del agua, aumentó el contenido de oxígeno y ya no se encuentran rastros de sulfuro de hidrógeno.

299. Para mencionar otro ejemplo, hace cientos de años el Río Támesis, en el Reino Unido, contenía importantes poblaciones de peces, pero la creciente descarga de agua residual y otros vertimientos durante el siglo XIX redujeron notoriamente el oxígeno disuelto. A comienzos de la década de 1950, se constató un déficit de oxígeno durante los veranos a lo largo de varias millas de flujo mareal, desaparecieron los peces y los gusanos invadieron la fauna profunda. La calidad del agua aumentó con la modernización y ampliación de dos plantas de tratamientos de aguas negras, y el mejoramiento y reducción de las descargas industriales. El contenido de oxígeno de las aguas receptoras aumentó y mejoraron las condiciones generales; hoy proliferan cerca de 100 especies de peces, incluyendo la merluza (*Merlangius merlangus*) y el eperlano (*Osmerus eperlanus*); se encontraron camarones reproductores, y se diversificaron las comunidades estuarinas de macroalgas, macro-invertebrados bénticos y aves silvestres. En 1983, luego de la introducción de animales jóvenes, se reestableció la inmigración del salmón adulto en el Támesis, y por primera vez en 130 años se pescó con caña y línea un salmón (*Salmo salar*).

300. La principal descarga contaminante en las aguas cercanas a la costa sur de California proviene del alcantarillado municipal. En 1971, el Condado de Orange desvió la descarga marina localizada a aproximadamente 18 mt. de profundidad, a una zona más alejada y profunda de la costa, entre 53 y 60 mt. Sólo existían unas pocas especies de pequeños gusanos poliquetos en las comunidades bénticas cercanas a la zona de vertimientos, y se había reducido la poca cantidad de peces. Tres meses más tarde, las concentraciones de azufre y carbón orgánico en los sedimentos habían disminuido a sus niveles normales, aumentó la diversidad de peces y bentos y desaparecieron los organismos invasores. Existen diversos ejemplos que muestran que los cambios adversos en el ecosistema son reversibles, inclusive a corto plazo, debido a un mayor aporte de nutrientes, ya sea por sedimentos por la descarga de aguas negras.

301. Otro contaminante con alta demanda de oxígeno es la descarga de la industria de la pulpa y el papel. Una investigación llevada a cabo durante 25 años en una planta cercana a Fort William, en Escocia occidental, registró grandes descargas de carbón orgánico durante un período de cuatro años. La cuadruplicación inicial de fauna béntica se redujo notoriamente al interrumpirse la descarga. Este aumento béntico es una de las características frecuentes del inicio de la eutroficación. Una sedimentación orgánica posterior deriva en una progresiva anoxia submarina con reducción o hasta eliminación del bentos. Resultados similares se constataron también en el Báltico, donde los desechos de los molinos de pulpa y papel producían zonas anaeróbicas en varios kilómetros cuadrados. Mejores procedimientos para el tratamiento de aguas han reducido la demanda de oxígeno y el volumen de la descarga de la fibra de madera en más de un 90 por ciento; por lo cual las zonas anaeróbicas en el Mar del Báltico, han sido eliminadas.

302. En cuanto a la contaminación de mercurio el patrón es diferente. En Suecia se utilizaba el fenilmercurio como bactericida antimoho en la industria de la pulpa y el papel, hasta que se prohibió en 1968. Antes de instalar plantas de tratamiento para el material suspendido en las aguas negras, los bancos de fibras contaminados con mercurio se acumulaban en el medio. El fenilmercurio gradualmente se convierte en mercurio inorgánico y luego de un proceso biológico se filtra y es absorbido por los organismos acuáticos. Existen todavía bancos de fibras contaminadas con mercurio a lo largo de la costa sueca del Báltico, y el bajo promedio de metilación los convierte en futuras fuentes persistentes, aunque leves, de mercurio en el medio marino. En varias bahías suecas se aplicó un método de remoción y recuperación de los depósitos perjudiciales. En una zona se removieron 15.000 toneladas secas de depósito mediante el dragado por aspiración y posteriormente se trató el cieno residual. El método permitió eliminar un 90 por ciento del total del mercurio de la bahía, con una reducción sustantiva en los niveles de mercurio metílico en los lucios (*Esox lucius*), se suspendió la prohibición de pescar.

303. Una vez constatada la peligrosidad del DDT y del BPC a comienzo de la década de 1970, se restringió o prohibió su uso en muchos de los países del hemisferio norte. Consecuentemente se redujeron sus niveles en el medio ambiente, por ejemplo en las zonas cercanas a California, en el Mar Interior del Japón y el en Mar Báltico. Años más tarde, también se redujeron las concentraciones en organismos vivos, y los niveles de BPC en las focas del Báltico disminuyeron en un 50 por ciento. Sin embargo, no se percibió desde entonces una mayor reducción, y los efectos nocivos continúan latentes. En el caso del DDT, el nivel total de residuos (especialmente de DDE) se redujo desde el año 1970 y sólo ascendía a un 10 por ciento del total inicial en 1984. Sin embargo, los niveles aumentaron desde esa fecha y nuevamente las cáscaras de los huevos de las aves piscívoras que prácticamente habrían alcanzado su tamaño normal se volvieron más delgadas. En consecuencia, si bien las prohibiciones y restricciones produjeron una reducción inicial de estos sintéticos orgánicos, se interrumpió la tendencia descendente inicial, probablemente debido a que se formaron residuos persistentes en los sedimentos, desde donde se reciclan continuamente.

304. Los informes mejor documentados de la recuperación de los ecosistemas provienen de los accidentes con petróleo, si bien la magnitud y la velocidad de la recuperación varía considerablemente. En algunos casos los grandes vertimientos han producido efectos menores aparentes, mientras que otras cantidades pequeñas de petróleo provocaron grandes daños. Otros factores son importantes, además del tratamiento de limpieza, incluyendo la naturaleza del petróleo, las condiciones meteorológicas, la estación, las características de la zona afectada y la posibilidad de repoblación. En general, los sistemas pelágicos en el mar abierto no sufren consecuencias serias, y la recuperación es cuestión de semanas o unos pocos meses. Los efectos en las comunidades submareales son más graves y la recuperación lleva más tiempo en las zonas intermareales donde el petróleo queda oculto en los sedimentos y puede filtrarse durante un largo período de tiempo. En estas zonas la recuperación ha demorado décadas.

305. Ya hay experiencia sobre el re-establecimiento de algunos habitats tropicales y subtropicales importantes; arrecifes de coral, manglares y lechos de algas marinas. En algunos casos las actividades físicas, tales como el desarrollo de puertos, la construcción de puentes o la minería de corales y la pesca destructiva, como también las descargas termales y las tormentas naturales han destruido estos habitats. La recuperación de los corales es sumamente lenta. Sólo se regenera anualmente un pequeño porcentaje de los arrecifes y podría llevar varias décadas en recuperarse si el daño es muy grande. Por otro lado, los estudios sobre manglares muestran hasta un 80 por ciento de recuperación anual; y se han desarrollado técnicas positivas para su repoblación, siempre y cuando se limite la vegetación competitiva en condiciones variables de salinidad y altura mareal adecuada. También se han recuperado rápidamente las poblaciones en los lechos de algas marinas, y de la epifauna asociada. Sin embargo, sólo si se corrige el problema original de las condiciones del medio degradado será posible llevar a cabo una acción de recolonización y recuperación positiva.

306. La relativa frecuencia de vertimientos importantes de petróleo en los últimos años, y el estudio de sus consecuencias, ha permitido aumentar los conocimientos sobre los efectos del petróleo en muchos ecosistemas. Es necesario fomentar estudios comparativos sobre otros tipos de contaminantes.

F. CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS BIOLÓGICOS

307. En la sección II C se analizó la necesidad de garantizar la calidad, validez de los datos y manejo de los estudios químicos. De igual importancia son los controles de calidad similares de los datos biológicos. Sin embargo, a diferencia de las mediciones químicas, la diversidad y variabilidad inherente de las mediciones biológicas hacen más difícil de identificar los errores del muestreo que de los procedimientos analíticos. Determinados métodos biológicos están bien normalizados mientras que otros son más bien empíricos.

308. Si bien se han promocionado los métodos estandarizados o los procedimientos establecidos a nivel nacional e internacional, los laboratorios seleccionan sus propios métodos. Además la variabilidad inherente de las poblaciones y comunidades producen una diversidad de técnicas, y muchos datos biológicos son "instantáneos" de parámetros variables y dinámicos más que determinantes de los valores absolutos o hasta relativos de las características estables. Este hecho dificulta la comparación entre datos

diferentes, a menos de que se utilicen métodos comparables y se obtengan límites estadísticos. Durante toda la investigación habrá que seguir un procedimiento definido con observaciones suficientes para lograr los niveles propuestos.

309. En la búsqueda de una relación entre los factores ambientales y las reacciones biológicas, esta falta de control de calidad sistemática de los componentes biológicos de una investigación no coincide con el estudio minucioso de las observaciones químicas y reduce el valor de las relaciones. Se requieren mayores esfuerzos para mejorar esta situación.

310. La recolección del material biológico para el análisis del contenido de contaminante difícilmente se realiza con garantías suficientes que aseguren que las muestras son representativas de la población. Ciertos programas han adoptado especies indicadoras como organismos normativos para los ensayos, sin embargo, están limitados por la restringida distribución de especies a nivel mundial.

311. La identificación exacta de las especies para las muestras biológicas es un problema importante, y existen atribuciones discutibles y obstáculos. Deberán adoptarse las medidas necesarias para capacitar adecuadamente a los taxonomistas, especialmente en los países en desarrollo, donde los especialistas son pocos, y no hay información suficiente sobre la diversidad de la flora y la fauna marina.

312. Si bien los datos biológicos nunca tendrán la exactitud de los análisis químicos, se podrían mejorar con la promoción y el apoyo de ulteriores estudios. La aceptación de métodos de muestreo sólidos, confiables y vastamente disponibles constituye de por sí un avance a nivel nacional e internacional. Deberán fomentarse investigaciones biológicas similares a los ejercicios de intercalibración entre laboratorios de los análisis químicos, por ejemplo, que promueve COI/GEEP.

IV. EFECTOS DE LOS CAMBIOS CLIMATICOS

A. CONSIDERACIONES GENERALES

313. El aumento del CO₂ atmosférico como resultado de la quema de combustibles fósiles y el aumento de otros gases de invernadero es motivo de preocupación, dado que durante las próximas décadas podrían provocar variaciones climáticas y efectos conexos. Las importantes investigaciones científicas procuran evaluar la magnitud y naturaleza de estos cambios climáticos. El informe más autorizado y actualizado es el informe de la Conferencia internacional de 1985 sobre la evaluación de la función del dióxido de carbono y otros gases de invernadero en las variaciones climáticas y efectos conexos, conocido como el Informe Villach. El Grupo intergubernamental para el estudio de los Cambios Climáticos del PNUMA/OMM está estudiando las recomendaciones formuladas.

314. El informe destaca un aumento en las cantidades mundiales de dióxido de carbón, clorofluorcarburos, metano y óxido nítrico. Estos gases, conocidos como gases de invernadero, son transparentes a la radiación de onda corta, pero absorben y emiten radiación de onda larga, y un aumento en las concentraciones podría derivar en un calentamiento de la superficie de la tierra y de la atmósfera baja. El informe señala la necesidad de estudiar los efectos de cada uno de estos gases individualmente a fin de estimar la influencia relativa en el calentamiento de la tierra durante un período de tiempo. Hasta el presente, todos los estudios se orientaron al CO₂. Sin embargo, si continua la tendencia actual en las concentraciones atmosféricas de otros gases de invernadero que aumentan a un ritmo más rápido, muy pronto tendrán un impacto similar al CO₂ en los cambios climáticos. En cuanto al CO₂, existen suficientes reservas de combustibles fósiles a nivel mundial como para provocar cambios climáticos por el aumento de este gas si se mantiene su explotación intensiva en el futuro.

315. El CO₂ en la atmósfera ha aumentado en una proporción anual de 1 ppmv (partes por millón por volumen) a partir de la primera medición confiable en 1958 de 315 ppmv. En cuanto al incremento futuro del CO₂ en la atmósfera, existen dudas no sólo sobre la magnitud de la descarga por la combustión de combustibles fósiles (aprox. 5 Gt C y⁻¹ en 1980) sino también por la cantidad que absorberán los océanos (estimado en 2-3 Gt C y⁻¹) y liberada por la destrucción de la biomasa, especialmente la deforestación. Actualmente la carga atmosférica de CO₂ aumenta en aprox. 2.5 Gt C y⁻¹.

316. En términos generales, es imposible predecir los efectos que tendrán en los ecosistemas y en las actividades humanas los cambios en los patrones climáticos regionales o las altas concentraciones de CO₂ y cambios conexos en el clima .

317. Es importante destacar que los modelos climáticos indican un aumento en el equilibrio medio mundial de la temperatura de la tierra producido por un aumento del CO₂ y otros gases de invernadero que duplicarán las concentraciones atmosféricas de CO₂ en promedios de 1.5 a 4.5 °C, probablemente en porcentajes menores. Sin embargo, el aumento de la temperatura media mundial de 0.3 a 0.7 °C durante los últimos cien años no debe imputarse estrictamente al incremento de CO₂ y otros gases de invernadero, si bien la cifra está dentro de los límites previstos.

318. Se estima que el nivel mundial de los mares aumentó cerca de 12 cm. en el siglo XX. Con base en los cambios observados desde principios de este siglo, se preve que un calentamiento mundial de 1.5 - 4.5 °C provocará un aumento de 10 a 140 cm. en el nivel del mar, producido especialmente por la dilatación térmica de las aguas oceánicas. El rango entre estos porcentajes estimados es una clara muestra de las incógnitas.

319. Las intensas investigaciones, especialmente dentro del marco del Programa de Investigación Mundial del Clima (WCRP) tienen como objetivo predecir los cambios climáticos producidos por causas naturales o artificiales a corto (varios años) o largo plazo (varias décadas). La investigación para la evaluación de los cambios a corto plazo se concentra en las regiones tropicales donde son evidentes las variaciones interanuales, tanto en los océanos como en la atmósfera, y donde fenómenos conocidos como El Niño tienen importantes efectos ambientales. Dentro del marco de la investigación internacional el Programa de investigación mundial de la atmósfera y el océano tropical (TOGA) del WCRO estudia la vinculación entre la atmósfera y el océano tropical.

320. La incapacidad para describir y modelar la circulación de los océanos mundiales está limitada por la predicción del clima en una escala decadal. El WCRP ha elaborado un proyecto que permitirá estudiar la circulación de los océanos mundiales (WOCE), diseñar un programa de investigación, desarrollar modelos de predicción de los cambios climáticos y recopilar los datos necesarios para su ensayo. El segundo objetivo implícito es encontrar métodos para vigilar los cambios en la circulación de los océanos a largo plazo.

321. El WOCE recopilará datos a nivel mundial, incluyendo mediciones de altimetría y temperatura en aguas superficiales; la distribución de calor; la velocidad horizontal en por lo menos un nivel profundo; y los flujos superficiales del momentum, calor y agua con base en las mediciones de una serie de satélites, in situ y del análisis de los modelos de circulación general de la atmósfera. El programa también incluye una serie de experimentos para identificar procesos importantes que permitan predecir los cambios climáticos en un período de diez años. Estos experimentos estarán concentrados en el Océano Atlántico. El período de observación intensa del WOCE está programado para 1990-1995, y el programa ha iniciado la fase de instrumentación.

322. La comisión que estudia los cambios climáticos y el océano analizó el problema de la absorción de CO₂ antropogénico y elaboró un programa mundial para medir la concentración del carbono inorgánico disuelto, la alcalinidad y pH en el océano y detectar cambios en las concentraciones durante un período de diez años o más. El WOCE recogerá las muestras durante el transcurso del proyecto.

323. El estudio sobre el flujo oceánico mundial analiza el problema global del ciclo del carbono en el océano y su función en el cambio del clima, con el objetivo de determinar el proceso que controla las variaciones periódicas del flujo del carbono y los elementos de origen biológico conexos en el océano a nivel mundial y evaluar los cambios en la atmósfera, el lecho del mar y los límites continentales. El programa se inició recientemente y está estudiando en profundidad los aspectos relacionados con el CO₂ y la necesidad de llevar a cabo observaciones vía satélite, especialmente en cuanto al color del océano.

324. A medida que los gases de invernadero se acumulan en la atmósfera, los cambios climáticos alterarán el porcentaje de absorción de CO₂ de los océanos. Es imposible predecir actualmente si este aporte aumentará o reducirá el CO₂ atmosférico y afectará la magnitud de los cambios climáticos asociados.

325. Interacciones importantes potencialmente pueden producir cambios en el clima. Se puede modificar la regulación y la distribución de la productividad del plancton y de las especies productoras, y dado que la productividad neta controla parcialmente el flujo de CO₂ de la atmósfera al mar, estos cambios biológicos también pueden cambiar los niveles de CO₂. Por otro lado, se ha sugerido que un aumento del flujo de carbono orgánico desde la plataforma continental por el aumento de nutrientes en los mares continentales, asentaría el dióxido de carbono de los combustibles fósiles. En este caso, la eutroficación, tal como se analizó en el Capítulo III estaría condicionando a un aumento del CO₂ por mayor absorción de las algas.

326. Las concentraciones naturales de CO₂ en la atmósfera no son constantes. Los estudios del aire aprisionado en los núcleos de hielo de Groenlandia y en la Antártica indican cambios en los patrones regulares durante los últimos cientos de miles de años, estrechamente relacionados con el ciclo de la edad de hielo. Se registraron cambios naturales rápidos de CO₂ y del clima en sólo unos pocos siglos, lo cuál hace suponer que los sistemas naturales podrían no ser totalmente lineales, y más que una evolución gradual sufren variaciones entre los estados estables. Hipotéticamente, las actividades del hombre estarían provocando esta reorganización de los sistemas naturales.

327. Otro motivo de preocupación es el agotamiento de la capa de ozono en la estratosfera, según se observara en la Antártica durante la primavera austral, y atribuida al incremento de las concentraciones atmosféricas de clorofluorocarbonados. Además de alterar el equilibrio radiativo de la tierra y favorecer los cambios climáticos, aumenta el flujo de rayos UV-B en las capas superficiales de los océanos meridionales durante la floración primaveral del fitoplancton. Esto podría afectar al ecosistema marino, especialmente a través de los productores primarios que deben realizar la fotosíntesis en la zona eufótica. Va a ser difícil vigilar y demostrar estos efectos, dada la magnitud de los cambios y la variabilidad natural del ecosistema.

B. TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DE MAR

328. Tal como se mencionara anteriormente, el Informe Villach previó cambios del equilibrio medio de la temperatura de la tierra en un porcentaje de 1.5 a 4.5 °C en las próximas décadas, por la duplicación de los gases de invernadero. Se estima que estos cambios de temperatura variarían sustancialmente según las latitudes. En especial, los cambios en los trópicos serían mínimos aumentando en las latitudes medias y más aún en los polos. Asimismo, se preve un cambio del equilibrio en las latitudes medias con un ciclo anual similar al actual. Por el contrario, no habría cambios en la temperatura de la región polar durante el verano, con temperaturas cercanas al punto de congelación, y se anticipa un importante aumento en la temperatura durante el invierno.

329. Es difícil predecir los cambios en las temperaturas oceánicas resultantes de este calentamiento mundial general. No sólo estarán asociados a los cambios de temperatura atmosférica local y al equilibrio de radiación, sino también a las diferencias en la circulación oceánica que provocan los vientos atmosféricos y los flujos superficiales de calor y agua debido a los cambios de las grandes fuerzas oceánicas. En consecuencia, la circulación de los océanos, y la transferencia de calor podrían cambiar sustancialmente. Se hace notar que se desconoce la actual dirección de los flujos netos de calor meridional en algunas cuencas oceánicas. Mejorar los conocimientos en este ámbito es uno de los principales objetivos de WOCE; sin embargo, no se prevén estimativos más confiables antes de fines de este siglo.

330. Los resultados de los modelos mundiales de circulación atmósfera/océano indican algunas de las complejidades de los cambios previstos en el clima oceánico. Estos modelos están limitados a la capacidad de cálculo de las computadoras, con deficiente resolución oceánica horizontal y utilizan una física simple para una serie de procesos difíciles de entender. Inclusive con estas limitaciones, los resultados iniciales indican que a pesar del calentamiento atmosférico general, los océanos estarían en realidad enfriándose en ciertas regiones altas debido al aumento de las corrientes ascendentes de las aguas profundas frías.

331. Si bien durante los próximos años mejorarán las predicciones de los cambios climáticos a nivel mundial, por un largo tiempo no podrán predecirse los patrones climáticos regionales. Se formularán estimativos iniciales de los cambios en la temperatura oceánica en las cuencas regionales, que provienen en primera instancia de los cambios en el equilibrio de la radiación y la temperatura de las masas terrestres cercanas.

332. Por el momento, los estudios sobre los efectos en el medio marino de los cambios de la temperatura oceánica producidos por el aumento de los gases de invernadero quedarán limitados a un simple "que sucede si...". Estas hipótesis servirán para estudiar la sensibilidad del medio marino local a los cambios en temperatura y circulación con base en ciertos valores promedios, todavía indeterminados.

C. AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

333. Uno de los problemas de la predicción de los cambios en el nivel del mar es la falta de información histórica. Si bien existen evidencias suficientes para apoyar un aumento mundial del nivel del mar "aceptado" durante el siglo pasado, no se comprenden cabalmente los mecanismos del aumento.

334. Los mecanismos primarios incluyen un aumento del volumen oceánico por la fundición de pequeños glaciares y la expansión térmica en el océano superior, el rebote isostático glaciar vertical de la litósfera por efecto del retroceso glaciar, y la deformación tectónica de la corteza por el movimiento de placas. Los datos del mareómetro en regiones con rebote isostático relativamente estable y uniforme han llevado a atribuirle los cambios en los niveles del mar a la expansión térmica y la fundición de los glaciares. Existen dudas sobre su relación con el calentamiento de los océanos producido por un aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂.

335. Es difícil separar los cambios a corto plazo de los de largo plazo en el nivel marino medio

relativo. Se están planificando ensayos con sistemas de posición absoluta de satélites para medir los cambios en las estaciones de graduación mareal en un sistema de coordenadas fijas a nivel mundial y determinar los cambios en el nivel del mar. Los resultados no estarán disponibles en un futuro cercano.

336. Predecir los cambios en el nivel del mar se complica por muchas de las mismas razones que hacen difícil predecir los cambios en la temperatura oceánica. Dado que la expansión térmica del agua marina sería la principal causante de los cambios en el nivel del mar, el cambio en la temperatura de las aguas profundas es un elemento básico del estudio. Si bien los modelos predecirán los cambios del nivel del mar en función del tiempo y la ubicación, serán difíciles de verificar.

337. Mientras tanto, y al igual que en la temperatura oceánica, se estimarán los efectos ambientales de los cambios en el nivel del océano con base en los promedios establecidos en el Informe Villach. Estos estimativos serán más exactos en los próximos años, especialmente en cuanto a la distribución geográfica.

D. IMPACTOS AMBIENTALES

338. Las conjeturas sobre los cambios en los niveles del mar y en las temperaturas oceánicas convierten la evaluación de la magnitud de los efectos ambientales en meramente especulativa. Sin embargo, es posible identificar algunas de las consecuencias potenciales.

339. La mitad de la población del mundo habita en asentamientos ribereños ya bajo una gran presión demográfica, expuestos a la contaminación, las inundaciones, la tierra hundida y compactada, y los efectos de la desviación de los cursos de agua. Un aumento en el nivel del mar afectaría sobre todo a las zonas húmedas, las playas y las regiones costeras bajas. Los países industrializados tendrán los medios para proteger algunas regiones, no así los países en desarrollo, faltos de recursos técnicos o financieros. Aumentará la frecuencia y magnitud de las inundaciones, y será necesario fortalecer las estructuras costeras y los servicios portuarios. Especialmente vulnerables son varias islas en el Océano Pacífico e Índico, con una altitud máxima de unos pocos metros y donde un leve aumento en el nivel del mar las convertiría en inhabitables.

340. Las zonas húmedas naturales son de gran valor para la reproducción de especies comerciales, hábitat de vida silvestre y zonas de protección costera, y están bajo presión en todo el mundo. No podrán extenderse tierras adentro y podrían llegar a perderse o experimentar importantes cambios. El agua salobre se filtraría en los sistemas de riego y drenaje, aguas subterráneas, bahías, y cursos fluviales.

341. El aumento de temperatura y las alteraciones en los patrones de circulación costera, como también un cambio en la estratificación del agua provocado por las grandes escorrentías de las intensas lluvias afectaría los ecosistemas marinos. En las regiones polares, se producirían grandes cambios en las condiciones del hielo compactado, el cual desaparecería en partes del Ártico. Como consecuencia se reduciría el albedo, aumentaría la temperatura local y se afectaría el ecosistema en general.

V. PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN MARINA

A. CONCEPTOS BÁSICOS

342. No hay duda sobre la necesidad de prevenir y controlar la contaminación, sin embargo, no siempre es fácil justificar el esfuerzo y los recursos financieros, encontrar la escala de tiempo adecuada y los mecanismos más efectivos. Los problemas derivan de:

- Insuficientes conocimientos científicos básicos sobre los agentes tóxicos, los destinatarios o la relación de dosis-reacción;

- inadecuada tecnología para el control o prevención satisfactoria;
- limitados recursos para adoptar una opción más conveniente;
- falta de experiencia sobre las consecuencias de las opciones alternativas (de producción o eliminación);
- costo evidente de las acciones previstas, pero sin la posibilidad de valorar los beneficios.

343. La convicción de los países de que "algo hay que hacer" ha derivado en acciones positivas, a pesar de la polémica entre quienes piden se prohíban totalmente las actividades perjudiciales o sea una descarga "cero", independientemente del costo, y los que procuran mejorar el control de las sustancias potencialmente peligrosas en el medio ambiente. Los pragmáticos favorecen una solución efectiva si bien no absoluta, más que una solución difícil en la práctica.

344. Medidas de control prácticas se han ido desarrollando gradualmente tanto a nivel nacional como internacional durante el siglo pasado. Los enfoques preferibles varían según las circunstancias del caso, y cada uno tiene sus pros y contras tal como se verá posteriormente. No obstante, estos enfoques tienen muchos aspectos comunes y están orientados a un mismo objetivo: reducir la contaminación en forma efectiva y económica.

345. La capacidad ambiental (CA) (de recepción, absorción o asimilación) se define como una propiedad del medio ambiente que determina su capacidad para adaptarse a una actividad en particular, o al ritmo de una actividad, sin mostrar efectos perjudiciales. La capacidad para absorber los contaminantes y las consecuencias de la actividad es finita y cuantificable según las características físicas, químicas y biológicas. Los principios de la CA conforman la base de una serie de mediciones prácticas comúnmente adoptadas para el control y prevención de la contaminación.

346. La Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones (ICRP) elaboró una serie de principios relacionados con el tema. Dichos principios, importantes para regular las actividades del hombre que afectan el medio o la salud humana, son a saber:

- Justificación. No se adoptará ningún procedimiento a menos de que tenga claros beneficios para la sociedad; es decir, los beneficios serán mayores que los perjuicios para la comunidad afectada. La justificación se aplica a todos los procedimientos (ej. producción, uso y destino de un nuevo plaguicida agrícola) y no sólo de sus componentes individuales, tales como la eliminación de los productos residuales;
- Respeto a los límites de exposición. Se establecerán y observarán límites de exposición a los productos, su materia prima y desechos asociados, tanto por los trabajadores en las industrias pertinentes como por el público en general.
- Optimización. Se mantendrá en los niveles más bajos posibles la exposición a las sustancias perjudiciales, tomando en consideración factores económicos, sociales y técnicos. En consecuencia, se reducirá la exposición a través de la tecnología o el uso de opciones alternativas para el manejo y eliminación de los productos y los desechos, a fin de mantener la exposición total de la actividad en los niveles más bajos social y económicamente justificables. La aplicación de este principio requiere un equilibrio complejo de los factores científicos, económicos, sociales y políticos, si bien en muchos casos este equilibrio podrá simplificarse.

347. Otro concepto importante en cuanto a la contaminación es el "desarrollo sostenible", tal como se reseñó recientemente en el Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (el informe Brundtland). Propone el progreso y desarrollo de la humanidad respetando la condición humana. Los principios subyacentes del desarrollo sostenible se basan en que la explotación de los recursos, la orientación de las inversiones, el desarrollo tecnológico y los cambios institucionales deben ser consistentes tanto con el futuro como con el presente. No podrá continuar el despilfarro de los recursos ambientales, y habrán de adoptarse medidas para lograr un crecimiento económico compatible

con un medio ambiente aceptable.

B. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL

348. Cada uno de los procedimientos adoptados por los países para instrumentar los convenios internacionales sobre el control de la contaminación es válido, si bien ninguno es completo por sí mismo. Cada uno, individualmente, es insuficiente para solucionar integralmente los problemas. Toda estrategia global internacional deberá estudiar los pros y los contras de cada uno de estos procedimientos nacionales y su posible relación con las políticas en otros países.

1. Objetivos de calidad ambiental (OCA)

349. Los objetivos de la calidad ambiental definen un estado deseable del medio ambiente, posible a través del cumplimiento de metas específicas, tales como la migración constante del salmón en un estuario, la producción de alimentos marinos no contaminados, o la preservación de las playas recreativas. Los OCA implican la formulación de normas de calidad ambiental adecuadas; a su vez la aplicación de estas normas requiere vastos conocimientos de la relación entre dosis y reacción y depende de programas globales para vigilar la condición del mar. En principio estas normas toman en consideración los aportes marinos de todas las fuentes, incluyendo fuentes no puntuales, por ej. la atmósfera. En la práctica y para grandes volúmenes de agua y con diversas fuentes individuales será difícil evaluar el aporte de cada una de ellas para controlar o regular la descarga. Cuando los niveles ambientales en una zona específica llegan a los límites máximos de las normas de calidad, es difícil determinar la capacidad remanente del medio para recibir la descarga adicional.

2. Normas de emisión uniformes (NEU)

350. Las normas y los valores límites para las fuentes o emisiones, controlarán eficientemente las fuentes puntuales, pero no las descargas de las fuentes no puntuales, tales como la escorrentía agrícola o la precipitación atmosférica. Por definición se aplican a las fuentes individuales y no múltiples. Dado que estas normas se basan en las tecnologías "más prácticas" o "más disponibles", resultan difíciles de determinar y ajustar a las tecnologías cambiantes. Según la práctica actual, las normas de emisión se formulan con base en las propiedades de peligrosidad de las sustancias químicas en particular, más que con base en los daños ambientales específicos.

3. La mejor opción ambiental

351. La mejor opción ambiental práctica de un procedimiento se basa en la necesidad de evaluar los costos ambientales de todas las opciones posibles de eliminación de desechos antes de definir un medio u otro es decir, el medio marino o el medio terrestre. Las opciones de aire, agua y suelos serán analizadas conjuntamente, y no individualmente para encontrar una solución a la eliminación final de los contaminantes. El objetivo es seleccionar la opción menos nociva, con un mínimo de impacto global en el medio ambiente y la salud humana, tomando en cuenta las consideraciones jurídicas, económicas, sociales y políticas pertinentes.

4. Protección ambiental preventiva

352. Durante años se ha mencionado "que más vale prevenir que curar", y que es necesario prevenir las descargas aún antes de comprobar los daños. El concepto se desarrolló en la República

Federal de Alemania como un criterio preventivo de protección ("Vorsorgeprinzip"). Se presentó por primera vez en un foro internacional en 1984 durante la Primera Conferencia Internacional sobre la Protección del Mar del Norte, y se adoptó durante la Segunda Conferencia, en 1987, como un principio de la legislación ambiental para la protección del ecosistema del Mar del Norte.

353. El criterio preventivo argumenta la necesidad de realizar los mayores esfuerzos para aliviar la carga ambiental potencial proveniente de la descarga de sustancias extrañas. Es parte de la política para prevenir riesgos y reducir progresivamente los niveles de emisión de las actividades del hombre en la atmósfera, el agua y los suelos. Con base en estos criterios se controlan rigurosamente los contaminantes en la República Federal de Alemania, si bien no existen evidencias de la vinculación entre el deterioro ambiental y los vertimientos, o las descargas naturales.

354. La protección ambiental preventiva, tal como viene evolucionando, plantea una cuestión esencial: ¿se están tomando las medidas para la protección ambiental con base en los conocimientos actuales, son estos suficientes, o debemos asumir riesgos futuros más allá de nuestros conocimientos y considerarlos en la elaboración de las actuales estrategias para prevenir la contaminación?

C. ASPECTOS PRACTICOS DE LA REDUCCION Y PREVENCION DE LA CONTAMINACION

355. Se tomarán medidas prácticas para prevenir o reducir la contaminación en las diferentes etapas de su generación potencial. Sería ideal desarrollar estrategias para el control de los productos durante el ciclo vital, desde la producción inicial hasta la eliminación o destrucción final; este seguimiento se realiza ocasionalmente en forma individual con las nuevas sustancias químicas. Tanto durante la etapa de planificación de una fábrica, de nuevas actividades mineras y de otras explotaciones de minerales, como durante la etapa de diseño de construcciones navales y fabricación de productos comerciales, habrá que analizar los posibles problemas que interferirán con un producto "ambientalmente armonioso". Asimismo, durante la etapa de planificación, habrá que considerar la seguridad operativa, y limitar al mínimo la liberación accidental de contaminantes, si bien hay que aceptar accidentes por error humano que, a pesar de todas las previsiones, siempre ocurrirán.

356. También se aplicará este análisis ambiental durante la fase de producción y operación para prevenir o minimizar la cantidad de desechos, utilizando metodologías actuales o nuevos descubrimientos. En lo posible se utilizarán procesos de producción alternativos que eliminen o reciclen los desechos. Se programarán previamente los medios necesarios en caso de accidentes, con equipos adecuados para la dilución, desintoxicación y limpieza. En el caso de los vertimientos de petróleo y de sustancias químicas, es importante contar con directrices sobre si o cuando debe limpiarse o recogerse el producto, o por el contrario permitir su dispersión y degradación natural.

357. Finalmente, habrá que estudiar cuidadosamente todas las opciones ambientales; tierra, atmósfera, agua dulce y mar para eliminar los desechos. En caso de seleccionarse la descarga marina, una vez más habrá que analizar todas las opciones, tuberías, vertimiento o incineración, y considerar la posibilidad de un pre-tratamiento de los desechos y también las metodologías actuales de eliminación, localización de las descargas, colocación de los difusores, selección del lugar y método de disposición de los residuos.

D. CONSIDERACIONES ECONOMICAS

358. La importancia de las consideraciones económicas de la contaminación es ampliamente reconocida; evidentemente reducir la contaminación no es económico. Los beneficios para la sociedad de las actividades contaminantes a veces se anulan por el costo ambiental o comunitario que implican, frecuentemente ocultos. Dado que el costo de una prevención total de la contaminación ("descarga cero") excedería los beneficios percibidos, se acepta un cierto grado de contaminación como un compromiso razonable. Sin embargo, resulta difícil comparar beneficios y costos con base en un objetivo cuantitativo, inclusive cuando se conoce su magnitud, gravedad y escala de tiempo. Más aún, difiere entre las

naciones, regiones e intereses.

359. Un objetivo ideal sería un catálogo universal con los costos de los contaminantes potenciales, un inventario de todas las actividades contaminantes y el valor derivado de sus beneficios. No obstante, sólo existen estimativos de ciertos costos en algunas circunstancias, y una visión subjetiva de los beneficios. Los amplios efectos a largo plazo en el medio marino no siempre son evidentes, lo cual ha derivado en una práctica todavía común de utilizar el servicio "libremente", sin límites definidos en cuanto a su capacidad receptora de desechos.

360. Para limitar estas actividades, habrá que incentivar la reducción de la descarga de contaminantes, o mejorar los controles de la contaminación a través de diversos programas, tales como impuestos, multas, permisos o subsidios. Sin embargo, no siempre son administrativamente posibles. Por otro lado, se podría formular una técnica específica para reducir la contaminación que este conforme con las normas de emisión. No obstante esta política podría llegar a ser demasiado rígida o inadecuada en algunos casos, y por tanto demasiado costosa en relación con los beneficios esperados.

361. El análisis económico de los problemas de la contaminación marina todavía está en su etapa inicial. Es difícil estimar el costo del daño para la salud y los recursos de los episodios eventuales, si bien se ha progresado en este aspecto, por ejemplo en cuanto a la compensación en caso de vertimientos de petróleo, como en el caso del Amoco Cádiz. A pesar de que obtuvieron estimativos reales de ciertas medidas correctivas, es todavía más difícil evaluar los costos de una contaminación continua. Se estimó en más de \$ 2.000 millones de dólares americanos durante un período de cuatro años el costo de la recuperación y protección de la cuenca del Río Po, principal responsable de la descarga contaminante al Mar Adriático. También se formularon estimativos reales del costo de la construcción de plantas de tratamiento y servicios de eliminación de aguas negras para los 132 millones de habitantes sin saneamiento en los asentamientos costeros del Mediterráneo en aproximadamente \$18.000 millones de dólares o aprox. US\$ 150 per cápita. El costo de los servicios indispensables para el tratamiento y la eliminación de aguas de alcantarillado será mucho mayor.

362. Los anteriores, son unos de los pocos ejemplos de estimativos de costos disponibles. Dada la magnitud de las cifras comprometidas, se requerirán mejores estimativos basados en una economía racional. Estos no sólo facilitarán la evaluación directa de los costos como en los dos casos arriba mencionados, sino de las compensaciones como en el caso de accidentes. Asimismo, servirán de base para formular sistemas equitativos de incentivos, impuestos y desincentivos que aseguren niveles aceptables de contaminación marina.

E. EVOLUCION DE LOS CONTROLES INTERNACIONALES CONTRA LA CONTAMINACION MARINA

1. Introducción

363. Un estimativo aproximado de las descargas marinas de los contaminantes potenciales de las diversas actividades del hombre son a saber:

Fuente	Todos los contaminantes potenciales (porcentaje de aporte)
Producción alejada de la costa	1
Transporte marítimo	12
Vertimientos	10
Escorrentía y descargas de fuentes terrestres	44
Atmósfera	33

364. Estas cifras muestran claramente que la contaminación marina es especialmente de origen terrestre y atmosférico. Ambas fuentes producen impactos diferentes. Habitualmente la descarga

atmosférica en el medio marino se produce en forma diluída y difusa, mientras que la descarga de origen terrestre proviene de fuentes puntuales y tiene un mayor tiempo de permanencia en aguas relativamente encerradas por estructuras geográficas o hidrográficas. El aporte relativo de cada una de las fuentes es diferente según las diversas zonas marinas, dado que dependen del grado de industrialización, la densidad de las poblaciones, la magnitud de las actividades alejadas de la costa y de otros factores.

365. Si bien se ha establecido que las operaciones navieras y la descarga de desechos en el medio marino son fuentes de contaminación menores (22 por ciento), ha sido imposible aún desarrollar reglas, normas y procedimientos a nivel mundial para la prevención y control de la contaminación marina desde las principales fuentes. Indudablemente que la atención pública entre 1950 y comienzos de la década de 1970 se centralizó en los casos de contaminación marina provocada por los vertimientos accidentales de petróleo en el mar y por las operaciones de descarga de los buques. También fue motivo de preocupación el aumento de los vertimientos de desechos durante esos años por la creciente industria química europea, especialmente en el Mar del Norte, dada la limitada capacidad de los océanos para absorber los desechos. En consecuencia, se adoptaron una serie de convenios multilaterales para el control de la contaminación de fuentes marinas, y posteriormente se inició el estudio de fuentes de origen terrestre.

366. Estos convenios procuran controlar la descarga de sustancias en el mar con base en su peligrosidad para el medio ambiente y la salud humana. El Convenio internacional para la prevención de la contaminación originada por buques, 1973, el protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), y su reglamento para la prevención de la contaminación de petróleo (MARPOL 73/78, Anexo I) se atienen a la lista de hidrocarburos anexa a las reglamentaciones. En cuanto al control de la contaminación por sustancias nocivas líquidas a granel, el Convenio (MARPOL 73/78, Anexo II) se atiene a las varias listas de productos químicos transportados por vía marítima con base en diferentes niveles de contaminación (y por tanto sujetos a diferentes requisitos jurídicos) según sus propiedades de peligrosidad. El grupo de trabajo GESAMP, patrocinado por OMI/PNUMA clasifica anualmente los productos químicos transportados por vía marítima en términos de bioacumulación y descomposición, daño a los recursos vivos, peligros para la salud humana por ingestión oral, contacto con la piel y los ojos e inhalación, y reducción de los sitios de esparcimiento. La OMI utiliza estos perfiles de peligrosidad para determinar los requisitos del transporte de las sustancias nocivas líquidas.

367. Los convenios sobre vertimientos dividen a las sustancias en una lista "negra" o "gris". Las sustancias en la lista negra son simultáneamente tóxicas, persistentes y bioacumulativas, o aquellas que esencialmente no son tóxicas, son persistentes y flotan o permanecen suspendidas en el agua donde interfieren con el uso lícito del mar. Estas sustancias están rigurosamente controladas y su vertimiento en el mar sólo es posible en cantidades de traza. Las sustancias en la lista gris muestran algunas de las características peligrosas de la lista negra, y la descarga en el medio marino esta autorizada con medidas especiales.

2. El Derecho del Mar

368. En 1982, se adoptó la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Las disposiciones sobre la protección y preservación del medio marino establecen un marco global de los principios directivos y obligaciones generales, especialmente en cuanto a que los Estados deben adoptar las medidas necesarias para prevenir, reducir y controlar la contaminación marina desde todas las fuentes, y cooperar en forma regional o global, según sea pertinente, para formular y elaborar reglamentaciones internacionales, normas y procedimientos y prácticas recomendadas y crear un criterio científico adecuado para estos objetivos. La cooperación también se extiende a la notificación de un daño actual o inminente, la adopción de planes para casos de emergencia y la ejecución de programas de investigación.

369. La Convención establece un régimen jurisdiccional básico para la adopción y puesta en vigor de las leyes y reglamentaciones. Con referencia a la contaminación provocada por buques, se aplicarán las reglamentaciones y normas globales. Con referencia a la descarga oceánica y la contaminación marina proveniente de la atmósfera, se exhorta a los Estados a establecer y aplicar reglamentaciones mundiales y regionales. Con referencia a las actividades en el lecho del mar (dentro de cada jurisdicción) se solicita

a los Estados adoptar leyes y reglamentaciones tan efectivas como las normas y reglamentaciones internacionales y se exhorta a armonizar sus políticas a nivel regional. Con referencia a las fuentes de origen terrestre, se solicita a los Estados considerar las reglamentaciones y normas internacionales acordadas, y se les exhorta una vez más a armonizar las políticas a nivel regional. Con referencia a las actividades en el lecho del mar fuera de la jurisdicción nacional, la futura Junta internacional para el lecho del mar establecerá las reglamentaciones y normas pertinentes. La Convención establece también medidas obligatorias de vasto alcance para todas las zonas marinas dentro de la soberanía y jurisdicción de los estados costeros y más allá de su jurisdicción nacional.

3. Control de las fuentes de origen marino

370. El Convenio internacional para la prevención de la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, Londres, 1954, según enmiendas de 1962, 1969 y 1971 (Convenio OILPOL) se refiere específicamente a la prevención de la contaminación marina provocada por las descargas de residuos de hidrocarburos de los buques. Este convenio fue sustituido posteriormente por el Convenio internacional para la prevención de la contaminación marina provocada por vertidos desde buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), con disposiciones no sólo para un sistema de control de las descargas de petróleo de las operaciones de buques (Anexo I), sino también para las descargas de buques de sustancias nocivas líquidas transportadas a granel (Anexo II); sustancias peligrosas empaquetadas, en contenedores o tanques portátiles (Anexo III); aguas negras (Anexo IV); y basura (Anexo V).

371. Más aún, a comienzos de la década de 1970 se constató que los vertimientos de desechos y otras materias desde naves (eliminación marina intencional de desechos cargados con esos fines, y la descarga marina de material de dragado), constituía una fuente relativamente fácil de controlar. De conformidad, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, 1972, propuso elaborar un Convenio para la prevención de la contaminación marina por el vertimiento de desechos y otras materias. Este Convenio (Convenio sobre Vertimientos de Londres) se adoptó en 1972. Al mismo tiempo y con base prácticamente en las mismas disposiciones, se adoptó el Convenio regional para la prevención de la contaminación marina por vertimientos de buques y aeronaves, Oslo, 1972 (Convenio de Oslo) que abarca la región noreste del Atlántico, incluyendo el Mar del Norte.

372. Con el establecimiento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1972, aumentaron las actividades para proteger otros mares regionales a través de la formulación de planes de acción regional; la primer actividad regional se centró en el Mar Mediterráneo. En 1989 el Programa de Mares Regionales del PNUMA abarcaba doce regiones.

373. Además del Convenio sobre Vertimientos de Londres adoptado para la prevención y control de la contaminación marina por la descarga de desechos a nivel mundial, se han elaborado instrumentos jurídicos que abarcan las siguientes zonas de mares regionales:

- el Atlántico noreste (incluyendo el Mar del Norte), por el Convenio de Oslo, 1972;
- el Mar Báltico, por el Convenio de Helsinki, 1974;
- el Mar Mediterráneo, por el Protocolo de Barcelona, 1976;
- la Región del Pacífico Sur, por el Convenio de Noumea, 1986.

374. Además del Atlántico noreste y el Mar Báltico (ambos administrados por comisiones propias), sólo dos mares regionales del Programa de Mares Regionales del PNUMA están protegidos por protocolos sobre vertimientos: el Mediterráneo y el Pacífico Sur. Se estima que el Convenio sobre Vertimientos de Londres es adecuado para controlar y regular la eliminación de desechos en las diferentes regiones. Sin embargo, es de notar que este Convenio exhorta a los Estados con intereses comunes en una zona geográfica específica, a elaborar acuerdos regionales para proteger al medio marino consistentes con los convenios mundiales y según las características de la zona.

4. Control de fuentes de origen terrestre

375. Sólo en unas pocas regiones se han tomado medidas pertinentes para controlar las descargas desde fuentes terrestres. La Convención para la prevención de la contaminación marina de origen terrestre, 1974 (Convención de París) abarca el Atlántico noreste, incluyendo el Mar del Norte, y el Convenio para la protección del medio marino en la zona del Mar Báltico, 1974 (Convenio de Helsinki) controla el vertimiento de sustancias de origen terrestre en sus respectivas zonas marinas. Sólo dos de los ocho Convenios de Mares Regionales del PNUMA están apoyados por protocolos para la prevención y control de la contaminación marina desde estas fuentes. El Protocolo de Atenas (1980) para el Convenio de Barcelona, y el Protocolo de Quito (1981) para el Convenio de Lima.

376. La reticencia para elaborar y adoptar instrumentos jurídicos para la prevención y control de la contaminación marina de origen terrestre, es fácilmente comprensible dado que demandaría estrictas medidas de control y normativas, y sistemas de inspección y vigilancia con altos costos para las industrias, las municipalidades, y la agricultura. Por la misma razón parece improbable la elaboración de un convenio global a nivel mundial para la protección del medio marino contra la contaminación de origen terrestre, dados los diferentes niveles de desarrollo en las diversas regiones del mundo.

377. Todos los instrumentos internacionales para la prevención y control de la contaminación marina de origen terrestre tienen prácticamente la misma orientación que el Convenio sobre Vertimientos de Londres (y otros acuerdos similares): el control de la descarga con base en dos listas con diferentes requisitos, una más estricta que la otra. Sin embargo, dado que los convenios para la prevención de la contaminación marina de origen terrestre se refieren especialmente a las descargas indirectas en el mar, sería imposible prohibir totalmente las descargas de sustancias en la "lista negra". Los Convenios de París y Helsinki procuran controlar los vertimientos de nutrientes no incluidos en estas listas.

378. Los programas y medidas propuestos en estos convenios facilitan a las Partes Contratantes la formulación de normas sobre las descargas y la calidad del medio ambiente. Para eliminar la contaminación, la mayoría de las Partes del Convenio de París favorece una política que imponga límites estrictos de las descargas, y la adopción de normas de emisión uniformes, mientras que otros estiman que la mejor forma de preservar y mejorar la calidad del medio marino es a través de objetivos de calidad ambiental.

379. El PNUMA reconoció la necesidad de contar con instrumentos jurídicos obligatorios para la prevención y control de la contaminación marina de origen terrestre y elaboró directrices básicas para la formulación de estrategias nacionales y mecanismos de control, como también para los acuerdos multilaterales, regionales y bilaterales (Directrices de Montreal, 1985).

380. En virtud de las Directrices de Montreal se recomienda a los Estados formular, adoptar e instrumentar programas globales y disposiciones para la prevención, reducción y control de la contaminación de origen terrestre. Una serie de estrategias conexas podrán ser aplicadas una vez que se identifiquen los usos adecuados del medio marino tanto presentes como a mediano y largo plazo y se fijen los objetivos pertinentes para el volumen de agua. Los criterios para elaborar las listas negras y grises tendrán en cuenta las características de las sustancias y su daño potencial a los ecosistemas marinos y la interferencia con los usos del mar. Tendrán en cuenta también la capacidad ambiental de los volúmenes de agua y las diferentes condiciones socio-económicas regionales.

5. Control de las fuentes atmosféricas

381. Comparativamente, se han descuidado totalmente las fuentes atmosféricas. El Convenio de Helsinki incluye disposiciones para el control en el Mar Báltico. El Convenio de París contiene las primeras medidas para proteger la región del Atlántico noreste, incluyendo el Mar del Norte contra la contaminación atmosférica. La falta de medidas de protección internacionales en otras regiones refleja las implicaciones que tendrían para la industria, especialmente en los países menos desarrollados. Sin embargo, dado su aporte relativo, es tiempo aún de ampliar los controles a zonas más extensas.

6. Efectividad de las medidas de control y prevención

382. Resulta difícil evaluar la eficiencia de los Convenios OILPOL 54 y MARPOL 73/78 en cuanto a la reducción de la contaminación marina por hidrocarburos; sin embargo, se estima que la aplicación de estas medidas regulatorias evitaron la descarga directa anual de 8 a 10 millones de toneladas de hidrocarburos de aguas de lastre o contaminadas de los tanques. La magnitud de los vertimientos de hidrocarburos por accidentes marítimos también descendió en los últimos años, merced al desarrollo de mejores normas de seguridad, de equipos de navegación, de capacitación y vigilancia y de programas de ordenación del tráfico.

383. Paralelamente, desde la entrada en vigor del Convenio sobre Vertimientos de Londres se redujo gradualmente la descarga marina de desechos industriales y aguas negras.

384. En cuanto a las fuentes de origen terrestre, los instrumentos regionales abarcan muy pocas regiones importantes, y resulta difícil evaluar la efectividad en forma sustantiva.

385. En muchos casos la adopción de medidas de control formuladas por los Convenios implican costos, que pueden llegar a ser importantes. Por ejemplo, varias de las disposiciones de MARPOL 73/78 tienen importantes costos financieros tanto para la industria naviera, como para las autoridades y las industrias que participan en los servicios de recepción portuaria.

386. Si se asume que las medidas están bien diseñadas y son apropiadas para los objetivos ambientales y las zonas marinas en cuestión, la efectividad dependerá del grado de aplicación. Las iniciativas oficiales, como la Conferencia Internacional Gubernamental para la Protección del Mar del Norte, y las presiones de grupos ambientales, promueven una actitud favorable para la protección ambiental y contribuyen a lograr controles más estrictos.

F. CONCLUSIONES

387. El comportamiento individual contribuye a la naturaleza y magnitud del daño ambiental. A fin de cumplir con los objetivos de la lucha contra la contaminación, es elemental un alto nivel de sensibilización pública; que habrá de lograrse mediante una amplia información y la creación de programas educativos. Los organismos nacionales pertinentes deberán poner a disposición del público y explicar claramente los informes y resultados científicos, las bases de datos, etc.

388. Asimismo, se requiere una estrecha colaboración con el ámbito comercial. La industria esta en condición de evaluar las posibilidades técnicas para reducir y evitar los desechos y limitar la descarga de sustancias foráneas en el medio ambiente. El compromiso con la protección ambiental, y de ser pertinente con apoyo gubernamental mediante medidas económicas, incentivos tributarios, apoyo a las inversiones y multas, promoverían actividades consistentes con la higiene ambiental.

389. Las sustancias vertidas en el medio ambiente traspasan fronteras nacionales a través del agua y del aire, y de ser persistentes, se diseminarán por todo el mundo. En consecuencia no alcanzan las medidas a nivel nacional. Se requiere de la cooperación internacional para adoptar e instrumentar medidas uniformes a fin de prevenir y controlar la contaminación. Es responsabilidad de los países industrializados apoyar a otros países a lograr estos objetivos comunes. La cooperación se esta instrumentando a través de los convenios internacionales arriba mencionados.

390. Es imposible identificar en esta etapa un sólo principio global que, en forma regulatoria, dirija todas las actividades de control y prevención de la contaminación marina. Cada uno de los diversos enfoques tiene sus pros y sus contras, y deberían aplicarse adecuadamente dentro de un marco global, que abarque todas las fuentes de contaminación marina, la distribución y destino de las sustancias en el mar, incluyendo una evaluación de los peligros a fin de proteger equitativamente todos los compartimientos del medio ambiente. Resulta importante destacar que el objetivo primordial de una política ambiental debe ser la protección de la vida y el bienestar humano, que dependen a su vez de la salud del medio ambiente.

391. Las decisiones, tanto nacionales como internacionales para alcanzar estos objetivos, tendrán necesariamente que ser adoptadas por el gobierno a nivel político, pero basadas en un asesoramiento científico racional. Las organizaciones internacionales cuentan con más iniciativa, consistencia y continuidad que las autoridades nacionales y podrán asegurar, y promover la adopción de una legislación y vigilancia acorde.

VI. RESUMEN

392. La evaluación generalizada del estado de los océanos inevitablemente dará lugar a falsas conclusiones, dada la magnitud del ámbito, la diversidad y la variabilidad de los ecosistemas, los diferentes usos de los mares y la heterogeneidad y distribución desigual en espacio y tiempo de las actividades humanas que afectan el medio marino. No obstante, el estudio de estas actividades y sus consecuencias, permitirá diferenciar claramente entre las zonas costeras y los mares semicerrados, y el océano abierto.

A. ZONAS COSTERAS Y MARES EPICONTINENTALES

393. Las actividades del hombre en el medio marino tienden a desarrollarse en aguas pocas profundas cercanas a la costa en las bajas aguas ribereñas y la fuente principal de contaminantes marinos proviene de la masa continental. No hay duda del impacto de la actividad del hombre en las costas oceánicas, y en ciertos lugares es evidente la degradación sustancial del medio.

1. Desarrollo de zonas costeras e internas

394. Indudablemente la franja costera, que abarca las zonas de aguas bajas e intermareales y los suelos inmediatamente adyacentes, es la más vulnerable y la más castigada de las zonas marinas. Su sensibilidad está directamente vinculada con la diversidad e intensidad de las actividades que allí se desarrollan y la creciente concentración de la población mundial en estas zonas es una amenaza a su futuro. Por lo tanto, las consecuencias del desarrollo costero, son motivo de gran preocupación. Proviene no sólo de una variedad de descargas contaminantes de las grandes concentraciones de población, el comercio y la industria, sino también de los cambios físicos asociados a los habitats naturales, especialmente las marismas salinas, los lechos de algas marinas, los arrecifes de coral y los bosques de manglares. También influye el creciente aumento de la maricultura a nivel mundial, ya sea por las descargas contaminantes directas, como por las alteraciones voluntarias de los habitats para instalar los criaderos de peces.

395. Las presiones directas en la franja costera aumentan por las actividades continentales. La eliminación de residuos en los ríos se refleja en las zonas costeras, inclusive en sectores alejados del vertimiento original, y requiere mejores servicios de tratamiento en las zonas terrestres y mayor control de las descargas en agua dulce. Asimismo, diversas modificaciones en los sistemas de drenaje de las aguas dulces, provocan cambios perjudiciales en los estuarios, por ejemplo en sus regímenes de sedimentación y salinidad. Otras actividades continentales, la agricultura y la ganadería intensiva, y los diversos usos de la tierra, incluyendo el manejo forestal en gran escala y los sistemas de riego también afectan las zonas costeras.

396. Una de las principales consecuencias de estas actividades es el entarquinamiento. Un aumento en la carga de sedimentos conlleva por se efectos importantes, además de la contaminación implícita. Ciertos ecosistemas costeros, especialmente donde predominan los corales y las algas marinas sumergidas, requieren agua limpia, y se ha demostrado un aumento de sedimentación por escorrentía de la tierra erosionada por la deforestación continental con la consecuente reducción de los arrecifes de coral. Los desechos de minería, la eliminación de residuos a granel por ejemplo de la producción de dióxido de titanio y de la combustión de hidrocarburos también son una fuente de sedimentos, mientras que el vertimiento de material de dragado y de la minería marina moviliza y redistribuye los sedimentos. Inclusive las actividades con importante descarga de nutrientes que si bien mejoran la producción primaria, aumentan posteriormente la precipitación de partículas en el lecho del mar y alteran la composición de las comunidades bénticas hasta el punto de provocar la muerte por asfixia. Se recomienda prestar más atención a los limos como un contaminante marino importante.

397. Estas actividades en las zonas costeras o continentales buscan satisfacer las necesidades inmediatas, si bien en la mayoría de los casos no se estudian o se preven en la etapa de planificación los

efectos a largo plazo. Todas estas actividades deberán considerarse integralmente para proteger adecuadamente el medio marino. Muchos países exigen una evaluación del impacto ambiental antes de aprobar proyectos importantes; que no siempre son suficientemente completas y no incluyen los efectos de gran alcance, como son el impacto de los programas continentales en las zonas costeras. Es menester proteger la franja costera a largo plazo y formular e instrumentar políticas destinadas no sólo a las zonas específicas, sino también a las principales regiones costeras y las cuencas fluviales para controlar la erosión y el entarquinamiento, restringir el aporte excesivo de nutrientes y reducir la contaminación química.

2. Eutroficación

398. Los ríos representan el principal aporte de nutrientes al medio marino, si bien gran parte de este material permanece dentro de las zonas continentales y sólo una pequeña fracción penetra en última instancia al océano abierto que permanece oligotrófico. Durante las últimas décadas aumentó la descarga de nutrientes en las zonas costeras a nivel mundial. Las fuentes de nutrientes son diversas; descarga de aguas negras, de la industria, de la agricultura y la ganadería, y varían de una zona a otra. En ciertas zonas, el aumento de las concentraciones de nitrato y fosfato disueltos, de carbón orgánico, y la acumulación orgánica en los sedimentos, han provocado cambios en la estructura de las comunidades de bentos y plancton, con importantes consecuencias ecológicas y económicas. También aumentó el número y la magnitud de casos episódicos, tales como la floración excepcional de plancton, y su consecuente alteración de los ecosistemas naturales amenaza a la industria de la maricultura y las zonas recreativas. Se asoció la floración de algas con algunos frecuentes episodios de contaminación de alimentos marinos con biotoxinas, con serias consecuencias para la salud humana. Resulta difícil aseverar una vinculación entre la desmedida floración de algas con el aumento de los niveles de nutrientes; y estudios detallados de casos recientes no han demostrado una relación de causa-efecto convincente. Indudablemente habrá que comprender mejor la dinámica del crecimiento de fitoplancton en las aguas costeras; y por tanto se recomienda continuar con los estudios pertinentes.

399. Es importante para el futuro poder comparar las actuales descargas antropogénicas de nutrientes con las descargas de fuentes naturales, en acuerdo con las actuales densidades de población en las zonas costeras y continentales. Se preve que la población humana se duplicará en los próximos 20 o 30 años, e inclusive se estima un mayor crecimiento en algunas zonas costeras. Estos cambios inevitablemente implicarán un aumento en la producción agrícola y ganadera, y una mayor expansión de la maricultura. En consecuencia, los aportes antropogénicos serán mucho mayores que los naturales, y los efectos en las aguas costeras mundiales serán de una magnitud similar a las que se encuentran en zonas cerradas tales como el Mar Báltico y el Mar Interno de Japón.

400. De no tomarse las medidas correctivas necesarias, y dado que estos aumentos son predominantemente en los países en desarrollo con pocas instalaciones para el tratamiento de residuos y mayor crecimiento de población, es evidente que el mundo enfrentará un gran problema. Los efectos más graves serán en las zonas con una población densa y creciente, y en costas con circulación restringida de agua. Estas zonas sensibles ya son identificables. Los organismos de las Naciones Unidas deben promover estudios profundos para estimar el grado y la magnitud de estos efectos potenciales mundiales, y exhortar a una acción efectiva y adecuada, incluyendo cambios radicales en las técnicas para la eliminación de aguas negras y las prácticas agrícolas continentales.

3. Contaminación de aguas de alcantarillado

401. Si bien el aporte de las aguas negras humanas al medio marino es la principal causa de la falta de oxígeno y eutroficación, y una fuente de contaminantes químicos, también introduce patógenos, con los consecuentes riesgos para los consumidores de alimentos marinos y los usuarios de las zonas recreativas litorales. El consumo de alimentos marinos contaminados está estrechamente vinculado a enfermedades serias, incluyendo la hepatitis vírica y el cólera. Estudios previos sobre la relación entre los baños de mar y las enfermedades conexas han dado resultados conflictivos o ambiguos; sin embargo,

los estudios epidemiológicos han demostrado evidencias inequívocas de una mayor incidencia en los desórdenes gástricos en bañistas de aguas marinas contaminadas con aguas de alcantarillado, que está relacionada con el conteo de *Enterococcus* en el agua.

402. Los estudios señalan también un aumento en la incidencia de desórdenes no gástricos (oidos, infecciones respiratorias y cutáneas), si bien en este caso no existe una relación con los indicadores de la contaminación de aguas negras. Es indudable que las actuales normas sanitarias no son siempre apropiadas ni se cumplen adecuadamente. Por lo tanto es esencial adoptar mejores sistemas de vigilancia y control. Asimismo, dado que los tratamientos convencionales para las aguas de alcantarillado no siempre son los mejores o más económicos, deberán estudiarse todas las opciones, eliminación terrestre, descargas o vertimientos alejados de las costas, incineración, o inclusive eliminación en el mar profundo.

4. Plástico y otros residuos

403. El creciente uso de material sintético en sustitución de los contenedores de vidrio o estaño y de las fibras naturales en cuerdas y redes, ha introducido un nuevo tipo de contaminación marina. Estos materiales no son fácilmente degradables, y persisten en el medio ambiente. Son livianos y por lo tanto flotan en el mar. Las cintas plásticas que se utilizan para el envasado atrapan a los mamíferos marinos, peces y aves, y las redes de pesca ya descartadas continúan embrollando a los organismos marinos durante largos períodos de tiempo. Los plásticos persistentes se acumulan en las aguas bajas y quedan varados en las playas. También son motivo de preocupación los recientes informes sobre desechos médicos en las zonas costeras con sus consecuentes riesgos para la salud.

404. Si bien muchos de estos problemas se reducen con un "correcto manejo", es mejor solucionarlos en la fuente misma. Existe una amplia reglamentación a nivel local, y se está elaborando una legislación tanto a nivel nacional como internacional para prevenir la descarga de plásticos. La calidad de la zona costera y la seguridad de los organismos marinos mejoraría con una mayor sensibilización y participación de la población, y una mayor obligatoriedad de la reglamentación existente.

5. Contaminantes químicos

405. En años recientes, el avance en las técnicas analíticas, y procedimientos de muestreo y control de calidad han mejorado globalmente la confiabilidad y exactitud de los datos ambientales, y actualmente la medición de muestras marinas en bajas concentraciones de sustancias químicas es mucho más precisa que hace diez años. Los principales contaminantes químicos son los compuestos orgánicos sintéticos que alcanzan concentraciones relativamente altas en los mares cerrados y en las aguas costeras y estuarias a través de descargas fluviales, y más directamente de las operaciones de vertimiento y de las tuberías. Sólo en casos excepcionales se ha demostrado que las altas concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en las aguas costeras tienen efectos nocivos en la salud humana y en los organismos marinos.

406. En cuanto a las sustancias orgánicas sintéticas, los efectos varían de un compuesto a otro. El TBE se degrada relativamente rápido en el medio, si bien su uso continuo perpetuará su presencia en las aguas costeras, en niveles que si bien son bajos en términos absolutos, serían tóxicos para ciertos invertebrados marinos. Por otro lado, los hidrocarburos halogenados persistentes tienen un efecto reducido en los organismos marinos más bajos, si bien se ha demostrado su peligrosidad para los depredadores superiores que acumulan residuos en los tejidos grasos. El problema es más evidente cuando la contaminación se ha ido acumulando durante decenios en el medio, como en sedimentos en las zonas cerradas del Mar Báltico y el Mar de Wadden donde afecta la capacidad reproductora de los mamíferos y de las aves marinas. Los residuos de organocloro acumulados en los alimentos marinos alcanzarían niveles inaceptables para su comercialización y se ha limitado la venta de ciertas especies de peces, por ejemplo, en zonas de la costa oriental de los Estados Unidos.

407. En varios países se restringió o prohibió la fabricación y uso de ciertos organocloros. En consecuencia se redujeron las concentraciones en el agua marina y en los tejidos de organismos en zonas del hemisferio norte, si bien los sedimentos son una fuente importante de sustancias como el BPC, que se reintroducirá en los ciclos biológicos cuando se remueve el lecho del mar. Este hecho es un peligro potencial para el futuro. En algunas regiones del mundo, el uso de plaguicidas persistentes continua siendo alto, por ejemplo en los países que son grandes productores de algodón.

408. Anualmente cientos de nuevas sustancias químicas entran al mercado, muchas con impurezas, tales como las dioxinas cloradas y los dibenzofuranos, mientras se utilizan con otros fines ciertos productos químicos ya conocidos. El TBE es uno de los ejemplos de los peligros imprevistos de los nuevos materiales o compuestos. Sólo cuando se descubrió su efecto en organismos no destinatarios, se le consideró no apto y se iniciaron las acciones de control y sustitución. Otros productos químicos tales como el diclorvo, un compuesto organofósforo utilizado por los criadores de peces, se ha convertido en el nuevo contaminante marino, y es motivo de preocupación. Estas sustancias químicas, con objetivos específicos o utilizadas en zonas limitadas, son más fáciles de controlar que otras, tales como los plaguicidas de aplicación extensiva. Sin embargo, cuando se descubre que un plaguicida o compuesto industrial es ambientalmente nocivo, y se le retira del mercado, se sustituye inevitablemente por otro con problemas propios, si bien menos conocidos. Un organismo o programa internacional adecuado debería controlar estrictamente y continuamente el destino y el efecto de las sustancias químicas en el medio marino.

6. Petróleo

409. Con excepción de las zonas adyacentes a las fuentes o a los principales vertimientos de hidrocarburos, las concentraciones marinas de petróleo son demasiado bajas para perjudicar a los organismos en el mar. Sin embargo, las manchas de petróleo son una amenaza importante para las aves marinas, y el alquitrán residual continua siendo un serio problema en las playas, y afectan la economía de muchas comunidades que dependen del turismo.

7. Radiactividad

410. La radiactividad es tema de preocupación, pero las dosis de radiación de las sustancias radiactivas artificiales en los océanos permanecen en niveles muy bajos, sin mayor importancia en relación con la radiación natural de los organismos marinos o del hombre; con excepción de las pocas regiones donde la exposición tendría el mismo orden de magnitud que la radiación natural promedio. Es de notar que de todas las descargas contaminantes, los efluentes radiactivos de los usos pacíficos de la energía nuclear son probablemente los más rigurosamente controlados y vigilados. Los principales accidentes nucleares contaminaron los alimentos agrícolas y de agua dulce y también los alimentos marinos. Luego del accidente de Chernobyl, la contaminación se esparció por Europa, pero la exposición de la población por el consumo de alimentos marinos fue imperceptible dada su localización en zona continental, y no existe razón para pensar que afectó a los recursos marinos vivos.

8. Explotación de los recursos marinos

411. Además de los pocos accidentes importantes, la explotación de hidrocarburos y gas alejados de la costa sólo han causado problemas en unos pocos kilómetros a la redonda de las instalaciones. Los acuerdos internacionales sobre los medios ambientalmente aceptables para solucionar estos problemas son útiles cuando razones económicas compiten con las consecuencias a largo plazo de las actividades en el medio marino. El petróleo proveniente de las actividades navieras es un problema importante, pero los actuales acuerdos internacionales han permitido reducir las descargas de hidrocarburos de estas fuentes. No obstante sería de desear que se formulen más directrices y con mayor obligatoriedad, y se aumente la planificación y preparación para casos de accidentes.

412. La explotación de otros minerales en el mar tiene un impacto mensurable en el medio, si bien estaría limitado a la localización y duración de las operaciones y se reduciría con una cuidadosa planificación y atención de los procedimientos operativos. Es indispensable establecer criterios y normas para estos procedimientos, y cuando fuere necesario respaldados por reglamentaciones, y la normalización de las muestras, análisis e informes de los datos ambientales, a fin de facilitar el uso de datos similares en los diferentes contextos geográficos o temporales. Estos datos deben estar disponibles antes, durante y luego de las operaciones de recuperación de minerales para prever y evaluar los impactos y el éxito de las medidas de control.

413. Durante miles de años, el hombre ha utilizado los recursos marinos vivos. Las nuevas técnicas de pesca amenazan la existencia de especies preferidas de peces y ballenas. Las actividades pesqueras conllevan efectos nocivos en el medio marino y en varios procesos y actividades marinas tanto en las zonas costeras como en el océano abierto. Perturban el lecho del mar, cambian su naturaleza, y dañan el hábitat y la flora y fauna; la pesca y la maricultura alteran la cadena alimenticia; la pesca excesiva, las prácticas de reproducción, y la introducción de especies exóticas cambiarían las estructuras genéticas de las poblaciones; los programas de producción intensivos contaminan el medio, difunden las plagas y enfermedades y reducen los aspectos recreativos en general. La contaminación debido a la piscicultura puede controlarse, sin embargo, la difusión de plagas y enfermedades es un riesgo más serio dado que podría llegar a amenazar la existencia de muchos criadores de peces, y tendría un impacto más amplio y menos controlable sobre las pesquerías comerciales cuando afecta a las poblaciones silvestres.

B. EL OCEANO ABIERTO

414. Las principales descargas de contaminantes en las zonas costeras provienen de los ríos. Se asientan principalmente en los estuarios y las aguas bajas, y sobrepasan muy poco el límite de la plataforma continental. Por el contrario en el océano abierto, las dos principales fuentes de contaminantes provienen de la navegación y de la atmósfera. Asimismo, la actividad tectónica abisal descarga contaminantes directamente en el océano profundo.

415. Las actividades operativas y los vertimientos voluntarios son las principales descargas de la navegación. El petróleo es obviamente el mayor contaminante, si bien las pinturas anti-incrustantes filtran biocidas en las rutas de navegación, y recientemente se constató un aumento en la acumulación de restos de plásticos vinculados a las operaciones navieras. La descarga de vertimientos y accidentes es menor que en las aguas continentales.

416. Si bien la atmósfera contribuye absorbiendo sustancias del agua superficial que luego regresan, las masas de aire son las que transportan ciertos contaminantes desde las zonas continentales. Estos incluyen grandes cantidades de arena de los desiertos, materiales de actividad volcánica, y proveniente de incendios forestales y de pastizales, como también contaminantes por la evaporación, incineración y procesos de combustión. Se ha observado una reducción en las concentraciones de estos contaminantes atmosféricos en zonas más alejadas de las fuentes continentales.

417. El océano abierto también está contaminado. Las especies de peces de vida más larga absorben mercurio, y obligan a tomar medidas para limitar la ingestión humana, a pesar de que la mayor parte del mercurio proviene de fuentes naturales. Otro metal, el plomo muestra elevadas concentraciones en las aguas oceánicas que derivan de las actividades humanas, si bien se ha reducido en ciertas zonas por el uso más limitado de combustible con plomo. En general, los metales se encuentran en niveles tan bajos en las aguas oceánicas que no son peligrosos para los organismos marinos. También se detectan compuestos orgánicos sintéticos, si bien una vez más, los niveles son demasiado bajos y no se prevén efectos nocivos. El estudio del flujo de nutrientes en el océano muestra que los aportes antropogénicos no producen impactos más allá de los límites de la plataforma continental. Se han detectado hidrocarburos de las actividades navieras en la superficie de alta mar, especialmente en forma de residuos degradados con un leve impacto en la vida marina, y el problema se reduce con la disminución del tráfico de buques cisternas, y las reglamentaciones internacionales más estrictas.

418. Actualmente la explotación de minerales y fuentes de energía en el océano abierto es

insignificante, y sólo sería motivo de preocupación una mayor expansión de las actividades. No parecería viable en el presente, pero estaría condicionada a la variación de los precios de la materia prima y la energía, en cuyo caso cambiaría la situación. La minería en el océano profundo afecta principalmente al lecho del mar. La información sobre la ecología abisal es insuficiente para una evaluación confiable de los efectos de los disturbios y la sedimentación.

419. En conclusión, las actividades humanas producen un leve impacto en el océano abierto a diferencia de las zonas costeras donde el impacto es importante, y si bien aumentan las concentraciones de algunos contaminantes, todavía sus niveles son bajos y no se han detectado efectos mensurables. Sin embargo, existen concentraciones de plomo, hidrocarburos clorados y radionúclidos artificiales en todos los océanos, pero dada su variabilidad natural y bajos niveles de contaminación, sólo sería posible observar o predecir los posibles efectos con base en datos regulatorios confiables y mayor información sobre los procesos en el mar profundo.

420. Si bien no se justifica un gran esfuerzo masivo para instrumentar amplios programas de vigilancia del océano abierto, se recomienda limitar la vigilancia a unas pocas zonas para mejorar los datos que permitan detectar las tendencias futuras. Pasado un tiempo prudencial, estos datos servirán para desarrollar balanzas de la masa oceánica.

C. PROBLEMAS A MAS LARGO PLAZO

421. Gran parte de nuestra preocupación se refiere a los efectos relativamente bien conocidos, y si bien son comunes en muchas zonas, están directamente relacionados con situaciones específicas, por ejemplo, proyectos de construcción en las costas, eliminación de desechos en el mar o el funcionamiento de criaderos de peces. Sin embargo, existe la posibilidad de que los bajos niveles de contaminante se acumulen insidiosamente en el mar y produzcan efectos sutiles a largo plazo en extensas zonas. Dadas las dificultades para reconocer este tipo de cambios y diferencias de la variabilidad natural, sólo podrán estudiarse indirectamente combinando enfoques experimentales (tanto en el laboratorio como en el mesocosmo), con estudios en el campo y modelos de la dinámica de los procesos. Se recomienda aumentar estos trabajos.

422. Otros problemas a nivel mundial y a largo plazo son los impactos de la actividad humana sobre el clima y la capa de ozono y sus consecuencias para el medio marino. Se cuestionan los mecanismos y agentes causantes, los efectos y el ámbito geográfico, y el período de tiempo previsto.

423. Los cambios en la capa de ozono, que aumentan los flujos de radiación ultravioleta y los posibles efectos perjudiciales en la vida marina, se atribuyen especialmente a los clorofluorocarburos en la atmósfera. El Protocolo de Montreal del Convenio de Viena, recientemente adoptado, es un ejemplo de un acuerdo internacional y medidas de acción preventivas.

424. Si bien es imposible predecir con seguridad en esta etapa los efectos de los cambios climáticos en los ecosistemas marinos y en los recursos por el aumento de los gases de invernadero en la atmósfera, el tema sigue siendo motivo de preocupación. El aumento del nivel del mar debido a estos cambios es una posibilidad que preocupa a las poblaciones en las zonas bajas. Será necesario adoptar medidas a nivel mundial para reducir o demorar los cambios climáticos artificiales, incluyendo un cambio en los patrones del consumo de combustible y las políticas energéticas, y modificar las prácticas agrícolas y de uso de la tierra.

425. Estos problemas son más importantes a mediano o largo plazo, a diferencia de la mayoría de los temas estudiados, que son a corto plazo, los cuales nos afectan ya y requieren una acción inmediata. En la preparación de este informe se decidió enfocar los problemas a corto plazo, y tomar conciencia al buscar soluciones, del problema a largo plazo que se estudiará en la medida en que se obtenga información de las investigaciones en curso.

D. PREVENCIÓN Y CONTROL

426. Muchas actividades tienen impactos perjudiciales para el medio marino, y la población está tomando conciencia sobre esta degradación y adoptando una actitud más enérgica para su protección. Mayor apoyo recibe el criterio preventivo, originalmente parte integral de los conjuntos de medidas nacionales para el manejo ambiental. Este criterio propone una acción inmediata, inclusive sin un daño evidente, para evitar posibles riesgos futuros. Sin embargo, especialmente en cuanto a la eliminación de los desechos, es esencial una actitud equilibrada luego de estudiar todas las opciones, incluyendo la posible prohibición de las actividades productoras de desechos. Es indudable, que si se evita la contaminación en un sector del medio ambiente, podría contaminarse otro sector con consecuencias más graves o menos predecibles.

427. Si se comparan las ventajas relativas de la eliminación terrestre o marina y el posible alcance, habrá que evaluar otras posibles consecuencias, por ejemplo, la contaminación de las aguas subterráneas por aguas negras en relación con el impacto previsto para su eliminación en el medio marino. El análisis de las opciones requiere algo más que la selección adecuada del sector ambiental para las descargas - ya sea la atmósfera, los suelos, el agua dulce o marina; también habrá que considerar los problemas de almacenamiento o destrucción; la contención o dispersión; el uso de lugares accesibles o remotos. A largo plazo, es importante un mejor manejo de los desechos, especialmente la reducción para prevenir la contaminación en todos los sectores del medio ambiente. Es indudable que las consideraciones económicas están implícitas en las decisiones, y la evaluación económica será parte integral de su determinación.

428. Es importante por ejemplo, analizar la relación entre los costos del daño y los costos para reducir o evitar la contaminación. Las técnicas para analizar los costos de la contaminación marina y evaluar los beneficios del control y la reducción han sido mejoradas. Sin embargo, los valores de una actividad potencialmente contaminante y el costo para prevenirla o limpiarla posteriormente reflejarán las condiciones y valores locales.

429. Los diferentes enfoques y lenguajes de las ciencias naturales y económicas podrán dar lugar a malos entendidos o inclusive a decisiones erróneas. Es necesario mejorar las comunicaciones y el entendimiento para que ambas disciplinas estén orientadas a un objetivo común: proteger el medio marino.

430. La protección de los océanos implica el control de muchas de las actividades humanas. El marco legal, tanto nacional como internacional para la protección del medio marino es fundamental. La contaminación por hidrocarburos por ser la más visible, fue el primer problema de interés internacional y durante mucho tiempo la forma más cuestionada de contaminación. Por este motivo se elaboró tempranamente una legislación para controlarla.

431. Más recientemente los vertimientos de origen terrestre y la contaminación de sustancias químicas y basura, y el aumento de los nutrientes, han dado lugar a nuevas reglamentaciones. La mayor cantidad de todos los tipos de contaminación marina provienen de las fuentes de origen terrestre, pero su control implica decisiones costosas y difíciles. Para ser efectivas, habrá que realizar importantes cambios en las antiguas prácticas agrícolas e industriales, y en el desarrollo o ampliación de los servicios de tratamiento de residuos tanto en la zona costera como continental; muchas veces llevándolos hasta límites más alejados de los estados costeros implicados. Sólo cuatro de los actuales convenios en el ámbito marino contienen previsiones para el control de fuentes de origen terrestre; si bien deberían ser incluidos en otros, especialmente para las regiones donde la legislación nacional que regula la contaminación de origen terrestre es limitada.

432. La contaminación desde la atmósfera también es importante, si bien es mucho más difícil controlar. Se han adoptado muy pocas medidas regulatorias a nivel internacional, si bien es en el único ámbito en que serán efectivas. Es importante ampliar y fortalecer las reglamentaciones existentes, como también asegurar la obligatoriedad de la legislación.

433. Sin embargo, la contaminación per se no es la única amenaza para los océanos. La escorrentía de las actividades costeras es igualmente perjudicial para los habitats y los recursos marinos.

En ciertos países las actividades costeras están reglamentadas, pero a menudo la autoridad está dividida en diferentes unidades administrativas mal coordinadas entre sí. No existen acuerdos internacionales o directrices sobre las actividades costeras, y habrá que adoptar medidas mucho antes de que terminen de urbanizarse la mayoría de las zonas, se corten los manglares, se eliminen los pantanos y lagunas y se destruyan los arrecifes de coral.

ANEXO A

GRUPO DE TRABAJO SOBRE EL ESTADO DEL MEDIO MARINO

MIEMBROS

J.M. BROADUS
Woods Hole Oceanography Institution
Woods Hole
Massachusetts 02543
Estados Unidos de América

E.D. GOLDBERG
Scripps Institution of Oceanography
University of California
La Jolla
California 92093
Estados Unidos de América

E.D. GOMEZ
Marine Science Institute
University of the Philippines
U.P.P.O. Box 1
Diliman, Quezon City 3004
Filipinas

G.D. HOWELLS
Department of Applied Biology
University of Cambridge
Pembroke Street
Cambridge CB2 3DX
Reino Unido

A. JERNELÖV
I.V.L.
Box 21060
S-10031 Stockholm
Suecia

P.S. LISS
School of Environmental Sciences
University of East Anglia
Norwich NR4 7TJ
Reino Unido

A.D. McINTYRE (Presidente)
Department of Zoology
University of Aberdeen
Tillydrone Avenue
Aberdeen AB9 2TN
Scotland
Reino Unido

G. NEEDLER
Institute of Oceanographic Sciences
Deacon Laboratory
Wormley, Godalming
Surrey GU8 5UB
Reino Unido

A. SALO
Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety
P.O. Box 268
SF-00101 Helsinki
Finlandia

H. SHUVAL
Division of Environmental Sciences
The Hebrew University of Jerusalem
Jerusalem
Israel

J.H. STEELE
Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole
Massachusetts 02543
Estados Unidos de América

P. TORTELL
Department of Conservation
59 Boulcott Street
P.O. Box 10-420
Wellington
Nueva Zelandia

A.V. TSYBAN
Natural Environment and Climate
Monitoring Laboratory
State Committee for Hydrometeorology
Pavlik Morozov per. 12
Moscow 123 376
Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

H. WINDOM
Skidaway Institute of Oceanography
Savannah
Georgia 31416
Estados Unidos de América

EXPERTOS ASOCIADOS

R. ARNAUDO
Office of Ocean and Polar Affairs
Department of State
Washington D.C. 20520
Estados Unidos de América

M.J. CRUICKSHANK
Marine Minerals Technology Center
University of Hawaii
811 Olomehani Street
Honolulu 96814
Hawaii
Estados Unidos de América

S.W. FOWLER
International Laboratory of
Marine Radioactivity
2, Av. Prince Héréditaire Albert
MC-98000 Mónaco
Principado de Mónaco

Y. HALIM
Department of Oceanography
University of Alexandria
Alexandria
Egipto

L. MAGOS
Medical Research Council Laboratories
Woodmansterne Road
Carshalton
Surrey SM5 4EF
Reino Unidos

J.B. PEARCE
Northeast Fisheries Center
NMFS/NOAA
Woods Hole
Massachusetts 02543
Estados Unidos de América

SECRETARIA TECNICA

F. SELLA
Programa de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente
Palacio de las Naciones
1211 Ginebra 10
Suiza

ANEXO B
GRUPO DE EXPERTOS
SOBRE LOS ASPECTOS CIENTIFICOS DE LA CONTAMINACION MARINA
MIEMBROS

J.M. BEWERS
Marine Chemistry Division
Bedford Institute of Oceanography
P.O.B. 1006
Dartmouth
Nova Scotia
Canadá B2Y 4A2

J. BLANTON
Skidaway Institute of Oceanography
P.O.B. 13687
Savannah
Georgia 31416
Estados Unidos de América

R. BOELEN
Irish Science and Technology Agency
Shannon Water Laboratory
Shannon Town Centre
Shannon
Co. Clare
Irlanda

J.M. BROADUS
Marine Policy Center
Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole
Massachusetts 02543
Estados Unidos de América

D. CALAMARI
Institute of Agricultural Entomology
University of Milan
Via Celoria 2
20133, Milano
Italia

H. CHANSANG
Phuket Marine Biological Centre
P.O. Box 60
Phuket 83000
Tailandia

R. DUCE
Graduate School of Oceanography
University of Rhode Island
South Ferry Road
Narragsansett
Rhode Island 02882
Estados Unidos de América

W. ERNST
Alfred-Wegener Institut für Polar
und Meeresforschung
Colombus Street, 2850
Bremerhaven
República Federal de Alemania

J. GRAY
University of Oslo
Institute of Biology
Dept. of Marine Zoology and Chemistry
P.O. Box 1064
0316 Blindern, Oslo 3
Noruega

G.D. HOWELLS
Department of Applied Biology
University of Cambridge
Pembroke Street
Cambridge CB2 3DX
Reino Unido

C. IBE
Div. Physical and Chemical Oceanography
Nigerian Institute for Oceanography and
Marine Research
PMB 12729 Victoria Island
Lagos
Nigeria

A. KAPAUAN
Department of Chemistry
Ateneo de Manila University
P.O. Box 154
Manila
Filipinas

J.M. LOPEZ
Centro de Investigación de la Energía y el Medio Ambiente
Universidad de Puerto Rico
College Station
Mayagüez
Puerto Rico 00708

A.D. McINTYRE
Department of Zoology
University of Aberdeen
Tillydrone Avenue
Aberdeen AB9 2TN
Scotland
Reino Unido

J. PERNETTA
Department of Biology
University of Papua New Guinea
Box 320 UNI PO
NCD
Papúa-Nueva Guinea

J.E. PORTMANN
Ministry of Agriculture, Fisheries & Food
Fisheries Laboratory
Remembrance Avenue
Burnham-on-Crouch
Essex CM0 8HA
Reino Unido

A. SALO
Surveillance Department
Finnish Centre for Radiation
and Nuclear Safety
P.O. Box 268, SF-00101 Helsinki
Finlandia

H. SHUVAL
Division of Environmental Sciences
School of Applied Science and Technology
The Hebrew University of Jerusalem
Jerusalem
Israel

P. TORTELL
Department of Conservation
59 Boulcott Street
P.O. Box 10-420
Wellington
Nueva Zelandia

A.V. TSYBAN
Natural Environment and Climate
Monitoring Laboratory
State Committee for Hydrometeorology
Pavlik Morozov per. 12
Moscow 123 376
Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas

P.G. WELLS
Marine Environmental Quality
Conservation and Protection,
Environment Canada
45 Alderney Drive
Darmouth, Nova Scotia
Canadá

H.L. WINDOM (Presidente)
Skidaway Institute of Oceanography
P.O.B. 13687
Savannah
Georgia 31416
Estados Unidos de América

ANEXO C

ANEXOS AL INFORME

- | | | |
|-------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| I. | R. ARNAUDO | THE PROBLEM OF PERSISTENT PLASTICS AND MARINE DEBRIS IN THE OCEANS |
| II. | M.J. CRUICKSHANK | EXPLOITATION OF NON-LIVING MARINE RESOURCES: MINERALS OTHER THAN OIL AND GAS |
| III. | R.M. ENGLER | DISPOSAL OF DREDGED MATERIAL |
| IV. | S.W. FOWLER | CONCENTRATION OF SELECTED CONTAMINANTS IN WATER, SEDIMENTS AND LIVING ORGANISMS |
| V. | E.D. GOLDBERG | SELECTED CONTAMINANTS: TRIBUTYL TIN AND CHLORINATED HYDROCARBON BIOCIDES |
| VI. | Y. HALIM | MANIPULATIONS OF HYDROLOGICAL CYCLES |
| VII. | INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION* | INTERNATIONAL CONVENTIONS ON THE PREVENTION OF MARINE POLLUTION: CONTROL STRATEGIES |
| VIII. | A. JERNELÖV | RECOVERY OF DAMAGED ECOSYSTEMS |
| IX. | P.S. LISS (ed.) | LAND-TO-OCEAN TRANSPORT OF CONTAMINANTS: COMPARISON OF RIVER AND ATMOSPHERIC FLUXES |
| X. | L. MAGOS | MARINE HEALTH HAZARDS OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL ORIGIN |
| XI. | A.D. McINTYRE | EXPLOTATION OF MARINE LIVING RESOURCES |
| XII. | A.D. McINTYRE | SEWAGE IN THE SEA |
| XIII. | J.B. PEARCE | DEVELOPMENT OF COASTAL AREAS |
| XIV. | A. SALO | SELECTED CONTAMINANTS: RADIONUCLIDES |
| XV. | C. WALDER | MARINE TRANSPORTATION OF OIL AND OTHER HAZARDOUS SUBSTANCES |
| XVI. | H. WINDOM | QUALITY ASSURANCE OF CONTAMINANT DATA FOR MARINE ENVIRONMENT |

* Oficina del Convenio sobre Vertimientos de Londres

ANEXO D
INFORMES DE GESAMP

The review of the health of the oceans (1982) *Rep. Stud. GESAMP*, (15): 108 p. Publicado también como *UNEP Regional Seas Reports and Studies* No. 16.

Review of potentially harmful substances. Cadmium, lead and tin (1985) *Rep. Stud. GESAMP*, (22): 114 p. Publicado también como *UNEP Regional Seas Report and Studies* No. 56.

Thermal discharges in the marine environment. (1984) *Rep. Stud. GESAMP*, (24): 44 p. Publicado también como *UNEP Regional Seas Reports and Studies* No. 45.

Review of potentially harmful substances. Arsenic, mercury and selenium. (1986) *Rep. Stud. GESAMP*, (28): pag. var. Publicado también como *UNEP Regional Seas Report and Studies* No. 92.

Land-sea boundary flux of contaminants: contributions from rivers. (1987) *Rep. Stud. GESAMP* (32): 172 p.

Review of potentially harmful substances. Nutrients. (en prensa). *Rep. Stud. GESAMP*, (34).

ANEXO E

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anónimo (1988) Widespread coral bleaching in the Caribbean, *Mar Poll. Bull.* 19: 50.
- E. Baccl (1988) Mercury in the Mediterranean, *Mar. Poll. Bull.* 20: 59-63.
- G.W. Bryan *et al.* (1987) Copper, zinc and organotin as long term factors governing the distribution of organisms in the Fal Estuary in southwest England, *Estuaries* 10: 208-21.
- D.F. Boesch and N.N. Rabalais (ed) *Long Term Environmental Effects of Offshore Oil and Gas Development*, editor Elsevier, Londres y Nueva York.
- B. Bratbak (1988) Cleaning up the sea bed - the Norwegian approach, Oljedirektoratet (ISBN 82-7257-260-5).
- COST 47 (1985) *Coastal Benthic Ecology: 1979-1984*, CED Env. Res. Prog., Science, Research and Development Directorate, Bruselas.
- E. Goldberg (1982) *The Health of the Oceans*, The UNESCO Press (ISBN 92-3-101356-4).
- M. Holdgate (1979) *Environmental Pollution*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- R. Johnson (ed.) (1976) *Marine Pollution*, Academic Press, Londres.
- R. Marchetti and A. Rinaldi (1989) Le condizione del Mare Adriático. En: Melandri (ed) *Ambiente Italia*, ISEDI, Torino.
- T.H. Pearson and R. Rosenberg (1978) Macrobenthos succession in relation to organic enrichment and pollution in the marine environment, *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311.
- D.J.H. Phillips (1988) Selenium in the San Francisco Estuary: an opportunity, *Mar. Poll. Bull.* 19: 191-192.
- L.O. Relersen *et al.* (1988) Monitoring in the vicinity of oil and gas platforms: results from the Norwegian sector of the North Sea and recommended methods for forthcoming surveillance, *Int. Conf. on Drilling Wastes*, Calgary, Canadá.
- L. Reutergårdh (1988) Identification and distribution of chlorinated organic pollutants in the environment, *SVN Rep.* 3465, Solna, Suecia.
- A.J. Southward (1980) The Western English Channel - an inconstant ecosystem, *Nature* 285: 361-366
- La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987) *Nuestro Futuro Común*, Oxford University Press.
- REINO UNIDO (1987) *Quality status of the North Sea*. Department of Environment, Londres.
- G. Weaver (1984) PCB contamination in and around New Bedford, Mass. *Environ. Sci. Technol.* 18: 22a - 27a.



Centro de actividad del programa para los océanos
y las zonas costeras
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Obra impresa por:

Copias adicionales de esta y otras publicaciones
emitidas por el Centro de actividad del programa para los
océanos y las zonas costeras del PNUMA pueden ser obtenidas de:

Oceans and Coastal Areas Programme Activity Centre
United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552
Nairobi
Kenya