

# TRANSPORTE MARÍTIMO Y MEDIO AMBIENTE

---

Un binomio reconciliable

Francisco Piniella Corbacho

Servicio de Publicaciones • Universidad de Cádiz



TRANSPORTE MARÍTIMO  
Y MEDIO AMBIENTE



F. PINIELLA

# TRANSPORTE MARÍTIMO Y MEDIO AMBIENTE

Un binomio reconciliable



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ  
SERVICIO DE PUBLICACIONES  
1996

© F. Piniella  
© *Edita*: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz

Printed in Spain. Impreso en España

ISBN: 84-7786-288-5  
Depósito legal: S. 1058-1995

Imprime:  
Gráficas VARONA  
Polígono «El Montalvo», parcela 49.  
Teléf. (923) 190036. Fax (923) 190027  
37008 Salamanca

# Prólogo

---

Día tras día, la humanidad tiende a mejorar los niveles de calidad de vida que logra alcanzar a base de enormes esfuerzos en dura competencia con la constante evolución del progreso industrial, que, bajo algunos aspectos, no siempre significa un avance significativo de cara al bienestar inmediato, o por lo menos, no para todos.

Uno de los condicionantes que atentan a los pretendidos estándares en niveles aceptables de calidad de vida está relacionado con todo aquello que influye negativamente sobre el medio ambiente, y en especial, por su trascendencia, el directamente implicado con las circunstancias que puedan crear alteraciones en la principal fuente de vida que es la mar.

El transporte marítimo es un condicionante perturbador de la inestable estabilidad del medio ambiente marino, si bien no es el único ni el de mayor trascendencia, sin embargo constituye, con motivo de los siniestros marítimos, una influencia capital en la opinión pública en general y sobre la conciencia de cada persona en particular.

La cultura preventiva de la contaminación marina es limitada y parcial, tanto en su consideración como en su aplicación, ya que de una parte exime a buques y artefactos de usos militares de sujetarse a determinados comportamientos preventivos, mientras la creciente marina deportiva y de ocio, de uso generalizado entre el gran público que más tarde clama al cielo ante los accidentes ecológicos, no ha tomado plena conciencia de lo que dicha floreciente actividad está generando en el medio ambiente que en su conjunto pretendemos proteger.

La presente publicación, **TRANSPORTE MARÍTIMO Y MEDIO AMBIENTE: UN BINOMIO RECONCILIABLE**, abarca de una forma llana y concisa la dispersión de la información existente sobre el tema, describiendo la filosofía y los objetivos que persiguen la normativa y los Convenios, tanto Nacionales como Internacionales, para contribuir a la prevención de la contaminación de los mares, expone los efectos de la contaminación sobre la fauna y flora marina, detalla los sistemas y equipamientos de protección que están disponibles y los procedimientos que resultan más adecuados para la lucha contra los efectos de vertidos accidentales y ocasionales, destaca las todavía insuficientes instalaciones portuarias para la recepción de los residuos producidos por los buques y con ello las dificultades de su operatividad, y considera las influencias y capacidades contaminantes de los distintos tipos de buques.

Finalmente, aporta las líneas de futuro que deben aliviar la crispante situación diferencial entre lo necesario y lo actualmente disponible, cuyo seguimiento debe conducir a la búsqueda y aplicación de mejores acciones preventivas de carácter positivo ante el problema de la contaminación, especialmente la producida por los buques en su transporte por mar.

Puede decirse que esta publicación cubre las necesidades de quien quiera aproximarse a un conocimiento más profundo y sin distorsiones de una realidad que nos afecta a todos y puede hipotecar el futuro de las generaciones siguientes, de ahí el interés y el aprovechamiento de la obra.

***Ricard Mari Sagarra***

Doctor en Ciencias del Mar  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

<b>0.</b>	<b>Introducción: Objetivos del trabajo y limitaciones del Estudio.</b>	<b>1</b>
<b>1.</b>	<b>El problema de la Contaminación del Mar: Definición, Clasificación y Planteamiento.</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Normativa General sobre Contaminación Marina: Convenios Internacionales.</b>	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>La prevención de la Contaminación por vertidos de hidrocarburos.</b>	<b>23</b>
<b>4.</b>	<b>Lucha contra la Contaminación por Hidrocarburos: Técnicas de Contención, Extracción, Dispersión y Biodegradación.</b>	<b>53</b>
<b>5.</b>	<b>Contaminación por productos químicos.</b>	<b>71</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusiones: Recomendaciones finales.</b>	<b>91</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía.</b>	<b>93</b>



# 0

## **Introducción: Objetivos del trabajo y limitaciones del estudio.**

---

### **0.1 Sumario (Abstract).**

Desde que en el año 1954 la Comunidad Internacional decidió dotarse de instrumentos legales para la prevención de la contaminación del mar, han transcurrido cuarenta años. En este corto período de tiempo el Mundo Marítimo ha visto la creación de organizaciones internacionales de defensa del medio ambiente, el desarrollo de numerosos convenios internacionales y sobre todo ha contemplado impotente cómo uno tras otro los accidentes marítimos han puesto en tela de juicio cualesquiera de los mecanismos de prevención existentes. El propósito de este trabajo es recapitular sobre lo ocurrido en estos años y discutir las bases del futuro próximo, así como el análisis de las actuales técnicas de actuación.

### **0.2 Palabras claves del trabajo.**

- Contaminación Marina.
- Seguridad Marítima.
- Medio-Ambiente.
- Transporte Marítimo.

### **0.3 Definición del problema, objeto de estudio.**

Como se establece en el Sumario, se abordará de forma sincrética el estudio de la Contaminación producida por el transporte marítimo de sustancias nocivas al medio. Se ha analizado toda la normativa internacional, comunitaria y nacional, llevando a cabo un estudio cronológico de la implantación de los citados instrumentos.

La forma de abordar dicho propósito, necesariamente, se ha limitado a los impactos ambientales que el autor ha considerado más importantes: los vertidos desde buques de hidrocarburos y productos químicos. Llevando a cabo una estructuración de carácter temático.

La necesidad de este trabajo, teórico, estriba en el hecho de unificar, clasificar y discutir dos tipos de información documental: por una parte la normativa internacional emanada principalmente de las Naciones Unidas a través de su Agencia Marítima (IMO); y de otra parte, una bibliografía científica muy diversa y dispersa, analizado, todo ello, desde el punto de vista del usuario del transporte. Este proyecto, desde el punto de vista editorial, pretende servir de herramienta didáctica, no sólo a los profesionales del sector, sino que espera brindar a la opinión pública el conocimiento, de una forma más profunda, de un problema que los medios de comunicación no siempre abordan con la seriedad que se debiera.

#### **0.4 Agradecimientos.**

Se quiere agradecer la aportación documental de la Subdirección General de Seguridad Marítima, tanto en la persona de D. F. Javier Villanueva Santaulari (Jefe del Servicio de Defensa del Medio Ambiente Marino), como al personal de la revista *Marina Civil*, de cuya fuente procede la aportación gráfica de este manual.

Así mismo la labor de colaboración de los alumnos de la Facultad de Ciencias Náuticas, D. Mariano Muñoz Fernández, D. José Luis Paez Gutierrez y D. Juan Carlos García Santos.

# 1

## **El problema de la contaminación del Mar: Definición, Clasificación y Planteamiento.**

---

### **1.1 Definición de las Naciones Unidas de la contaminación marina.**

Habría que partir de qué se entiende por contaminación, y en especial por contaminación marina, para ello tenemos que remitirnos al máximo organismo internacional, la O.N.U., que la define como:

*"la introducción por el hombre en el medio marino, incluyendo los estuarios, directa o indirectamente, de sustancias o energías que pueden ocasionar efectos deletéreos, tales como daños en los recursos biológicos, y por consiguiente para la salud humana; trabas en las actividades marítimas, incluyendo la pesca; disminución en la calidad del agua del mar desde el punto de vista de su utilización y reducción de las posibilidades ofrecidas por el ocio."*<sup>1, 2 y 3</sup>

Analicemos esta definición en sus diferentes apartados:

- \* se entiende por contaminación aquel proceso generado por la acción del hombre exclusivamente, dejando de lado la "contaminación" natural producida por las llamadas fugas naturales, que en algunos Informes se citan en el caso de vertidos de petroleos en casi el 8% lo que puede representar unas 200 Tons/año, sin citar las contaminaciones de tipo físico o químico también naturales;
- \* en cuanto al ámbito territorial de esta definición la contaminación se extiende a el mar (el "medio marino") en su conjunto, incluyendo los estuarios;
- \* se entiende la contaminación de forma directa e indirecta, tanto de sustancias (contaminación biótica y química) como de energías (contaminación física);
- \* la contaminación afecta no sólo a los recursos biológicos (ecológicos), sino que incluye supuestos económicos, de explotación, y de calidad de vida, extendiendo esta premisa a las posibilidades de ocio.

Trataremos a continuación de dar una visión muy general del problema de la contaminación de mar a partir del siguiente esquema:

- qué contaminantes llegan al mar en general y cuales llegan al mar en razón del transporte marítimo;
- los caminos de acceso de la contaminación;
- y las repercusiones que sobre el medioambiente se producen.

## 1.2 Los contaminantes del mar.

La clasificación más extendida de los agentes contaminantes del medio marino es la siguiente (Díaz, 1993):

1. Contaminantes bióticos:
  - 1.1 Bacterias.
  - 1.2 Virus.
  - 1.3 Hongos.
  - 1.4 Especies introducidas.
2. Contaminantes abióticos:
  - 2.1 Agentes químicos:
    - 2.1.1 Inorgánicos: Metales pesados y derivados inorgánicos; Residuos radioactivos; Fosfatos y Nitratos.
    - 2.1.2 Orgánicos: Hidrocarburos; Materia orgánica; Detergentes e insecticidas; Bifenilos policlorados (PCB); Plásticos.
  - 2.2 Agentes físicos:
    - 2.2.1 Polución térmica.
    - 2.2.2 Disminución de la transparencia.
    - 2.2.3 Radioactividad.

De forma sincrética, la contaminación marina esta fundamentada en procesos contaminantes de origen terrestre:

- a) subproductos industriales;
- b) residuos de la explotación intensiva de la agricultura como plaguicidas y herbicidas;
- c) y residuos, efluentes en general, de las zonas urbanas.

Así, las industrias con mayor poder de contaminación son, fundamentalmente las siguientes:

- aquellas relacionadas con procesos contaminantes orgánicos: industrias agrícolas, y cultivos de sistema de explotación intensivo, así como industrias de curtidos, textiles en general, conserveras o industrias lácteas;
- industrias energéticas: eléctricas, térmicas, nucleares,....;

- industrias químicas en general y relacionadas con los hidrocarburos (refinerías, petroquímicas,...).

Sin embargo el tráfico de buques interviene también en este proceso de degradación del Medioambiente, la propia Organización Marítima Internacional reconoce este hecho: *"una considerable proporción de la contaminación viene del tráfico de buques y de las actividades marítimas en general."* <sup>4</sup> Los buques generan fundamentalmente los siguientes procesos contaminantes:

- 1.a Descarga al mar: residuos de limpieza de tanques.
- 1.b Descarga al mar: sustancias nocivas sólidas y líquidas.
2. Emisión de gases nocivos.
3. Aguas negras y basuras procedentes de buques.
4. Vertidos por accidentes marítimos de hidrocarburos y otras sustancias nocivas.

Cada uno de estos procesos serán analizados a lo largo de este trabajo, con especial referencia a los vertidos de buques de hidrocarburos y productos químicos..

### 1.3 Las vías de acceso.

A) Los ríos: Constituyen uno de los caminos más importantes de entrada de contaminantes en el mar. La localización de focos contaminantes en las proximidades lleva consigo la contaminación de los ríos por vertidos industriales y urbanos.

B) Las escorrentías: Este fenómeno produce el vertimiento de sustancias contaminantes de las vegas hacia los ríos en épocas de lluvia.

C) La costa: Una gran parte de la población mundial vive en zonas costeras, ello hace que en las riberas marítimas se concentren, no sólo las grandes industrias (y por tanto las más contaminantes) sino que se produzca la mayor concentración de residuos urbanos. Este proceso contaminante es grave en el momento en que son las zonas costeras donde el equilibrio ecológico se torna más importante desde el punto de vista de la cría de especies, de instalaciones relacionadas con la acuicultura, y de la riqueza paisajística del litoral.

D) El tráfico marítimo: Del cual ya hemos sintetizado con anterioridad su problemática específica.

E) La pesca: Los actuales modelos de explotación intensiva constituyen un proceso de degradación del ecosistema marino. También se producen procesos contaminantes relacionados con la actividad pesquera en cuanto a la limpieza y mantenimiento de los barcos, con el uso de productos químicos, así como en los procesos industriales de transformación/envasado que conllevan el vertido de contaminantes orgánicos.

F) La contaminación via atmósfera: Es un camino de acceso muy importante en riberas marítimas con una alta tasa de concentración industrial. Con la emisión de contaminantes a la atmósfera, éstos permanecen en suspensión en el aire, de forma que se ven afectados por los procesos meteorológicos, siendo muy importante el efecto conocido como "lluvia ácida".

#### 1.4 Las repercusiones sobre el Medioambiente.

El ecosistema marino, quizás por mantenerse en cierto modo, desconocido para el hombre, sufre en la actualidad un proceso degenerativo, más agravado en mares cerrados como es el caso del Mediterráneo. La enfermedad de nuestros mares tiene ya signos visibles: mortandad de peces, disminución de la biodiversidad, esquilma de especies, floración masiva de algas, aparición de manchas provenientes de vertidos tóxicos, etc. Ya no se trata sólo de prevenir para el futuro sino que las repercusiones de los procesos contaminantes del hombre se están ya manifestando con claridad frente a nuestras playas, costas y litorales.

Para el Mar Mediterráneo, Greenpeace elaboró hace unos años un Informe, plasmado en el libro *The Mediterranean* en el que se delimitaban las principales "enfermedades" que sufría el entorno marino, las cuales pueden perfectamente generalizarse a nivel mundial especialmente en las zonas del Mundo más afectadas:

a) La desoxigenación de las aguas (anoxia) como consecuencia de los vertidos urbanos de la población ribereña.<sup>5</sup> En las aguas costeras se tiende a conservar el material de desecho, siendo ingerido por las bacterias y descompuesto a costa de una alta demanda de O<sub>2</sub>. Ello implica a su vez la aparición de otros seres vivos de especies diferentes a las autóctonas, con el deterioro general de la fauna marina.

b) La aparición masiva de algas microscópicas (el *mare sporco* del Adriático),<sup>6</sup> es otro de los efectos más visibles de la contaminación marina. Su floración se debe a la alta concentración de nutrientes (eutrofización) por vertidos de fertilizantes y otros residuos procedentes fundamentalmente de la "nueva" agricultura y ganadería intensiva. Este fenómeno está ligado al anterior ya que al caer estas floraciones al fondo del mar se produce una terrible descomposición que utiliza grandes cantidades del oxígeno del mar.

c) La tercera enfermedad es la llamada "mancha metálica": los metales pesados (plomo, cromo, zinc, mercurio,...).<sup>7</sup> El crecimiento de la proporción de estos elementos en el Mar crece en progresión geométrica a consecuencia de los vertidos industriales. El caso más grave por su efecto altamente tóxico es el mercurio. Según las mismas fuentes que estamos citando, la cantidad puede llegar a las 100 toneladas año. Las actividades de la minería y la industria en general generan vertidos de metales, que en la mayor parte de las ocasiones se vierten de forma directa al mar.<sup>8</sup>

d) La "muerte sintética" por la abundancia de plásticos y otros productos domésticos e industriales, que no pueden ser descompuestos. Los PCB, impiden el desarrollo del plancton, y generan la mortandad de los peces, y en definitiva como todo proceso contaminante, éste se va trasladando a través de la cadena alimentaria a seres superiores influyendo incluso en el sistema inmunológico de los animales que lo hace indefenso ante epidemias de tipo vírico. Además de los Policlorobifenilos, existen otros compuestos organoclorados,<sup>9</sup> contaminantes susceptibles de ser vertidos al mar, como los plaguicidas (DDT fundamentalmente),<sup>10</sup> y los residuos de las industrias papeleras.

e) La supervivencia en el tiempo de determinados agentes patógenos (bacterias y virus) tanto en agua dulce como en agua de mar genera una serie de problemas que la propia Organización Mundial de la Salud en un Informe sobre Contaminación del Mar cifraba en un listado de enfermedades: infecciones (gastrointestinales, óticas, tifoideas) y enfermedades víricas de todo tipo (poliomelitis, hepatitis A), trastornos pulmonares y algunas enfermedades, tan típicas de periodo estival, como la *Salmonella*.<sup>11</sup>

Todo este cuadro de calamidades puede verse afectado por procesos puntuales entre los que destaca el vertido de hidrocarburos por accidentes en el transporte marítimo, tema al que dedicaremos gran parte de este trabajo en otros capítulos.

### 1.5 La cadena alimentaria y los procesos de contaminación.

La clave de la repercusión de la contaminación marina, es que esta se desarrolla en la cadena alimentaria en proporción directa, mientras que la utilización de las especies decrece a medida que subimos el eslabón de las especies. Es decir, las plantas marinas, por poner el ejemplo más bajo de la cadena, sirven para el desarrollo de las especies hervíboras, y su poder de acumulación de la contaminación es bajo; mientras que, a medida que vamos subiendo, llegamos a especies más complejas (cuya utilización como alimento disminuye), como por ejemplo las aves acuáticas, y cuyo nivel de contaminación es más perceptible debido a que no tienen posibilidad de excretar los agentes tóxicos como metales pesados, productos químicos, etc. Los predadores aéreos son por tanto presa fácil de los vertidos del litoral.

En los vertidos por hidrocarburos las repercusiones son variadas, haremos a continuación una breve reseña de estos efectos, que luego serán abordados de forma más amplia:

Así, en la Guerra del Golfo, el vertimiento de crudo desde los pozos al mar originó las modificaciones del clima. Esto se debe a que la película de hidrocarburo dificulta la interfase mar-atmósfera interfiriendo en la radiación solar al provocar un efecto de rebote y, sobre todo, dificultando la evaporación del agua y por tanto la formación de nubes (François, 1992).

La formación de alquitrán genera la muerte de las especies que viven en las playas. La arena sirve como elemento depurador de las aguas y el alquitrán ciega los poros con lo que evita la renovación de las aguas. El alquitrán impregna también a muchas especies: moluscos con alta concentración de benzopireno (cancerígeno) o aves marinas que mueren al no poder volar o intoxicadas por la ingestión de estos productos derivados del petróleo (Martin Jaime, 1993).

De forma directa el hidrocarburo puede acceder al plancton, pero sin llegar al contacto directo, el plancton puede verse afectado simplemente porque el hidrocarburo le impida acceder a la luz solar, tan vital para su desarrollo. El plancton vegetal o fitoplancton constituye la base de la cadena alimentaria, por lo que se originará la contaminación de especies superiores de forma directa (como el flamenco o el atún) o indirecta a través de sucesivos eslabones.

## Notas al Capítulo 1

1. Definición establecida por el GRUPO DE EXPERTOS DE LA ONU (GESAMP).
2. Esta misma definición ha sido aceptada, con ligeras desviaciones, por la legislación nacional española a través de la Orden de Presidencia de Gobierno sobre prevención marina provocada por vertidos desde buques y aeronaves (B.O.E. 4 de Junio de 1976), que la define como:

*"la introducción de sustancias o energía que pueda constituir un peligro para la salud humana, perjudicar los recursos biológicos y la vida marina, reducir las posibilidades de esparcimiento y obstaculizar otros usos legítimos de los mares."*

3. Para la legislación europea, el Consejo de las Comunidades estableció (D.O.C.E. n°L 29/7 del 18 de Mayo de 1976, p.166) como contaminación del mar:

*"el vertido de sustancias o de energía efectuado por el hombre en el medio acuático, directa o indirectamente, que tenga consecuencias que puedan poner en peligro la salud humana, perjudicar los recursos vivos y el sistema ecológico acuático, causar daños a los lugares de recreo u ocasionar molestias para otras utilizaciones legítimas de las aguas."*

4. En su documento "La prevención de la Contaminación del Mar". *La OMI al día. Doc.IMO J/2866/Rev.1*. Londres, Marzo 1988. p.1.

5. El aporte de materia orgánica beneficia a los vegetales fotosintéticos, llegando a niveles de eutrofización de las aguas cuando los niveles son elevados. Ello implica la llamada "sobreprducción primaria" que desequilibra los ecosistemas. En definitiva la energía almacenada no pasa del nivel primario al secundario, por falta de consumidores. Tampoco pasa a los siguientes niveles lo que incrementa el riesgo de anoxia.

6. Densidad de 100 millones de células por litro de agua. (Greenpeace, 1991).

7. Los metales pesados como sustancias minerales no nutritivas generan la inhibición de los procesos fisiológicos, algunos tan importantes como la fotosíntesis. El Plomo, por ejemplo, es un inhibidor de enzimas y genera una serie de alteraciones al metabolismo celular. En otros metales, su contaminación estriba en que difícilmente pueden ser eliminados del organismo, es el caso del Cadmio, que se acumula al llegar al hombre en riñones e hígado.

8. El caso más evidente en España fue la Bahía de Portman. Durante treinta años la Empresa Peñarroya había generado 7000 toneladas de fango tóxico compuesto fundamentalmente de plomo y zinc. En este caso Greenpeace puso en marcha una campaña de protesta en 1987, que culminó en 1990 con la detención de los vertidos.

9. Contaminantes provenientes de la combinación del Cloro con materia orgánica.

10. Los pesticidas pueden ser de diferentes tipos: organoclorados, organofosforados, carbamatos, mercuriales, etc. y su proceso de contaminación pasa por las siguientes fases:

- 1° absorción por tierra;
- 2° acceso al mar por:

- a) aguas residuales urbanas,
  - b) lluvia/rfo,
  - c) y erosión/evaporación vfa atmósfera/precipitación;
- 3º procesos en el mar:
- a) constitución de una capa superficial/precipitado,
  - b) y disolución en organismos marinos.

11. Este mismo Informe O.M.S. recomendaba como medidas preventivas para el vertido de aguas residuales las siguientes medidas:

- Depuración.
- Estudio de la dilución y la dispersión de los contaminantes.
- Estudio meteorológico que incluya una modelización del régimen de corrientes.
- Y que el vertido se produzca más allá de la termoclina y con difusor elevado respecto al fondo.

# 2

## **Normativa General sobre Contaminación Marina: Convenios Internacionales.**

---

### **2.1 Introducción.**

A pesar de que el problema de la contaminación del mar por buques mercantes es ya tratado por diversos países en el período de entre guerras (1920-1930)<sup>1</sup>, la primera Normativa Internacional, plasmada en forma de Convenios y Acuerdos, para la prevención de la contaminación, no aparece hasta los primeros años de la década de los cincuenta.

Trás la Segunda Guerra Mundial, se plantea la necesidad de dotar a la comunidad internacional de instrumentos de prevención y lucha contra la contaminación en general, y marina en particular. El primer factor de riesgo lo constituía el aumento del transporte por mar debido a la recuperación económica de los países occidentales. Pero el problema se acrecentaba en la medida que las normas a elaborar debían de ser muy particulares, extremadamente detalladas para ser suficientes (Blanco Bazán, 1987). Mientras la legislación sobre Seguridad Marítima se remonta al primer Convenio SOLAS de 1914, en aspectos de Protección del Medio Marino, solo hasta el año 1954 no se establece la primera Normativa Internacional y ello se debía a un aspecto legal muy importante: la costumbre universal de utilización del mar como vertedero. Legislar contra esa costumbre y a favor de una intervención de los Estados costeros en alta mar para preservar sus legítimos derechos, ha sido el camino emprendido por la comunidad internacional (y la IMO como agencia de la ONU especializada) durante los últimos treinta años. A pesar de ello, han sido los accidentes marítimos los que han marcado la pauta en este proceso de concienciación: primero fue el *Torrey Canyon*, posteriormente el *Amoco Cádiz* en los setenta y finalmente (1989) el *Exxon Valdez* en las aguas de Alaska.

A continuación veremos de forma sintetizada la relación de estos instrumentos.

## 2.2 Convenio Internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos (OILPOL 1954).<sup>2</sup>

El 12 de Mayo de 1954 se firma el primer Convenio Internacional de prevención de la contaminación marina por hidrocarburos. Entró en vigor para la comunidad internacional firmante el 26 de Julio de 1958. España tuvo que esperar algo más, hasta el año 1964.<sup>3</sup> El objeto principal de este convenio era la prevención de la contaminación operacional (limpieza de tanques y descarga de desechos oleosos de los espacios de máquinas). Se trataba fundamentalmente de frenar la costumbre generalizada en los buques petroleros de verter el agua de lastre contaminada, debido a las adherencias de hidrocarburos en las paredes de los tanques de carga, así como la limpieza mediante chorros de agua a presión de estos espacios. Se fijaban una serie de conceptos que en cierto modo se verían reflejados en los actuales Convenios:

- el de "zonas prohibidas": lugares en los cuales por sus características especiales (mayor contaminación, mayor concentración industrial, por ser una zona cerrada, etc.) los criterios para los vertidos de hidrocarburos eran más severos;
- la obligación de los países de establecer instalaciones de recepción de residuos procedentes de las operaciones con buques tanque;
- el vertido debe realizarse, en caso de estar autorizada la zona, en unas cantidades determinadas de número de litros por milla recorrida;
- y se establece la obligatoriedad del oleómetro como referencia (en ppm) de los vertidos descargados.

El Convenio fue enmendado en los diversos períodos de sesiones de la entonces IMCO: el año 1962, 1963, 1965, 1967,... En la enmienda de 1969 a este Convenio se adoptó el Procedimiento de carga sobre residuos (LOT) que consistía de forma somera en lo siguiente: en una travesía con lastre a bordo, un buque tanque toma agua de lastre (lastre de salida) en tanques de carga sucios; se lavan otros tanques de carga para tomar agua limpia (lastre de llegada); las lavazas de los tanques se bombean a un tanque especial de decantación; después de algunos días el lastre de salida se asienta y los hidrocarburos flotan en la superficie, puede descargarse entonces el agua limpia que está por debajo, en tanto se toma el agua de lastre de llegada; la capa superior del agua de lastre de salida se transfiere al tanque de decantación, después de un ulterior asiento y descarga, se toma el próximo cargamento sobre los restos de los hidrocarburos que quedan en el tanque de decantación; de ahí la expresión de "carga sobre residuos" (Doc.IMO J/2741, 1986).

Todas estas especificaciones sirvieron de base para la elaboración del actual Convenio MARPOL 73/78 en lo referente a la contaminación por hidrocarburos (en el Anexo I).

### 2.3 Convenio Internacional relativo a la intervención en alta mar en casos de accidentes que causen una contaminación por hidrocarburos (INTERVENTION 1969).<sup>4</sup>

Trata de establecer las normas de intervención para que los Estados puedan tomar medidas en alta mar para prevenir, mitigar o eliminar todo peligro grave o inminente contra su litoral o intereses conexos. En cierta medida se trataba de que los países tuviesen herramientas legales, internacionales, para intervenir fuera de aguas territoriales. La intervención que autoriza el Convenio es una aplicación al mar del principio jurídico de legítima defensa. El desastre de *B/T Torrey Canyon* fue el detonante de este Convenio ya que puso en evidencia lo legislado sobre esta materia y la falta de acuerdos internacionales. En cualquier caso el Estado costero debe notificar esta intervención al Estado pabellón del buque y a todas las personas físicas y jurídicas involucradas.

La decisión de intervenir vendrá dada en función de las siguientes características del siniestro (según IMO en su *Manual sobre la contaminación ocasionada por hidrocarburos. Parte III*, 1983):

- tipo y cantidad de contaminante;
- las circunstancias del siniestro;
- las condiciones meteorológicas (existentes y pronosticadas);
- el alcance y la fuerza de las mareas y corrientes;
- la disponibilidad de equipo de salvamento y personal especializado;
- y otros posibles factores particulares.

### 2.4 Convenio Internacional sobre responsabilidad civil nacida de daños debidos a contaminación por hidrocarburos (CLC 1969).<sup>5</sup>

Establece las reglas y procedimientos para dirimir toda cuestión de responsabilidad y prever una indemnización adecuada para las personas que sufran daños debido a contaminación por hidrocarburos. Se sigue el principio de buque contaminante-buque pagador. El importe al cual se obliga a los armadores a asegurar sus buques (mayores de 2000 TRB) es de 2000 francos/Tonelada Registro Bruto, con un máximo de 210 millones de francos en total. Estas consecuencias económicas deben ser soportadas tanto por el naviero como por el cargador.

El CLC'69 puede considerarse como el primer instrumento adoptado internacionalmente para asegurar el pago de indemnizaciones, pero nó el único, ya que paralelamente a este derecho, existen otros mecanismos que se han ido desarrollando en los últimos años.

## 2.5 Convenio Internacional sobre la constitución de un fondo internacional de indemnización de daños debidos a contaminación por hidrocarburos (FUND 1971).<sup>6</sup>

Establece un conjunto de normas para crear un sistema de compensación e indemnización complementario al establecido por el anterior CLC'69. Al limitar el Convenio de Responsabilidad Civil la cuantía de ésta, se hacía necesario con el objeto de proporcionar una indemnización adicional, el crear un Fondo que se nutriese de las contribuciones de los importadores de hidrocarburos.

Tanto el CLC como el FONDO son Convenios Internacionales que no deben confundirse con los regímenes voluntarios establecidos por los armadores de buques tanque en el Acuerdo TOVALOP (*Tanker Owners Voluntary Agreement concerning Liability for Oil Pollution*) y el Contrato adicional CRISTAL (*Contract Regarding a Supplement to Tanker Liability for Oil Pollution*), que se establecen especialmente con el propósito de que se puedan asumir el aumento cuantitativo de las indemnizaciones.

## 2.6 Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (VERTIMIENTO 1972).<sup>7</sup>

Aunque no se trata de un Convenio IMO como tal, sino que fue adoptado por una Conferencia convocada por el Reino Unido, la IMO ha asumido su Secretaría en el momento de la entrada en vigor. Contiene las reglas para la prevención de la contaminación del mar por vertidos de diversos desechos producidos en tierra.

El Convenio define el vertimiento como:

*"toda evacuación deliberada en el mar de desechos u otras materias efectuadas desde buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones en el mar, así como todo hundimiento deliberado en el mar de buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones."*

En general los vertimientos de desechos están prohibidos salvo regulación expresa de este Convenio, requiriéndose en este caso permisos especiales. Las operaciones deben llevarse a cabo de acuerdo con unos criterios también establecidos por el Convenio de VERTIMIENTO'72.

Desde el 1 de Enero de 1994 ha entrado en vigor la prohibición definitiva a nivel internacional de efectuar vertidos radioactivos e industriales al mar, modificándose considerablemente lo firmado en Londres hacía veintidos años. El problema de esta medida es la dudosa implantación en países industrializados como Francia, China, Rusia o el Reino Unido que se

abstuvieron en las votaciones por lo que existe una cierta ambigüedad respecto al grado de vinculación en la prohibición de estos vertidos.

## **2.7 Convenio Internacional para la prevención de la contaminación marina provocada por vertidos desde buques y aeronaves (OSLO 1972).<sup>8</sup>**

Establece las Reglas para impedir la contaminación del mar por desechos vertidos por los buques y aeronaves. Se aplica a los países ribereños del Atlántico Norte y Nordeste (excluyendo el Mar Báltico).

Inicialmente la Convención de Oslo ha conseguido parar los vertidos industriales al mar a través de un cronograma de implantación que ya ha dado su frutos: la incineración en el mar de residuos fue prohibida y parada en 1991, los residuos industriales están prohibidos en el Mar del Norte y se prohibirán en 1995 para los países del Atlántico NE, de cualquier modo en 1998 quedarán todos los vertidos desde tierra al mar prohibidos en el citado marco regional.

Este Convenio tiene continuidad en acuerdos conjuntos con el de París de 1974 (Consúltese en este mismo Capítulo).

## **2.8 Convenio Internacional para la prevención de la contaminación por buques (MARPOL 1973/1978).**

EL Convenio Internacional para la prevención de la contaminación por buques, generalmente conocido como MARPOL'73/78 representa la apuesta más fuerte de la Organización Marítima Internacional en su propósito por regular los medios técnicos que minimicen los vertidos de contaminantes al mar.

Un hecho ineludible en este Convenio es que se parte de los principios establecidos por el OILPOL 54, así la primera Resolución adoptada por la Conferencia Internacional del año 1973 establecía que:

*"Considerando la importancia del Convenio Internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, de 1954, por haber sido el primer instrumento multilateral concertado con la primordial finalidad de preservar el medio y apreciando que dicho Convenio ha contribuido a proteger los mares y el medio costero contra la contaminación (...)"*

Con el Convenio MARPOL 73/78, y por primera vez, se englobaba en un Convenio todas las posibilidades existentes de contaminación del mar. Este abanico de posibilidades

cristalizaba en sus cinco Anexos técnicos, de los cuales sólo uno no ha entrado en vigor (el IV):

Anexo I	Hidrocarburos.
Anexo II	Sustancias nocivas líquidas transportadas a granel (químicos).
Anexo III	Sustancias perjudiciales transportadas en bultos (contenedores).
Anexo IV	Aguas sucias.
Anexo V	Basuras.

Cada uno de estos anexos será estudiado de forma independiente en los siguientes capítulos en función del agente contaminante.

En esta fecha, 1973, tiene lugar también la firma del acuerdo de creación de un organismo especializado sobre prevención de la Contaminación, dentro de la IMO, y con cuerpo de Comité: el COMITE DE PROTECCIÓN PARA EL MEDIO MARINO (MEPC) (en la Resolución IMO 297 (VIII) 13-23 Noviembre 1973).

## **2.9 Convenio para la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación (BARCELONA 1976).<sup>9</sup>**

Este Convenio recopila las reglas de prevención y lucha contra la contaminación específicas de la zona del Mar Mediterráneo, con el objeto de proteger y mejorar el medio marino de esa zona tan afectada. Su origen se encuentra en la reunión (celebrada, claro está, en la ciudad de Barcelona) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente que tuvo lugar el mes de Enero de 1975. En la misma se acordaron algunos de los programas de protección del Mar Mediterráneo que hoy día son realidad, como la creación de un centro de respuesta a emergencias marítimas por contaminación, el actual REMPEC,<sup>10</sup> con base en Manoel Island (Malta) También se aprobó, en el año 1976, el Convenio a que nos estamos refiriendo, más dos protocolos, y en dos años más tarde un tercer protocolo, y finalmente en 1982 un cuarto protocolo.

Gracias al Convenio de Barcelona se ha desarrollado un estudio científico sobre las relaciones existentes entre las actividades industriales que se desarrollan en los márgenes del Mediterráneo y sus efectos y que lleva el nombre de "Plan Azul para el Mediterráneo".

## **2.10 Convenio para la prevención de la Contaminación de origen terrestre (PARIS 1974).<sup>11</sup>**

Se trata de otro instrumento más en la prevención y lucha contra la contaminación del mar por sustancias o energías de origen terrestre.

La Comisión del Convenio de París ("*Paris Commission*") regula y controla los niveles de estas sustancias (y energías) contaminantes vertidas al mar via atmósfera y con procedencia terrestre: ríos, oleoductos, descargas directas y plataformas petrolíferas (off-shore). También estudia y regula la contaminación producida por la acumulación de nutrientes.

En 1987, en Londres, tiene lugar la Segunda Conferencia Internacional para la protección del Mar del Norte, donde las Comisiones respectivas, de los Convenios de Oslo y París acuerdan establecer, junto al Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES) el *Task Force* del Mar del Norte, como medio de investigación y lucha contra la contaminación del Mar del Norte. En 1993 dicho organismo presenta su primer informe sobre el estado del Mar del Norte (*Quality Status Report of the North Sea*).

En 1992 tiene lugar en París la reunión interministerial de las Comisiones de París y Oslo, con la participación de las Comunidades Europeas, acordando la firma de un nuevo Convenio para la protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste. A partir de este año y de forma anual se desarrollan los llamados Planes de Acción Conjunta de París-Oslo, que incluyen un listado de actividades a desarrollar en materia de prevención, investigación, información, y lucha contra la contaminación.

### **2.11 Convenio de las Naciones Unidas sobre el derecho del Mar (DERECHOS DEL MAR ó MONTEGO BAY 1982).**

Prevee una serie de medidas y disposiciones (Parte XII) sobre protección y conservación del medio ambiente marino.

### **2.12 Ley de Contaminación por Petróleo de los Estados Unidos -Oil Pollution Act- (OPA 1990).**

Aunque se trata de una ley nacional puede afectar y afecta, de hecho, a la construcción naval internacional ya que establece una serie de requisitos más severos de prevención de la contaminación. Esto se debe principalmente a que afecta no sólo a los buques tanque que operen dentro de las doce millas de agua territorial norteamericana, sino que su alcance llega a las 200 millas de Zona Económica Exclusiva (ZEE), de hecho estos buques en tránsito deberán tener cubierto también un fondo de responsabilidad. Incluso, la OPA establece en su articulado la posibilidad de llegar a prohibir la entrada de un buque de un país que considere que su legislación no establece exigencias mínimas de prevención de la contaminación.

Su origen como la de todos los convenios internacionales de carácter preventcionista surge como consecuencia de una desastre, en este caso de un cúmulo de desastres ecológicos

en poco tiempo (1989-1990) en las costas de los EE.UU.: el *Exxon Valdez*, el *Nautilus*, y el *Mega Borg*. Una cuestión importante de la OPA es que sólo considera agente contaminante al petróleo. De modo sucinto esta Ley pretende de forma muy escueta (Salgado, 1991):

- el aumento de los límites de responsabilidad a nivel federal según la Tabla I (no aplicando la Ley federal de 1851 sobre limitación de responsabilidad a las reclamaciones debidas a contaminación por hidrocarburos)<sup>12</sup> llegando a establecer responsabilidad ilimitada para determinados casos;
- se regula el horario de trabajo de forma que se limite el tiempo de riesgo,<sup>13</sup> y se endurece el castigo civil o penal por negligencia de armadores o tripulantes;
- la construcción de doble casco, doble fondo o doble costado para todos los buques tanques con veinticinco años de vida <sup>14</sup>;
- y establece planes de contingencias propios de cada buque.

Finalmente cabe decir de la OPA, que puede incluso endurecerse con la legislación particular de cada Estado de la Unión, como ocurre de hecho con la de California.

**Tabla I**

Limites de responsabilidad en la OPA'90.

Hasta 1667 TRB	2 millones U.S.\$
Entre 1668 y 3000 TRB	2 millones U.S.\$ + 1.200 \$/Tonelada en exceso de las 1667 TRB
Entre 3001 y 8333 TRB	10 millones U.S.\$
Más de 8333 TRB	10 millones U.S.\$ + 1.200 \$/Tonelada en exceso de las 8333 TRB
SI NO ES BUQUE TANQUE	500.000 U.S.\$ de hasta 833 TRB + 600 \$/Tonelada en exceso.
La limitación podrá ser rota por determinados preceptos establecidos en la OPA.	

*Elaboración a partir de la Ley.*

### **2.13 Convenio Internacional sobre la Preparación y la Lucha contra la Contaminación por hidrocarburos (1990).**

Aprobado el 30 de Noviembre de 1990, aún no ha entrado en vigor, tiene su origen también en los once millones de galones de crudo vertidos por el *Exxon Valdez* en Alaska. De hecho los países marítimos se vieron obligados a mejorar sus políticas de prevención y de actuación frente a un derrame de estas características. En principio se acordó una Resolución de la IMO, la A.674(16), aprobada siete meses después de la catastrofe, titulada "Cooperación Internacional sobre la preparación y la lucha contra la contaminación por hidrocarburos", que instó al Comité de Protección del Medio Marino de la propia IMO para que elaborase el Convenio. Un año más tarde se aprueba este último Convenio, cuya característica más importante es la respuesta a una emergencia, instando a los países a sistemas propios de preparación y lucha contra la contaminación, especialmente en el marco de acuerdos regionales. Se trataba de agilizar los mecanismos de intercambio de medios e información. Las dificultades del Convenio del 90 estriban en los problemas de los países en vía de desarrollo para dotarse de medios humanos y técnicos que permitan poder acogerse a dichas exigencias (Cruz, 1990).

### **2.14 Acuerdos Regionales de cooperación sobre contaminación.**

#### **Acuerdo de Bonn.**

Es el Acuerdo regional de cooperación en materia de lucha contra la contaminación más importante de los existentes. En la actualidad se encuentra en vigor el Segundo Acuerdo de Bonn de 1983, pero existió un Acuerdo precedente en 1969. Es aplicable a casos de contaminación no sólo por contaminación de hidrocarburos sino por sustancias perjudiciales de otro tipo,<sup>15</sup> pero en el marco regional del Mar del Norte. El Acuerdo de Bonn establece obligaciones entre las partes relativas a vigilancia de las zonas de responsabilidad de cada país, información de incidentes, e intercambio de tecnología y medios de prevención y lucha contra la contaminación del mar. En definitiva sienta las bases de la cooperación de los países ribereños del Mar del Norte. Para ello se ha constituido el OTSOPA o Grupo de Expertos en lucha contra la contaminación (Pardo, 1993).

#### **Acuerdo de Lisboa.**

Surge como todos los acuerdos y convenios marítimos después de una catástrofe o sucesión de ellas. En este caso fueron los buques *Khark V* y *Aragón* los que evidenciaron la falta de acuerdos regionales en la fachada atlántica europea. Fue firmado en Lisboa por la CEE, España, Portugal, Francia y Marruecos, pero aún no ha entrado en vigor. En cierto modo viene a tratarse de un acuerdo paralelo o similar al del Mar del Norte, firmado en Bonn, con objetivos muy parecidos.

## 2.15 Política de la Unión Europea sobre contaminación marina: El Plan de Acción Comunitario.

La primera Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas que afecta a la prevención y lucha de la contaminación marina no se firma hasta el año 1976, aunque con anterioridad, el Tratado de Roma dejaba esbozada unos principios generales, quizás demasiado generales, de tipo conservacionistas del medio ambiente. Esta Directiva, la 76/464 trata de la contaminación causada por determinadas "*sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad*", y establece a modo de listado aquellas sustancias perjudiciales por su toxicidad. Es sin duda una Directiva marco que a lo largo de los últimos años se ha desarrollado en otras Directivas particulares. Así el Consejo se ha pronunciado en Convenios como el del Mediterráneo, y ha formado parte de los últimos acuerdos firmados como el de Lisboa. También ha tomado resoluciones específicas de protección, como la firmada el año 1977 sobre vertidos en el Rin. El *Plan de Acción Comunitario*,<sup>16</sup> desarrollado por la Unión Europea ha puesto en marcha también mecanismos regionales de lucha contra la contaminación. El Plan ha previsto el establecimiento de órganos de expertos, la "Task Force", integrada por miembros nacionales designados por los diferentes países e integrado por personas de experiencia acreditada en la lucha contra la contaminación designadas por Bruselas, a través de la Dirección correspondiente.<sup>17</sup> La Comunidad ha firmado, a su vez, diversos convenios sobre pesca y medio ambiente marino con países vecinos como es el caso último de Islandia.<sup>18</sup>

---

Dentro del marco europeo se han firmado otros acuerdos regionales como el de Helsinki para la cooperación en el Mar Báltico. También los países del Caribe firmaron en Cartagena de Indias otro acuerdo regional que entre otros ha fructificado en las Enmiendas del MARPOL para que sea considerado el "Gran Caribe" como zona especial a efectos del Anexo V. Además de esta relación de Convenios existen otros instrumentos que están relacionados de forma puntual con algunos aspectos de la prevención o lucha contra la Contaminación del Mar. Por ejemplo el Convenio Internacional sobre normas de formación (...) de 1978, que incluye normas de entrenamiento y requisitos de titulación. También en el seno de la IMO se han aprobado a su vez otra serie de Resoluciones, Recomendaciones y Directrices (del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC), de la *London Dumping Convention (LDC)*,...).

### **Anexo. La Contaminación Marina y la Ley de Costas: Los vertidos al mar procedentes de descargas con base en tierra.**

Debido a la importancia de la Ley de Costas en el desarrollo de la legislación medioambiental, especialmente del litoral marino, incluimos este Anexo con el fin de sentar las

bases en las que se asienta la normativa nacional de control de vertidos al mar procedente de tierra. Esta legislación tiene tres puntos de apoyo:

- la Ley de Costas de 1988;<sup>19</sup>
- el Reglamento General de desarrollo de la Ley;<sup>20</sup>
- y la Normativa general sobre vertidos de sustancias peligrosas desde tierra.<sup>21</sup>  
y <sup>22</sup>

Y basa su filosofía prevencionista en que todos los vertidos requieren autorización de la Administración. El peticionario del vertimiento debe justificar la imposibilidad de tratar o eliminar los vertidos, y cumplir una serie de condiciones entre las que enumeramos a continuación (Art.57 Ley Costas):

- plazo de vencimiento no superior a treinta años;
- instalaciones de tratamiento, depuración y evacuación necesarias;
- volumen anual de vertido;
- límites cuantitativos del vertido y plazos, si proceden, para la progresiva adecuación de las características del efluente a los límites impuestos;
- evaluación de los efectos sobre el medio receptor, objetivos de calidad de las aguas en la zona receptiva y previsiones que, en caso necesario, se hayan de adoptar para reducir la contaminación;
- y canon de vertido.

Se exige un estudio hidrogeológico que en los casos en que los vertidos puedan propiciar la infiltración o almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar las aguas o capas subterráneas, con el fin de justificar la inocuidad de los contaminantes (Art.59 Ley Costas).

Aunque la Ley de Costas no afecta (y así se establece) la contaminación desde buques, si menciona (Art.60 Ley Costas) la obligatoriedad de fijar instalaciones de recogida de residuos en las refinerías de petróleo, en factorías químicas y en general en infraestructuras relacionadas con el transporte marítimo (abastecimiento de combustible, terminales de carga/descarga,...) Así mismo las plataformas e instalaciones dedicadas a la prospección de hidrocarburos en la mar, explotación o almacenamiento deberán contar con los medios precisos para prevenir y combatir los derrames que puedan producirse. La Normativa general sobre vertidos de sustancias peligrosas desde tierra, en su Anexo I establece los Valores límite fijados en las normas de emisión además de los procedimientos de inspección, objetivos de calidad y métodos de medida de referencia. Mientras que en un segundo Anexo se establecen los listados de sustancias (categorías, y grupos). Esta Normativa puede endurecerse con lo que legislen al respecto las Comunidades Autónomas, especialmente con los planes regionales correctores.

## Notas al Capítulo 2

1. Entre los eventos o acuerdos sobre contaminación anteriores al OILPOL se encuentran:
  - La Conferencia de Washington de 1926 (Junio), en la que se pretende establecer acuerdos internacionales de prevención de la contaminación por hidrocarburos y en la que se elaboró un proyecto que determinaba que cada estado ribereño debía establecer una prohibición sobre vertidos a lo largo de sus costas (50'). No hubo acuerdos ni firma de Convenio Internacional.
  - Y la Conferencia de La Haya de 1930 que también preveía el establecimiento de acuerdos internacionales sobre protección del mar, haciendo incidencia especial en el potencial de riesgo que suponían y suponen el paso de buques petroleros.
2. Entró en vigor en 1958. Enmendado en 1962 y 1969. También fue aprobada una enmienda en 1971 pero no llegó a entrar en vigor, al ser sustituido dicho Convenio por el MARPOL 73/78.
3. O.M. 22 de Abril de 1964 (B.O.E. 29 de Julio de 1964).
4. Entró en vigor en 1975 (para hidrocarburos), y su Protocolo en 1983 (para sustancias distintas a hidrocarburos).
5. Aprobado en Bruselas el 29 de Noviembre de 1969, entró en vigor en 1975 y un Protocolo del mismo en 1984.
6. Entró en vigor en 1978 y se amplió el Fondo con el Protocolo que entró en 1984.
7. Entró en vigor en 1975.
8. Entró en vigor en 1974.
9. Entró en vigor en 1978.
10. REMPEC: *Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea* dependiente de IMO-UNEP. En un principio se denominó ROCC: *Regional Oil Combating Centre*.
11. Entró en vigor en 1980.
12. Los daños que pueden reclamarse según la OPA'90 incluyen los recursos naturales y lucro cesante no sólo como resultado de daños físicos sino también por la pérdida de estos recursos. Ello implica que los Clubs P&I no pueden responsabilizarse ante los tribunales de EE.UU. por derrames, ante el peligro que supondría para la propia estructura de la mutua de seguros y reaseguros (Edmond, 1991).
13. En el tema de tripulaciones es de destacar la obligatoriedad de llevar práctico a bordo en todo momento cuando el buque esté en aguas jurisdiccionales de los EE.UU. Si el buque es de un tonelaje superior a las 1600 TRB deberá tener en la cubierta de mando siempre al capitán o primer oficial. Y si supera las 5000 TRB deberá contar además con el apoyo de dos remolcadores.

14. Existe una equivalencia al doble casco contempladas en las nuevas enmiendas del MARPOL que consisten en el sistema denominado *mid-deck*, (de cubierta intermedia) que separa la carga en unos tanques altos, fuera del alcance de una varada, y otros bajos en los que se mantiene una presión inferior a la del mar circundante.
15. En el primer acuerdo firmado en 1969 sólo se hacía mención a la lucha contra la contaminación por hidrocarburos.
16. *Community Action Plan for dealing with massive Oil Spills at Sea.*
17. Dirección General XI: Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil.
18. En el D.O.C.E. N°L 161 del 2-7-1993: *Reglamento 1797/1993 del Consejo, de 24 de Junio de 1993.*
19. *Ley General de Costas de 28 de Julio de 1988.* (Núm.22/1988). B.O.E. 29 de Julio de 1988 (Núm.181)
20. *Reglamento General para el desarrollo y ejecución de la Ley 22/1988, de 28 de Julio.* Real Decreto 1 de Diciembre de 1989 (Núm.1471/1989) B.O.E. 12 de Diciembre de 1989 (Núm.297)
21. *Normativa general sobre vertidos de sustancias peligrosas desde tierra.* Real Decreto de 10 de Marzo de 1989 (Núm.258/1989). B.O.E. 16 de Marzo de 1989 (Núm.64).
22. A su vez existe un normativa comunitaria previa, que es la Directiva del Consejo 76/464/CEE de 4 de Mayo de 1976 relativa a la contaminación causada por el vertimiento al mar de sustancias peligrosas, además de la 86/280/CEE de 12 de Junio de 1986 sobre normas de emisión y las condiciones especiales de control correspondientes al vertido efectuado desde aguas interiores y en el mar territorial de efluentes que contengan sustancias peligrosas.

# 3

## **La prevención de la Contaminación por vertidos de hidrocarburos. (Anexo I MARPOL 73/78)**

---

### **3.1 Introducción.**

Como ya establecimos en el primer Capítulo, la vida en las aguas del mar funciona como un conjunto interrelacionado con el fondo, el agua y el aire de la atmósfera. El sol es la fuente de energía que alimenta al sistema. El fitoplancton constituido por plantas microscópicas se desarrolla gracias a la acción de la luz solar y los nutrientes, y sirve de alimento al zooplancton que es un conjunto de minúsculos organismos, que a su vez son ingeridos por otras especies marinas y así sucesivamente. La descomposición bacteriana de la materia orgánica generada por la vida marina, forma los nuevos nutrientes que son reciclados por el fitoplancton, esto constituye una cadena trófica o alimenticia, uno de cuyos eslabones puede ser roto por la acción de contaminantes sobre la cadena y por lo tanto afectar la vida marina. Finalmente, como muchas aves se alimentan de peces y además el fitoplancton genera oxígeno, esto explica la incidencia sobre la vida terrestre y el temor de que la desaparición de la vida en el mar conduzca a la finalización de todo tipo de vida sobre la tierra.

Además de estas consecuencias los hidrocarburos contienen sustancias cancerígenas cuya presencia en los organismos forma parte de la cadena alimenticia que puede llegar a representar un peligro para el hombre.

Los hidrocarburos crudos tienen características tóxicas muy variadas debido a que son mezclas de compuestos de diferente peso molecular. Los alcanos de mayor peso molecular son los menos tóxicos pero los derivados de grupos aromáticos o cíclicos son bastante tóxicos mencionándose frecuentemente el benzopireno como ejemplo de cancerígenos. El peligro de la descarga continuada de pequeñas porciones de petróleo está en que algunos componentes tóxicos se pueden acumular en los mariscos, moluscos y peces y pasar al hombre en concentraciones peligrosas.

Cada vez son más los autores (Bolt, 1990) que entienden estas consecuencias, las del

vertido de hidrocarburos en el mar, como procesos complejos que afectan desde el turismo y su actividad económica, hasta otros procesos más destructivos por la vulnerabilidad del impacto: comunidades corales, reservas naturales, parques marinos, y ecosistemas costeros en general.

### 3.2 El petróleo.-

Los primeros Convenios Internacionales sobre prevención de la contaminación por hidrocarburos entendían al petróleo de forma general, incluido el propio Convenio MARPOL 73, hasta que en 1978 en el Protocolo de dicho Convenio se incorpora la clasificación existente en la actualidad entre hidrocarburos crudos y productos petrolíferos en general que no sean crudos.

Tampoco se puede hablar de un único petróleo crudo, por el contrario tenemos que distinguir entre diversas mezclas de hidrocarburos de peso y estructura variada. Además de ello hay que considerar que cualquier petróleo crudo incluye al menos un 5% de compuestos no hidrocarburos, fundamentalmente oxígeno, nitrógeno, azufre, etc.

Existen tres grupos químicos fundamentales:

- parafínicos;
- nafténicos;
- y aromáticos.

La variedad entre hidrocarburos incluye diferentes porcentajes y combinaciones de elementos diversos (oxígeno, nitrógeno, azufre, vanadio, níquel, sales minerales). La Organización Marítima Internacional establece la tipología de los crudos en función de parámetros que en algunos casos oscilan significativamente como por ejemplo la viscosidad cinemática, dato tan importante para la lucha contra un vertido, que puede variar desde 3 cSt hasta los 20.000 cSt. A esta variedad de composición se une la de procedencia pues normalmente se habla de crudos con nombre propio: *Nigerian Light*, crudo iraní, mejicano (maya), libio, de Kuwait, o *Tia Juana* por poner un ejemplo significativo.

Esta diversidad de crudos origina a su vez, una gama extensísima de productos petrolíferos. Con el objeto de encasillar los mismos se han establecido una serie de límites que definen estos grupos de productos en: gasolinas, kerosenos, gas-oil, fuel-oil y aceites lubricantes. A su vez para el comercio marítimo se han hecho dos grandes grupos de productos: "*clean*" products y "*dirty*" products, los primeros son productos como su nombre indica, limpios, más ligeros y compuestos por gasolinas y querosenos, mientras que los segundos, son productos más pesados del tipo f.o. Todos los productos, en definitiva, provienen de procesos de evaporación de los hidrocarburos que los componen, así al aumentar la temperatura nos

encontraremos primero los limpios: butano, propano, gasolina, naftas, keroseno y gasoil; y por destilado, los sucios: aceites y fuel-oil.

### *El petróleo y el transporte marítimo.-*

El transporte marítimo de hidrocarburos se encuentra próximo a cumplir su primer siglo,<sup>1</sup> desde los primeros años en que el petróleo se transportaba en barriles en barcos de carga general hasta los actuales petroleros de doble casco. En este período de tiempo se han dado varios puntos de inflexión (Figura 3.1):

- a) el crecimiento de la flota a partir de la Segunda Guerra Mundial;
- b) el desmesurado aumento a partir de los primeros años setenta;
- c) el estancamiento de los setenta y ochenta;<sup>2</sup>
- y d) el débil relanzamiento actual con una racionalización del comercio con mayores criterios de protección del medio ambiente.

En esta evolución histórica hay que destacar la nefasta incidencia del cierre durante ocho años del Canal de Suez (1967-1975) ya que provocó la terrible carrera en la construcción de los buques petroleros de forma desmesurada (la serie de los VLCC y los ULCC), para doblar por el Cabo de Buena Esperanza, y por consiguiente el aumento de los riesgos en los vertidos por accidentes.<sup>3</sup>

La especialización del transporte de hidrocarburos desarrolló prototipos de buques tanques para productos, diferenciados de los de crudos. También en los años del boom petrolero se construyeron diferentes prototipos mixtos que permitían la compatibilidad entre cargas secas a granel y cargas de crudos (OBO),<sup>4</sup> este tipo de buques todavía hoy mueven casi el 10% del crudo mundial (según datos de la *Shell*, 1991).

Los datos elaborados por la misma fuente para 1990 indican (Figura 3.2) que el comercio mundial de crudos sigue dominado por las mismas rutas tradicionales: las zonas de exportación siguen siendo el Golfo y los países árabes con casi la mitad del crudo transportado, seguido muy de lejos de Nigeria, o Venezuela y las de recepción, Europa, EE.UU. y Japón, por este orden. Evidentemente las rutas de estos petroleros siguen siendo salvo variaciones las mismas derrotas, cuestión esta que incide notablemente en la incidencia de la contaminación de tipo operacional.

En estos años de desarrollo, y especialmente a partir de los años sesenta (recordemos que en 1958 se constituye la Organización Marítima Internacional), tiene lugar la actuación conjunta de entidades como la OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*), representante de las compañías petroleras, el Foro E&P (*Oil Industry International Exploration*

*and Production Forum*) de la Industria del Petróleo y la asociación de armadores de buques petroleros ITOFF (*The International Tanker Owners Pollution Federation Ltd.*).

Los precios de los fletes (para buques tanque), también han venido marcados por la incidencia de determinados hechos de carácter político, entre los que tenemos que destacar en las últimas décadas:<sup>5</sup>

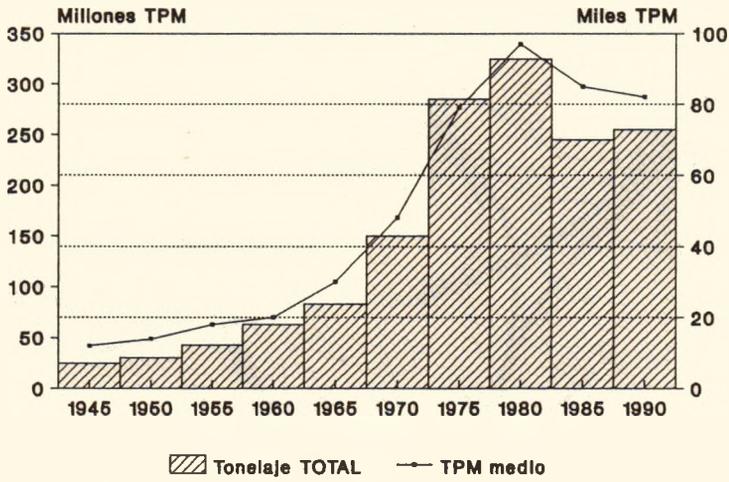
- el comienzo de la Revolución Islámica en el Irán en 1979;
- la guerra Irán-Iraq en 1982;
- la invasión de Kuwait por Iraq en 1990;
- la crisis de los países del Este, especialmente de Rusia en los últimos años.

Hoy día y desde el punto de vista de la explotación, el principal problema se encuentra en las llamadas banderas de conveniencia (Liberia, Panamá, Bahamas,...) que dominan en un porcentaje muy elevado la flota mundial de petroleros, con la consiguiente disminución en los niveles de formación del personal (Figura 3.3) y por tanto en el factor humano de riesgo.

En este campo es muy importante la acción que se pueda desarrollar con la aplicación del Código Internacional de Gestión de la Seguridad Operacional del Buque y la Prevención de la Contaminación (Código ISM). El Código establece un sistema de gestión de la seguridad: el SMS (*Safety Management System*). Este sistema fija la política de seguridad y protección al medio de las compañías navieras, en el sentido de establecer en el mismo:

- los principios generales de seguridad;
- la jerarquía en el sistema y las vías de comunicación entre el personal de tierra y el buque;
- los procedimientos que garantizan esa seguridad y aquellos relacionados con una posible emergencia (notificación de accidentes);
- e incluso los procedimientos internos de auditoría y evaluación propia de la gestión.

Las prescripciones del Código ISM quedarán registradas en un Documento de cumplimiento (DOC) y en un Certificado (SMC) expedido por la Administración o por una Organización reconocida por la misma. Este certificado será obligatorio para los buques de pasaje, buque tanque, buques gaseros y unidades móviles de perforación (offshore) antes del 1 de Junio de 1998. El resto de los buques a partir del 2002.

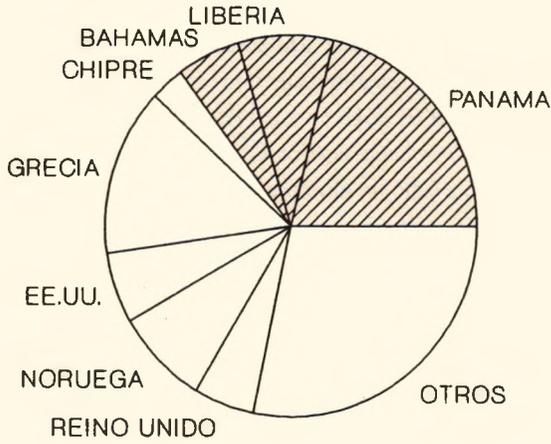


**Figura 3.1**

Evolución de la flota de buques/tanque.

Elaboración a partir de los datos estadísticos del "World Tanker Fleet Review", 1990.





**Figura 3.3**

Proporcionalidad de la flota de buques/tanque por banderas.

Elaboración a partir de los datos estadísticos del "World Tanker Fleet Review", 1990. Se señalan con sombreado los países con banderas de conveniencia.

### 3.3 Fuentes principales de Contaminación Marina por Hidrocarburos.

El propósito de este capítulo era abordar las posibilidades técnicas de prevención de la contaminación por hidrocarburos, en este sentido convendría saber de forma cuantificada las vías o fuentes de contaminación para ello recurrimos en primer lugar a los datos emitidos por la Academia de Ciencias de los EE.UU. en sus Informes sobre el estado de la protección del medio marino (*The state of the marine environment*) publicados en 1975 y 1985 (Figuras 3.4, 3.5 y 3.6). En 1989 se llevó a cabo un último estudio, esta vez del *National Research Council Marine Board* de los EE.UU.

Estos Informes, y de cuya representación gráfica (a partir de las famosas "tartas" de la contaminación) se ha dado una amplia difusión en la prensa especializada nos indican por una parte la disminución progresiva de la contaminación en términos absolutos, de 1.470.000 Toneladas de crudos vertidos en 1981 se ha pasado a 470.000 Toneladas en 1989. La contaminación operacional, fruto de los medios técnicos desarrollados en los buques tanque, ha descendido en el mismo período de tiempo, de 700.000 Toneladas a 158.000. La progresiva implantación de todas las nuevas Enmiendas del MARPOL, con la disminución del tonelaje de los buques tanque permite albergar la esperanza de que las cifras se reducirán aún más.

En cualquier caso se mantiene las mismas vías o fuentes de contaminación marina, y estas son:

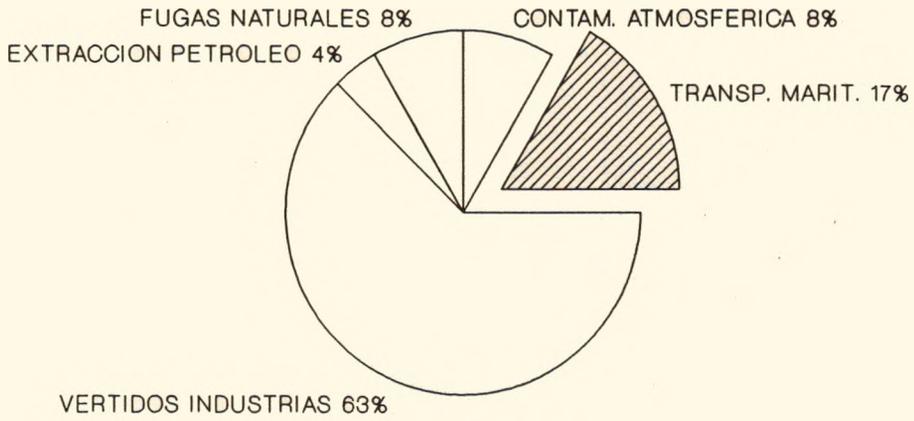
- Filtraciones de pozos petrolíferos en explotación.
- Transporte Marítimo: operaciones habituales.
- Accidentes relacionados con el punto anterior y con operaciones desde tierra.
- Descargas en ríos y cloacas.
- Reactores de combustión interna (a través de la atmósfera)

Fundamentalmente se debe a la descargas realizadas desde tierra y a las operaciones de los buques. La Figura 3.4 muestra los porcentajes de las diferentes causas. Nosotros sólo podemos incidir en el control de las operaciones de los buques (32,3 %) y en cierto modo evitando los accidentes (12 %).

Estudiemos ahora algunas de estas causas y su evolución.

#### a) Accidentes.

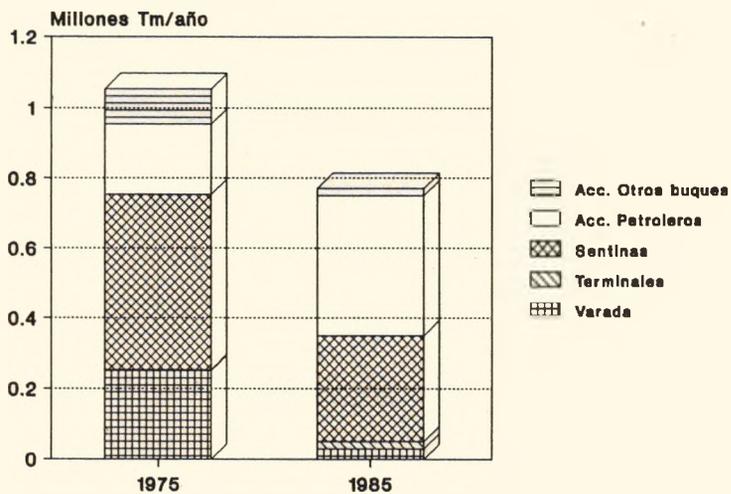
Es quizás, como ya hemos dicho, la más espectacular de las contaminaciones. Han incidido, de hecho, en la legislación vigente y sobre todo en la conciencia del problema. Su gravedad depende de la proximidad del buque siniestrado a la costa, estado de la mar, corrientes, vientos y de la rapidez de acudir con medios eficaces de confinación y recogida.



**Figura 3.4**

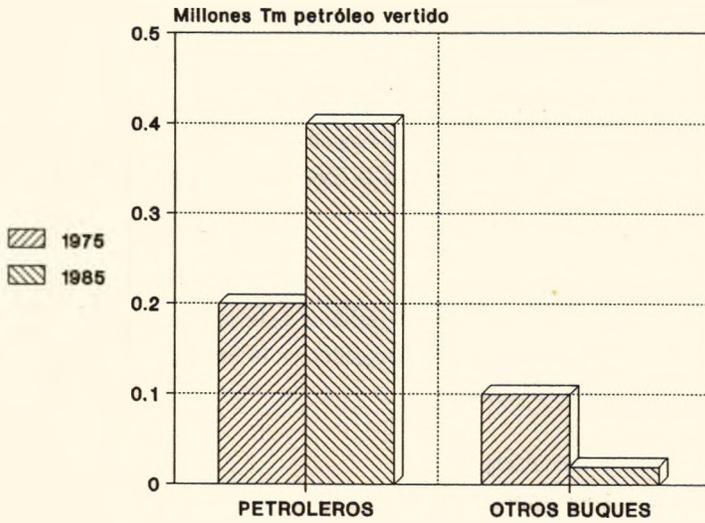
Derrames de petróleo al mar  
Promedio 1980/90

Fuente: "The State of the Maritime Environment", UNEP 1990.

**Figura 3.5**

Datos sobre descargas de hidrocarburos de petróleo en el medio marino.

Elaboración a partir de los datos estadísticos de las encuestas de 1975 y 1985 de la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU.



**Figura 3.6**

Evolución de los Accidentes según tipos de buques  
y relación con el crudo vertido al mar.

Aunque las estadísticas demuestran que se trata de uno de los factores de contaminación en aumento (entre 1975 y 1985 se duplicó) ello se debe a que las pérdidas de sólo algunos buques pueden disparar considerablemente los datos ya que en general los derrames de tipo accidental si que se han reducido notablemente. El tema por tanto sigue siendo el del control en materia de seguridad de los buques potencialmente peligrosos para el medio ambiente, aumentando los niveles de formación de las tripulaciones y los standards o procedimientos de seguridad en la navegación, además de la suficiente infraestructura de apoyo en tierra (torres de control, embarcaciones de salvamento y lucha contra la contaminación, etc.).

b) Desechos.

Es el producido por el deslastrado y residuos de lavado de tanques efectuados en la mar por los buques en ruta. De los estudios efectuados en el mar resulta un mapa mundial de la contaminación que divide las áreas en:

1. Contaminación continuada.
2. Contaminación intermitente.
3. Contaminación potencial.

La coincidencia de zonas contaminadas con las derrotas de los grandes superpetroleros (VLCC y ULCC) empezó a dar la señal de alarma sobre la contaminación de estas operaciones. Hoy día éstos buques (algunos superan los 20 años) no tienen posibilidad económica de adaptarse a las nuevas exigencias de las enmiendas del MARPOL y están destinados a ser desguazados por no disponer de tanques de lastre separado ni lavado con crudo.

c) Refinerías.

Según la estadística del Servicio de Contaminación de la Dirección General de la Marina Mercante, la contaminación por descargas de tierra es la más importante de todas, el 37,7 %. Actualmente se toman medidas de protección que incluyen barreras de diferentes tipos, así como la dotación de buques especializados en la dispersión de hidrocarburos.

d) Plataformas.

Aunque dotadas de medios de vigilancia para evitar los derrames de las extracciones resulta difícil reducir ese 1,5 % de contaminación producida por las plataformas petrolíferas (Gamo Serrano, 1991).

Estos derrames pueden ser accidentales u operacionales. Entre los primeros podemos encontrar:

- i) combustible (de funcionamiento -gas oil-) por rotura del circuito en el trasiego de suministro buque/plataforma;
- ii) lodos de perforación (de base oleosa aunque de baja toxicidad);
- iii) y el hidrocarburo objeto del sondeo de explotación: por una parte el hidrocarburo vertido por fallos en la antorcha de quemado de las pruebas de producción, y por otra, las salidas incontroladas de los fluidos en formación (erupción).

En cuanto a los operacionales:

- i) residuos oleosos procedentes de máquinas y motores que se vierten por escorrentías de las aguas de lluvia o de lavado;
- ii) y los detritos de perforación (cuttings).

e) Buques hundidos.

Son focos permanentes y silenciosos de contaminación, ya que al debilitarse sus tanques afloran su contenido al mar. El gran problema de estos siniestros (buques no dedicados al transporte de mercancías contaminantes) es que no se registran como emergencias marítimas por contaminación y difícilmente se pueden cuantificar su potencialidad como futuro vertido.

### 3.4 Introducción al Anexo I del MARPOL 73/78: Definiciones y Expedición de Certificados.

La herramienta preventiva fundamental a la hora de hablar de la contaminación de los buques sigue siendo sin duda el Convenio MARPOL firmado en Londres el año 1973 y su Protocolo de 1978. Con el transcurrir de los años se va consolidando día a día e incorporándose a él las nuevas medidas que sobre prevención de la contaminación se acuerdan internacionalmente. La incorporación de la llamada aceptación tácita de enmiendas permite de forma suficientemente rápida incorporar los nuevos avances técnicos. El MARPOL 73/78 como ya establecimos en el Capítulo II es un Convenio global que incluye no sólo medidas preventivas de lucha contra la contaminación por vertidos de hidrocarburos sino otros supuestos que se irán desarrollando en este trabajo.

Es de destacar en este preámbulo del articulado del MARPOL, que el Convenio no es aplicable a los buques de guerra ni a las unidades navales auxiliares, ni a los buques que, siendo propiedad de un Estado o estando a su servicio sólo presten por el momento servicios gubernamentales de carácter no comercial. Para este tipo de buques sólo se exige de los países que *"cuiden de adoptar medidas oportunas"* (Art. 3-3 MARPOL 73/78).

Para el Anexo I del *"Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los*

*buques de 1973"* (MARPOL), que trata con exclusividad de la prevención de la contaminación por HIDROCARBUROS, se entiende este concepto como el petróleo en todas sus manifestaciones, incluidos los crudos del petróleo, el fuel-oil, los fangos, los residuos petrolíferos y los productos de refinación (distintos de los del tipo petroquímico que se encuentran enmarcados en el Anexo II).

A efectos del cumplimiento del Anexo I del MARPOL deben tenerse en cuenta una serie de definiciones (Regla 1), algunas de las cuales enumeramos a continuación:

*Petrolero.* Todo buque construido o adaptado para transportar principalmente hidrocarburos a granel en sus espacios de carga, incluyendo, a su vez los buques de carga combinados (hidrocarburos y/o graneles sólidos) y quimiqueros (Anexo II) cuando estén transportando hidrocarburos a granel total o parcialmente. El Protocolo del 78 diferencia entre crudos (hidrocarburos líquidos encontrados de forma natural en tierra) e hidrocarburos que no sean crudos, que se denominan "productos petrolíferos" en general.

*Tanque.* La diferencia fundamental de un buque petrolero de un buque de carga general estriba en el hecho de que el crudo se transporta en espacios sin interrupción (tanques) y por tanto sin entrepuentes. A efectos del MARPOL entendremos tanque como "*todo espacio cerrado que esté formado por la estructura permanente de un buque y esté proyectado para el transporte de líquidos a granel*". Se distinguen los siguientes tipos de tanques:

- a) tanque lateral: adyacente al forro exterior en los costados del buque.
- b) tanque central: situado del lado interior de un mamparo longitudinal.
- c) tanque de decantación: destinado específicamente a recoger residuos y aguas de lavado de tanques y otras mezclas oleosas.

La numeración de los tanques se realiza de proa a popa, distinguiéndose los centrales (C) de los de estribor (S) y de los de babor (P), con las letras anglosajonas correspondientes (*Centre, Starboard, Port*). Los tanques de cargas están intercomunicados por una red de tuberías, disponiéndose de una serie de bombas que establecen las secuencias de carga/descarga de uno o incluso varios productos de propiedades diferentes.

En materia de prevención de la contaminación se diferencian tres tipos de lastres: el lastre sucio (agua oleosa), el lastre limpio y el lastre separado.

*Lastre limpio.* Es aquel que descargado al mar en aguas calmas y limpias en un día claro no produciría rastros visibles de hidrocarburos en la superficie del agua ni en la costa, ni bajo la superficie a modo de fangos o de algún tipo de emulsiones. Se entenderá limpio si no excede el contenido de hidrocarburos de 15 ppm, cuando el lastre descargado se realice a través de un dispositivo de vigilancia y control aprobado por la Administración.

*Lastre separado.* Es el introducido en tanques no destinados ni al transporte de hidrocarburos, ni a combustible para consumo, y que permanentemente se usa como de lastre o cargamentos que no sean ni hidrocarburos ni nocivos. Los tanques de lastre separado son obligatorios a partir de buques tanque de 20.000 TPM si llevan crudos, y a partir de 30.000 TPM si llevan productos petrolíferos.

### **Visitas y Expedición de Certificados MARPOL.-**

Con el objeto de garantizar el cumplimiento de los Convenios Internacionales los buques deben cumplir una serie de reconocimientos que quedan manifestados de forma explícita a través de documento escrito en los llamados Certificados del buque. El Convenio MARPOL prevee estos Certificados así como una serie de inspecciones que garantizarán a lo largo de la vida del buque el cumplimiento de los standards de seguridad y prevención de la contaminación.<sup>6</sup>

Así los buques petroleros con tonelaje superior a las 150 toneladas y los de cualquier otro tipo superiores a las 400 toneladas deben pasar una serie de reconocimientos especificados en el Anexo I del MARPOL<sup>7</sup>. Estos reconocimientos incluyen (Regla 4 modificada):

- \* **RECONOCIMIENTO INICIAL.** Se realiza antes de entrar en servicio el buque, o bien antes de la expedición del certificado. Garantizará que la estructura, el equipo, los sistemas, los accesorios, la disposición estructural y los materiales cumplen con lo dispuestos en el Anexo I del MARPOL. Para ello los Inspectores de la Administración o de las Organizaciones reconocidas por éstas, llevarán a cabo la inspección oportuna de dichas partes.
- \* **RECONOCIMIENTOS PERIODICOS.** Incluirá las mismas inspecciones que el anterior y serán realizados al menos cada cinco años.
- \* **RECONOCIMIENTOS INTERMEDIOS.** Si sólo se realiza una vez, este se hará en los seis meses anteriores y posteriores a la mitad de la duración del certificado e incluirá: equipo, bombas y tuberías, dispositivos de vigilancia y controles de descarga, los sistemas de lavado con crudos, los separadores y los sistemas de filtración.
- \* **INSPECCIONES FUERA DE PROGRAMA.** En buques de aquellos países que no establecen reconocimientos anuales obligatorios. Estas inspecciones garantizarán que el buque y su equipo continúan siendo en todos los sentidos satisfactorios para el servicio a que esté destinado.

Los inspectores que realicen estas Inspecciones y Reconocimientos podrán exigir la realización de reparaciones en el buque. En caso de no tomar de forma inmediata por el buque

las medidas correctivas necesarias, será retirado el certificado MARPOL y notificado a la Administración del país del buque y del Estado rector del puerto.

Cualquier accidente o deterioro que afecte la integridad del buque de acuerdo con lo estipulado en los Reconocimientos, deberá ser informado por el capitán o propietario del buque a la Administración, para que si esta lo considera oportuno realizar una nueva Inspección.

A la realización satisfactoria de las disposiciones sobre Reconocimientos se le expedirá por la Administración el *Certificado internacional de prevención de la contaminación por hidrocarburos*. Podrá ser inspeccionado y expedido el Certificado, por otro Gobierno distinto a requerimientos del Estado del pabellón que enarbola el buque. El modelo, formato y lengua del certificado está establecido por el Convenio.

#### *Libro Registro de Hidrocarburos.-*

Tanto los buques-tanque mayores de 150 ton. como cualquier buque mayor de 400 ton. llevará un Libro Registro de Hidrocarburos, unido o separado del Diario Oficial de Navegación. Permanecerá siempre a bordo y podrá ser consultado por el personal de inspección. Se conservará durante un período de tres años después de efectuado el último asiento. El libro será firmado por los oficiales con responsabilidad en las operaciones que se describan en el mismo, así como del Capitán del buque.

Los asientos y modelos de este Libro Registro de Hidrocarburos estan definidos en la Regla 20 y en el Apéndice III del Anexo I del MARPOL, y en Enmiendas posteriores que entraron en vigor en 1993. En resumen, los datos que han de cubrirse en este libro harán referencia a las operaciones de carga/trasvase/descarga de hidrocarburos, apertura o cierre de válvulas y comunicaciones entre tuberías, tanto de carga como de lastre, lastrado y limpieza de tanques de carga, operaciones con tanques de lastre separado y tanques de decantación, eliminación de residuos, etc.

### **3.5 La Prevención de la Contaminación por vertidos de Hidrocarburos: El control de las descargas.**

El Capítulo II del citado Anexo I del MARPOL 73/78 establece las *Normas para controlar la contaminación en condiciones de servicio*. El anterior Convenio de 1954, abordaba el problema de la contaminación desde dos puntos de actuación: por una parte se establecían "zonas prohibidas" que se extendían a 50' de la costa para vertidos de contenidos superiores a 100 ppm; a la vez que se motivaba a los Gobiernos contratantes a la creación de instalaciones de recepción de aguas y residuos oleosos. Como ya indicamos en anteriores capítulos de este

trabajo, ya en 1969 se aprobó por la IMO el sistema LOT, o de carga sobre residuos. Estas medidas se vieron aumentadas con el Convenio MARPOL de 1973 y su Protocolo de 1978. Las zonas especiales (protegidas),<sup>8</sup> es un concepto mantenido en el MARPOL y aplicado a: el Mar Mediterráneo, el Mar Báltico, el Mar Negro, el Mar Rojo, la llamada "zona de los Golfos" y el Golfo de Adén. A partir de 1993 entró en vigor una nueva zona especial en virtud de una Enmienda de 1991: el Antártico.<sup>9</sup> (Además se han aprobado otras zonas especiales pero a efectos de vertidos de basuras, como el Mar del Norte o el Gran Caribe).<sup>10,11</sup>

En la actualidad y de acuerdo con MARPOL el control de las descargas de hidrocarburos se realiza según el esquema de la TABLA II para las descargas de hidrocarburos desde las zonas de tanques de carga de los buques petroleros, y según la TABLA III para las descargas de aguas oleosas desde espacios de máquinas de todos los buques. Ambas tablas siguen, en cierto modo los siguientes criterios:

1. Se establecen unas características especiales de protección para las llamadas "zonas especiales", en las cuales sólo se pueden vertir aguas oleosas de espacios de máquinas pero no residuos procedentes de lavados de tanques. Llegándose a establecer prescripciones adicionales relativas a equipos especiales e incluso procedimientos especiales para impedir que se descarguen estas mezclas oleosas en estas zonas. Sin embargo a partir de 1984 se flexibilizaron algunas de estas prescripciones (equipo separador, sistemas de vigilancia, y control de las descargas) a consecuencia de que existían determinados buques cuyas navegaciones se desarrollaban sólo en estas aguas especiales.
2. Se establecen diferencias entre zonas costeras y zonas de mar abierto, que en el caso de residuos de tanques es a partir de 50' y en sentinas de 12'.
3. En los casos en que se permiten los vertidos se exigen una serie de condiciones como que el buque esté en ruta y que se cumplan unos requisitos técnicos de medición de los contenidos de hidrocarburos de los efluentes.
4. Los límites de concentración se fijan en 30 litros/milla para vertidos de tanques y en 15 ppm ó 100 ppm para espacios de máquinas (este caso, 100 ppm, sólo es aplicable a buques no-tanque que sean inferiores a 400 TRB y sólo hasta 1998 para buques existentes), diferenciándose en todo caso según la distancia a costa y si se trata o nó de un buque tanque.
5. Se prohíbe el transporte de hidrocarburos en el pique de proa o en un tanque situado a proa. Pero se permite la descarga en el mar por debajo de la flotación desde tanques de lastre separado, tanques dedicados a lastre limpio y desde aquellos en los que cumplan unas condiciones de separación suficientes de agua-hidrocarburo, con el objeto de simplificar los procedimientos de descarga al no necesitar bombas ni tuberías suplementarias.

**Tabla II**

Descargas permitidas de Hidrocarburos.

ZONAS MARITIMAS		Criterios para la descarga
Dentro de una ZONA ESPECIAL		NINGUNA DESCARGA excepto lastre limpio o separado.
Fuera de una ZONA ESPECIAL	A menos de 50 millas de tierra.	NINGUNA DESCARGA excepto lastre limpio o separado.
	A más de 50 millas de tierra.	<p>NINGUNA DESCARGA excepto:</p> <p>a) lastre limpio o separado; o</p> <p>b) cuando:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. el buque tanque esté en ruta; y</li> <li>2. el régimen instantáneo de descarga de hidrocarburos no exceda de 30 litros por milla;<sup>12</sup> y</li> <li>3. la cantidad total de hidrocarburos descargada no exceda de 1/30000 (o 1/15000 en buques existentes) del cargamento total transportado durante el viaje anterior; y</li> <li>4. el buque tanque tenga en funcionamiento un dispositivo de vigilancia y control de descarga de hidrocarburos e instalaciones de tanques de lavazas (como se prescribe en la Regla 1 del Anexo I del MARPOL).</li> </ol>

**Tabla III-a**

Descargas permitidas de Aguas Oleosas desde Espacios de Máquinas: Dentro de Z.E.

<b>ZONAS MARITIMAS</b>		<b>Tipo y tamaño del buque</b>	<b>Criterios para las descargas</b>
Dentro de una ZONA ESPECIAL	En cualquier parte	Petroleros de todos los tamaños y otros buques de arqueo bruto igual o superior a 400 trb.	NINGUNA DESCARGA excepto cuando: 1. el buque esté en ruta; y 2. el contenido de hidrocarburos del efluente sin dilución no exceda de 15 ppm; y 3. el buque tenga en funcionamiento un equipo filtrador de hidrocarburos con un dispositivo automático de detención a 15 ppm; y 4. tratándose de petroleros, las aguas de sentina no procedan de la sentina de la cámara de bombas de carga o no estén mezcladas con residuos de hidrocarburos de carga.
		Buques de arqueo bruto inferior a 400 trb, que no sean petroleros.	NINGUNA DESCARGA excepto cuando el contenido de hidrocarburos del efluente sin dilución no exceda de 15 ppm.

Tabla III-b

Descargas permitidas de Aguas Oleosas desde Espacios de Máquinas: Fuera de Z.E.

ZONAS MARITIMAS		Tipo y tamaño del buque	Criterios para las descargas
Fuera de una ZONA ESPECIAL	A menos de 12 millas de tierra	Petroleros de todos los tamaños y otros buques de arqueo bruto igual o superior a 400 trb.	NINGUNA DESCARGA excepto cuando el contenido de hidrocarburos del efluente sin dilución no exceda de 15 ppm.
		Buques de arqueo bruto inferior a 400 trb, que no sean petroleros.	En la medida de lo posible y razonable, se aplican las condiciones relativas a los buques de arqueo bruto igual o superior a 400 trb.
	A más de 12 millas de tierra	Petroleros de todos los tamaños y otros buques de arqueo bruto igual o superior a 400 trb.	NINGUNA DESCARGA excepto cuando: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. el buque esté en ruta; y</li> <li>2. el contenido de hidrocarburos del efluente sea inferior a 15 ppm;<sup>13</sup> y</li> <li>3. el buque tenga en funcionamiento un dispositivo de vigilancia y control de descargas de hidrocarburos, un equipo separador o filtrador de agua e hidrocarburos y otra instalación prescrita en la Regla 16 (Anexo I del MARPOL); y</li> <li>4. tratándose de petroleros, las aguas de sentina no procedan de las sentinas de la cámara de bombas de carga o no estén mezcladas con residuos de hidrocarburos de carga.</li> </ol>
		Buques de arqueo bruto inferior a 400 trb, que no sean petroleros.	En la medida de lo posible y razonable, se aplican las condiciones relativas a los buques de arqueo bruto igual o superior a 400 trb.

La Regla 19 establece también las dimensiones universales de bridas para las conexiones de descarga de residuos procedentes de las sentinas de máquinas del buque, estas se establecen según la Figura 3.7.<sup>14</sup>

#### *Separadores de Agua e Hidrocarburos.-*

Independientemente de que el buque esté destinado al transporte de crudos o nó, y de que se considere buque petrolero a efectos del MARPOL, éste genera una serie de restos de aceites sucios, gas-oil de limpieza, lodos oleaginosos, derrames o pérdidas en las salas de máquinas, aguas provenientes de pérdidas en los circuitos de tuberías interiores, etc., dando lugar en definitiva, a las llamadas aguas sucias de sentinas (efluentes).

A través del sistema de achique del buque extraemos estos efluentes que por requerimiento de la normativa nacional e internacional de prevención de la contaminación,<sup>15</sup> tendrán que ser tratados a bordo para que en determinadas proporciones podamos verterlos al mar. Este equipo separador, aprobado por la Administración puede consistir según el MARPOL en un separador, un filtro o una combinación de ambos. Los componentes que constituyen el equipo separador son los siguientes:

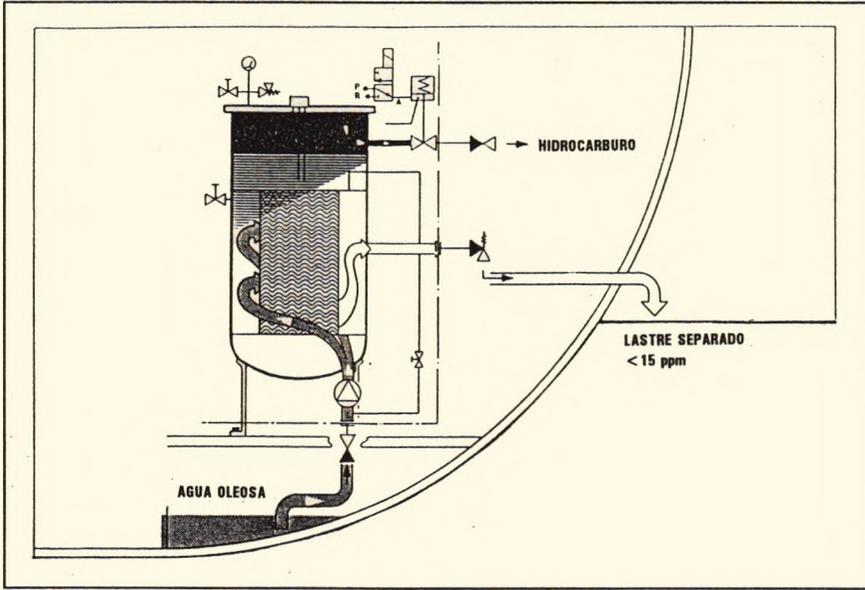
- Conjunto del separador.
- Conjunto motobomba de alimentación o succión.
- Elementos filtrantes.
- Sensores de nivel de aceite y agua.
- Analizador del contenido de aceite.
- Panel de mando.
- Conjunto de válvulas de maniobra.

### Figura 3.7

Brida para las conexiones de descarga de residuos.

Descripción	Dimensión
Diametro exterior	215 mm
Diametro interior	De acuerdo con el $\emptyset$ ext. del conducto.
Diámetro del círculo de pernos	183 mm
Ranuras en la brida	6 agujeros de 22 mm de $\emptyset$ equidistante colocados en el círculo de pernos del $\emptyset$ citado y prolongados hasta la periferia de la brida por una ranura de 22 mm de ancho.
Espesor de la brida	20 mm
Pernos y tuercas: cantidad y diámetro	6 de 20 mm de $\emptyset$ y de longitud adecuada.

La brida estará proyectada para acoplar conductos de un diámetro interior máximo de 125 mm y será de acero u otro material equivalente con una cara plana. La brida y su empaquetadura, que será de material inatacable por los hidrocarburos, se calcularán para una presión de servicio de 6 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 3.8**

Equipo separador  
(Diagrama de flujo).

### *Hidrocarburos.*

También denominado oleómetro, que como su nombre indica son capaces de activar un mecanismo de alarma cuando el contenido en ppm del efluente supera los mínimos requeridos por MARPOL (100 ppm, ó 15 ppm). Estos medidores pueden ser de distintos tipos:

#### 1.- Hidrocarburos por absorción de luz visible.

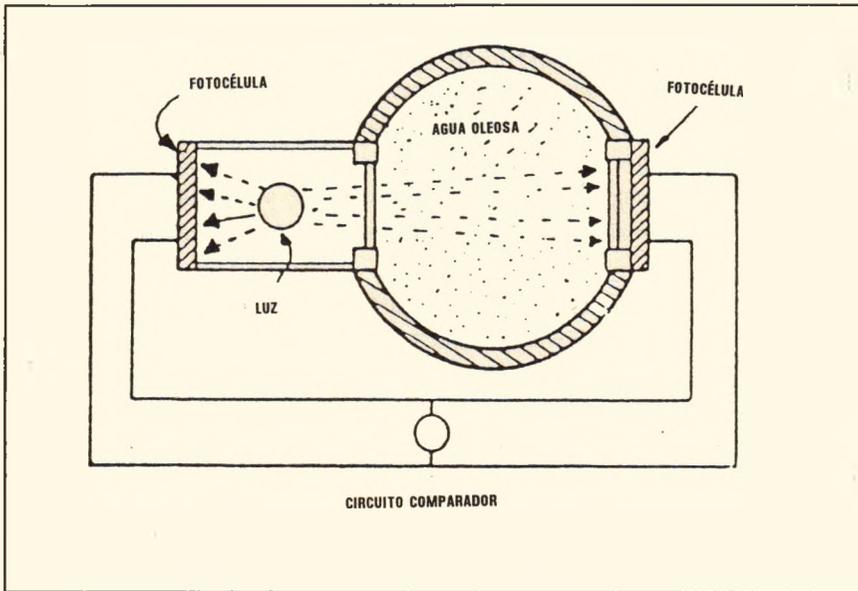
En este tipo de dispositivo el efluente pasa por un tubo de cristal donde es colocado un haz luminoso, de forma que las variaciones de éste debidas a los contenidos de aceite provoca a través de una fotocélula (que a su vez tiene una de referencia o de calibración) la medición de la cantidad de hidrocarburo presente en el efluente.

#### 2.- Hidrocarburos por dispersión de la luz.

Se basan en la propiedad que tienen las partículas de expandir la luz. Existe una proporcionalidad entre los ratios de cantidad de luz expandida y número de partículas presentes en la mezcla. La medición o comparación entre la luz esparcida y transmitida nos proporciona a través de un mecanismo de disco giratorio y mediante tubos de fibra óptica que envían señales luminosas hacia una fotocélula, obtenemos el contenido de efluente de salida.

#### 3.- Hidrocarburo por técnicas de fluorescencia ultravioleta.

En términos generales su funcionamiento se basa en la exposición de la muestra de efluente contaminado a un haz de luz ultravioleta, pues al reaccionar las partículas de aceite emitirán fluorescencias que ampliadas (fotomultiplicador) y amplificadas nos marcarán el nivel de contaminación existente.



**Figura 3.9**

Oleómetro: Analizador de aceite por absorción  
(Circuito comparador).

### 3.6 La construcción de los buques tanque en relación a la prevención de la contaminación.

La Regla 15 del citado Anexo I del MARPOL establece que los petroleros serán contruidos y equipados de forma que puedan operar con el sistema de carga sobre residuos y retener a bordo los residuos oleosos hasta que puedan ser descargados en las instalaciones de recepción en tierra por lo que se requiere la existencia de tanques de decantación, de detectores de interfaz hidrocarburos/agua, de sistemas de vigilancia y control de las descargas de hidrocarburos y de la adecuada disposición de sistemas de bombas y tuberías.

En cuanto a los buques de arqueo bruto igual o superior a 400 trb, éstos irán provistos de equipo separador de agua e hidrocarburos o de un sistema de filtración para la descarga de las aguas de sentinas de los espacios de máquinas, así como de tanques para la retención de los residuos oleosos procedentes de los separadores y purificadores. Los de arqueo superior a 10.000 trb irán además equipados de sistema de vigilancia y control de las descargas.

Los tanques de carga quedan limitados en función de su disposición, la existencia de dobles fondos, la ubicación de los tanques de lastre limpio, etc., de forma que los tanques centrales no podrán exceder de los 30.000 m<sup>3</sup> y los laterales de 15.000 m<sup>3</sup>.

Es importante que los buques no empleen los tanques de carga como lastre, excepto cuando las condiciones meteorológicas sean muy duras, con el fin de que no se mezclen el agua y los hidrocarburos, por ello los petroleros de peso muerto igual o superior a 70.000 toneladas<sup>16</sup> irán provistos de tanques de lastre separados de suficiente capacidad como para poder operar en los viajes de lastre con seguridad sin necesitar los de carga (Alonso Fernández, 1990).<sup>17</sup>

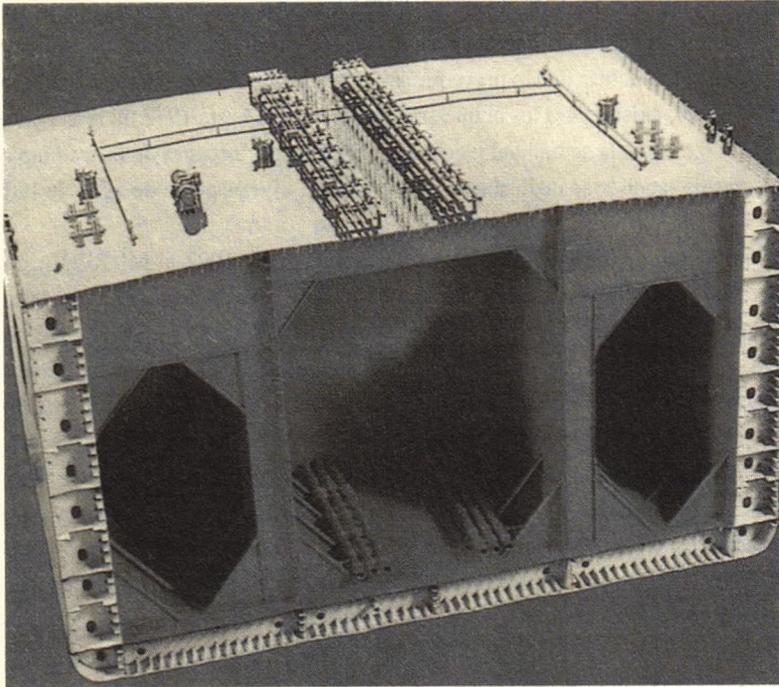
También el MARPOL 73/78 establece disposiciones de compartimentado y estabilidad referentes a los buques tanque, de forma que conserven la flotabilidad en supuestas averías en el fondo y en los costados en función de la eslora del barco.<sup>18</sup>

La innovación más importante del Protocolo firmado en el año 1978 al MARPOL 73 fue, además de la generalización de los buques con tanques de lastre separado, la incorporación del procedimiento de "lavado con crudo",<sup>19</sup> como opción al sistema de "carga sobre residuos" en los buques-tanque existentes y como prescripción adicional para los nuevos buques. Un buque-tanque que transporte petróleo crudo y esté equipado con un sistema de gas inerte,<sup>20</sup> y con equipo de lavado fijo en sus tanques de carga puede usar el petróleo crudo que lleva como carga, como medio de lavado. La acción disolvente de los crudos de hidrocarburo hace que el lavado de los tanques sea más eficaz que cuando se utiliza el agua.<sup>21</sup> Esta operación se puede realizar tanto en puerto como en la mar; aunque se aplica sobre todo mientras se están realizando las operaciones de descarga, ya que así se permite la remoción de trozos de petróleo adheridos o depositados en la superficie de los tanques, descargando estos depósitos junto con

el resto del cargamento. De esta forma podemos reducir considerablemente la limpieza de tanques y por consiguiente la contaminación que se producía con anterioridad cuando se limpiaban con agua. Además de los procedimientos de "carga sobre residuos" (SBT) y "lavado con crudo" (COW), existió para los buques-tanque existentes hasta 1978 un tercer procedimiento que no está vigente en la actualidad y que era el sistema de "tanques de lastre limpio" (CBT), por el cual ciertos tanques se dedicaban exclusivamente al transporte de agua de lastre.

El 6 de Julio de 1993 entró en vigor la Enmienda de 1992 al MARPOL, considerada la más importante desde la adopción del Protocolo de 1978. Fundamentalmente se trata de exigir el doble casco a los buques superiores a las 5000 TRB entregados a partir de 1996, o cuya quilla haya sido colocada en Enero de 1994. Queda autorizado internacionalmente el procedimiento proyectado especialmente por los astilleros japoneses de cubierta intermedia, aunque este sistema no es admitido por la Administración de los EE.UU. Y se deja la mano abierta para posibles métodos de proyecto y construcción, siempre y cuando se garanticen los mismos grados de protección contra la contaminación en caso de abordaje y varada. Para aquellos petroleros entre 600 y 5000 TRB se exige que estén dotados de doble fondo. La capacidad de los tanques queda limitada a los 700 m<sup>3</sup>. También se endurecen las medidas para petroleros existentes que tendrán que pasar inspecciones más rigurosas e irse adaptando progresivamente a las nuevas exigencias de construcción lo que obligará a los grandes y viejos superpetroleros a irse retirando del mercado de fletes.

En la actualidad se lleva a cabo interesantes proyectos de construcción buques tanque, supuestamente "ecológicos", como el desarrollado por un consorcio de astilleros europeos "Euroyards",<sup>22</sup> bajo el nombre de Proyecto E-3 (Europeo, Económico y Ecológico) cuya configuración es de cuatro metros de ancho para el doble casco y tres metros de altura para el doble fondo, además de incluir mejoras en los sistemas de seguridad a través de un dispositivo de detección de gases en los tanques de lastre, también se mejora el sistema de gobierno (timón con dos palas), el sistema de propulsión, y los residuos operacionales se reducen a cero.



**Figura 3.10**

Estructura Transversal del petrolero "ecológico" E3 de la nueva generación

Fuente: Astilleros Españoles.

### Notas al Capítulo 3

1. Ya en el año 1885 se tiene constancia del buque "*Glückauf*" y en 1892 el primer buque de la actual y poderosa compañía Shell, el "*Murex*", que cruzaría a través del Canal de Suez el primer cargamento de petróleo crudo rumbo a los puertos europeos.
2. Entre las razones de este estancamiento se encuentran motivaciones políticas (como el cierre del Canal de Suez y la guerra de los países árabes con Israel), así como por causas económicas (aumento de la demanda de crudo en función del crecimiento industrial y subida de los precios por Libia y en general los países de la OPEP) y técnicas (como la rotura del oleoducto transarábido).
3. VLCC y ULCC son las siglas de *Very Large Crude Carriers* y *Ultra Large Crude Carriers*. Se consideran VLCC a partir de las 160.000 Toneladas Peso Muerto, y ULCC a partir de los 320.000. Los datos sobre la actual flota de VLCC (datos de 1990), reflejan un hecho evidente, la gran parte de los buques fueron construidos entre los años 73 y 77, lo que implica un envejecimiento de los mismos progresivo. (Cit. *The World Tanker and Bulk Carrier Fleet* Clarkson Research Studies Ltd. Londres, 1990.). A ello hay que añadir que el coste en la conversión de un VLCC a tanque de lastre separado puede ser de entre 2 y 5 millones de U.S.\$.. (Cit. *Shell*) El record de tonelaje lo ostentó en 1976 el *Bellamy*, un ULCC de 553.662 TPM.
4. OBO son las siglas de *Oil/Bulk/Ore Carriers*: Transporte de Petróleo/Granel/y Mineral.
5. *Maritime Economics*. Martin Stopford, Routledge, Londres, 1993. (Clarkson Research Studies Ltd.)
6. En el 27 período de sesiones del MEPC/IMO se acordó que el MARPOL 73/78 fueran enmendados a fin de armonizar las prescripciones de reconocimiento y certificación con los Protocolos del SOLAS de 1988 (Cfr. Guerola, 1991).
7. En caso de menor tonelaje cumplirán lo prescrito en las normativas nacionales en materia de inspección.
8. La Regla 1-10) del Anexo I del MARPOL nos dice que "*cualquier extensión de mar en la que, por razones técnicas reconocidas en relación con sus condicionantes oceanográficas y ecológicas y el carácter particular de su tráfico marítimo se hace necesario adoptar procedimientos especiales obligatorios para prevenir la contaminación del mar por hidrocarburos*".
9. Según la Resolución del MEPC-IMO 42 (30). Londres, 16 de Noviembre 1990. B.O.E. n°137 de 9 de Junio de 1993.
10. Según entiende la zona el *Convenio Internacional para la protección y mejora del medio marino de la región del Caribe*. Cartagena de Indias, 1983.
11. Según la Resolución MEPC-IMO 48 (31). Londres, 4 de Julio 1991. B.O.E. n°137 de 9 de Junio de 1993.



# 4

## **Lucha contra la Contaminación por Hidrocarburos: Técnicas de Contención, Extracción, Dispersión y Biodegradación.**

---

### **4.1 Introducción.**

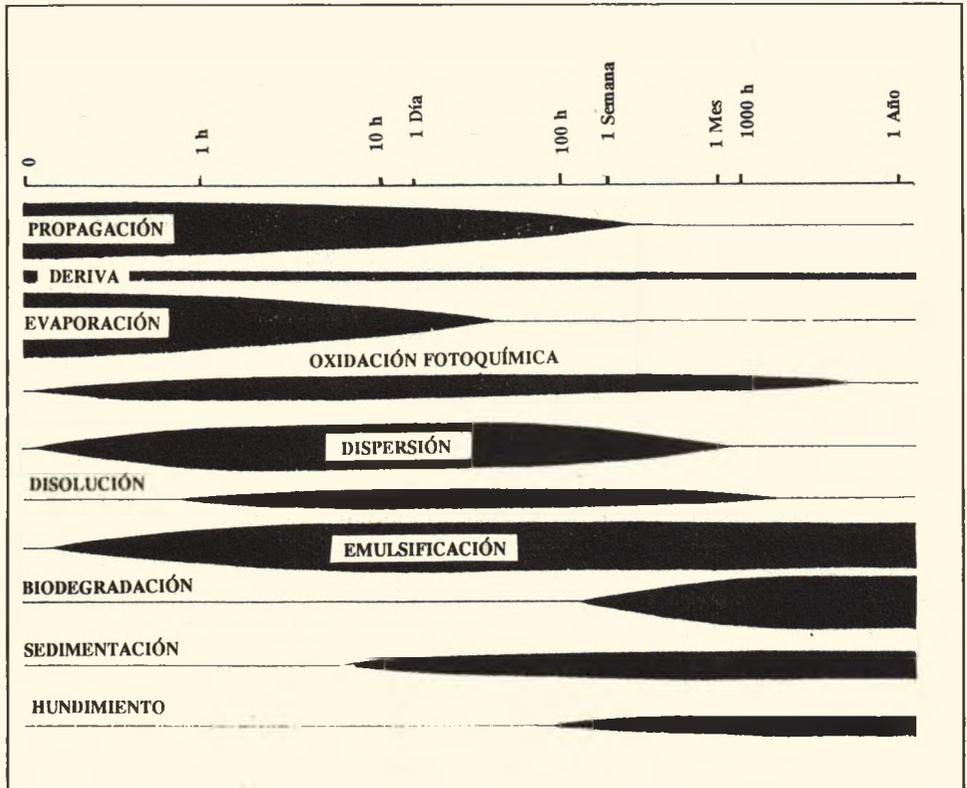
El presente capítulo trata de abarcar las técnicas que se utilizan en caso de derrames accidentales u operacionales de hidrocarburos en la mar, para ello veremos en primer lugar el comportamiento del derrame y sintetizaremos los diferentes procesos que se producen, posteriormente se abordarán los aspectos más importantes de las diferentes técnicas de contención, extracción, dispersión y biodegradación.

Existen una serie de consideraciones generales a cualquier técnica de lucha contra la contaminación por una mancha de hidrocarburos en la mar, en primer lugar la rapidez con la que actuemos que facilite la recogida del crudo en la mar sin que se produzca el acceso de este a el litoral y que la organización de los medios sea eficaz (a este tema nos referiremos en otro capítulo). Otra variable a tener en cuenta en las operaciones de lucha contra la contaminación será la complejidad de los procesos físicos y químico que se originan y la diversidad de comportamientos que se producen en la mar en función de las características de composición de los diferentes crudos que se transportan.

En la publicación *Parte IV del Manual sobre la Contaminación* de la IMO se exponen con mayor profundidad algunos de los aspectos aquí sintetizados (IMO, 1991).

### **4.2 Comportamiento general de las manchas de hidrocarburos en la mar.**

El comportamiento de una mancha de hidrocarburo en la mar ha sido estudiado por diferentes laboratorios con resultados similares, los más recientes realizados por Hurford en 1990 para el *Warren Spring Lab.* se plasman en la Fig. 4.1:



**Figura 4.1**

Duración de la actuación que sobre la mancha de hidrocarburo realizan los diferentes procesos de forma simultánea.

Fuente: última versión modificada la de Wheeler, 1978 y Mackay, 1983.

### 1. Propagación en superficie.

Se trata de un proceso que tiene lugar en las cinco primeras horas del vertido, y que decrece considerablemente a partir del primer día. En el transcurso de una semana la propagación se detendrá en superficie, este tiempo puede reducirse si se trata de un derrame pequeño y realizado de forma lenta pero gradual. La propagación en superficie puede originar que un vertido accidental alcance en solo 12 horas 5 km<sup>2</sup> de "mancha negra". Esta propagación se verá afectada ante factores climáticos como corrientes u oleaje. En el caso de hidrocarburos derramados a temperaturas inferiores al punto de fluidez la propagación se hace complicada y en la mayoría de los casos se forman bandas paralelas a la dirección del viento (este fenómeno algunos autores lo denominan *windrows* -jirones-).

### 2. Deriva de corriente.

Es un proceso lineal independiente que tendrá que estimarse desde el punto de vista de la situación del vertido con relación a sus coordenadas iniciales de posición. Para el cálculo vectorial de deriva y propagación de la mancha de petróleo vertida tendremos que suponer la suma del vector viento al 3% y del vector corriente al 100%. Es importante observar que el régimen de corrientes no suele ser siempre constante a lo largo de la trayectoria que recorra el crudo.

### 3. Evaporación.

Junto a la propagación, la evaporación es el proceso considerado por la gran parte de los autores (Nounou, 1980; Floodgate, 1984; Audunson, 1984; Buchanan, 1988; y Hurdford, 1990) como el más importante, especialmente en aquellos vertidos de hidrocarburos ligeros: a mayor cantidad de productos volátiles en el crudo, más cantidad de petróleo evaporado. Como la propagación se verá afectado por las condiciones ambientales. Su cronograma de actuación es breve ya que a partir de la primera hora decrece considerablemente en intensidad, para dejar de ser considerable a partir del primer día.

### 4. Reacciones fotoquímicas de oxidación (Radiación solar).

La radiación solar influye considerablemente en el porcentaje de evaporación de los vertidos de hidrocarburos, pero a su vez origina un proceso fotoquímico de oxidación que desdobra las grandes cadenas moleculares en otras más sencillas que facilitan la biodegradación de las manchas, al ser productos más solubles al agua. Este proceso es importante en el primer mes, aunque su efecto es insignificante en relación a los anteriores. La oxidación por la radiación solar es más importante en climas tropicales y subtropicales.

## 5. Dispersión y Emulsificación.

La combinación del hidrocarburo y el agua de mar puede originar una dispersión natural de aceite en agua, o una emulsión de agua en aceite. Mientras la dispersión natural deja de producirse al primer mes del vertido, las emulsiones de agua en el petróleo se producirán permanentemente hasta alcanzar según un estudio del WSL el 80% en volumen. En estos casos se utiliza el término "*mousse* de chocolate" para designar las emulsificaciones. La dispersión natural estará en función del oleaje de mar que facilitará considerablemente la acción natural de reducción de la mancha <sup>1</sup>.

## 6. Biodegradación y Sedimentación.

Los productos hidrocarburos se biodegradan en el mar con el transcurso del tiempo de forma generalmente muy lenta y a partir de cuatro supuestos: la disolución (en moléculas más pequeñas), la dispersión (por la acción del oleaje), la acción de bacterias marinas y la sedimentación como consecuencia de la inmersión y sedimentación. Entendemos por biodegradación el proceso natural de "eliminación" del problema sin contar para nada con la actuación mecánica o química del hombre. De los dos primeros supuestos ya hemos hablado anteriormente, en cuanto al hundimiento del petróleo cabe decir que este fenómeno nos vendrá dado en función de que la densidad específica del crudo o de la emulsión sea mayor que la del agua del mar: en estos casos se pueden formar conglomerados de alquitrán que derivarán hacia la costa, o bien producirse el hundimiento bajo sedimentos de la playa. Con relación a la acción bacteriana, este tipo de estudios se encuentra en fase de experimentación, y de los resultados presentados (WSL 1993) haremos un estudio posterior.

### 4.3 Retención y control del vertido en superficie.

#### \* Clasificación: CERCOS, BARRERAS y REDES.

Tradicionalmente se han utilizado en el argot de la lucha contra la contaminación, en castellano, el término de barrera y cerco. Las primeras publicaciones de la Armada Española o las traducciones de los primeros Manuales de la IMO clasificaban básicamente dos tipos de dispositivos de retención:

- Cerco: Flotadores cilíndricos sólidos o neumáticos con faldilla inferior.
- Barrera: Planchas o planos con flotadores.

Todavía en la actualidad se suele utilizar esta terminología y se puede encontrar de esta forma en Manuales y Cursos de lucha contra la contaminación, pero en realidad se debe hablar,

de forma universal, de dispositivos de contención de hidrocarburos en superficie.

El término Cerco, por tanto, debe emplearse, no como tipología, sino como forma de despliegue, dejando el término Barrera (en inglés *Boom*) para el dispositivo en sí.

Así en función del material de las barreras podemos clasificarlas en:

- a) Barreras de flotadores macizos de goma espuma con faldilla sumergida de lona. Se disponen en tramos de 15 ó 20 metros. Son dispositivos fáciles de desplegar en aguas interiores o zonas portuarias, pero su utilidad en mar abierto no es suficientemente satisfactoria. Es una barrera robusta que no necesita de instalación de inflado pero que requiere de mucho espacio para su alojamiento y estiba a bordo de embarcaciones.
- b) Barreras inflables con faldilla sumergida y cadena de lastre. Como todas las inflables, es menos robusta que las barreras anteriores, pero el volumen de estiba es mucho menor, lo que facilita la respuesta con remolcadores. El flotador neumático es el que proporciona un mejor rendimiento en mar abierto.
- c) Barreras inflables con lastre hidráulico. De características muy similares a la anterior. Su sección en 8 permite aunar la flotabilidad y la estabilidad del dispositivo.
- d) Barreras autoinflables con faldilla sumergida y cadena de lastre. Al ser autoinflable se evita la desventaja de la barrera inflable de necesitar de mecanismos de inflado y el tiempo de despliegue es menor, pero sin embargo su robustez es menor y por ello no se recomienda en mar abierto con cierta altura de oleaje.
- e) Barreras de valla con flotadores macizos. Se trata de placas de material resistente que permanecen perpendiculares a la superficie del mar gracias a la estabilidad que le proporcionan unos flotadores y unos lastres incorporados a la barrera. Los resultados de las barreras de valla solo son aceptables en aguas interiores y protegidas de la acción del oleaje, además tienen los mismos inconvenientes de cualquier barrera de flotador sólido: su gran volumen de almacenamiento.
- f) Barreras neumáticas (de burbujas). El mecanismo de contención es estático y se basa en la generación de burbujas por un colector neumático. Aunque no impiden el paso del tráfico de embarcaciones, su rendimiento es muy bajo ya que la altura de borda que puede generar es ínfima en proporción a los dispositivos anteriores.
- g) Barreras de redes. Improvisadas normalmente en base a redes y flotadores. Su uso es muy práctico para hidrocarburos muy viscosos.

- h) Barreras con órgano de tracción externo. Se trata de un tipo parecido al (e) con la diferencia que existe un acolchamiento de las placas a modo de almohadillas flotantes, disponiéndose de unos tirantes que se acoplan a un órgano de tracción externo.
- i) Barrera de red (o tela metálica) y material absorbente. Son barreras locales, improvisadas, que se recomiendan por los Manuales para la contención de una mancha desde tierra. La red puede ser de cuerda, o tela metálica y el material absorbente balas de paja, según las posibilidades de cada caso.
- j) Barreras de material absorbente/adsorbente por capilaridad. Son barreras para derrames de aceite tanto en tierra como en aguas interiores de capacidad muy limitada, constituidas por rollos, bandas o cordones de material especialmente absorbente oléofilo e hidrófobo <sup>2</sup>. Su utilización esta relacionada sobre todo con riesgos químicos en industrias ya que los cordones no suelen superar los 20 cm de diámetro y de longitud no más de 5 m.
- k) Barreras químicas. El procedimiento consiste en proyectar desde el aire inhibidores químicos de la propagación superficial del hidrocarburo. Su uso es muy costoso, difícil de realizar y sus limitaciones considerables.
- l) Barreras realizadas con monitores o mangueras C.I. (contención provisional). Se trata de un mecanismo provisional de contención del derrame desde el buque, proyectando desde el mismo chorros de agua a presión para formar una línea en zig-zag.

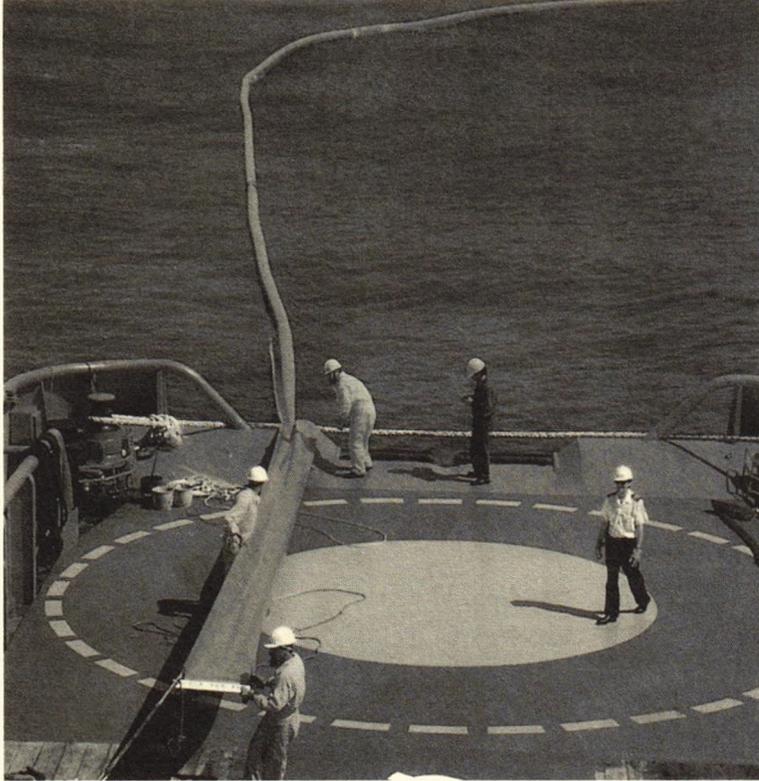
\* **Operaciones con Barreras.**

Cualquier procedimiento de contención del petróleo se encuentra con un problema fundamental cual es la retención del crudo en mar abierto. El escape del hidrocarburo en una barrera se puede dar tanto por arriba, debido a la acción de las olas (salpicaduras), como por abajo, por la acción conjunta de la corriente y el flujo por la cara anterior de la faldilla. La inclinación de la faldilla por la incidencia del vector corriente produce una merma de casi la mitad del petróleo retenido. Todos estos problemas se agravarán si la mar va a más, si el cerco se rompe, si se produce el vuelco de la barrera, etc. Por ello, partiendo de estos presupuestos, veremos a continuación las posibilidades de actuación y despliegue de las barreras de contención.

1. Cerco circundante o de contención:
  - a la mancha en superficie;
  - a un buque atracado;
  - a una fuga de tierra.

2. Cerco de protección (zonas con vulnerabilidad ecológica):
  - ríos;
  - bahías;
  - playas;
  - etc.
3. Barrera de interceptación/desviación.
4. Cercos remolcados (tres/dos/un remolque)
  - configuración en "U";
  - ... en "V"
  - ... en "J"
  - barrido con un solo buque.

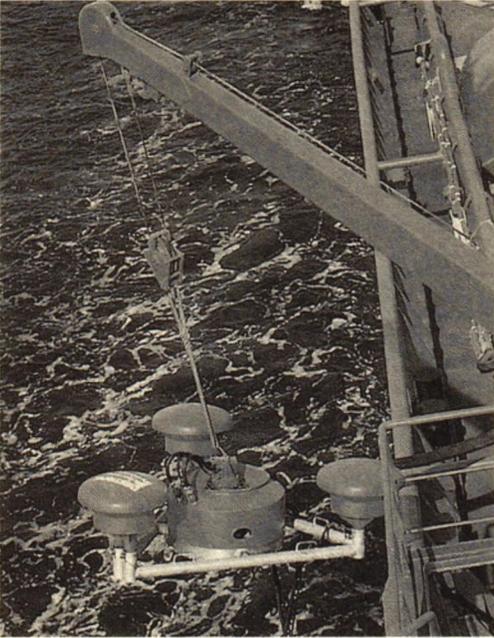
Basicamente cuando se produce un derrame y se activa la emergencia marítima por contaminación habrá que establecer las prioridades de actuación: zonas de protección y tipos de barreras en base a la catalogación de medios establecidos en el Plan de Emergencia.



**Figura 4.2**

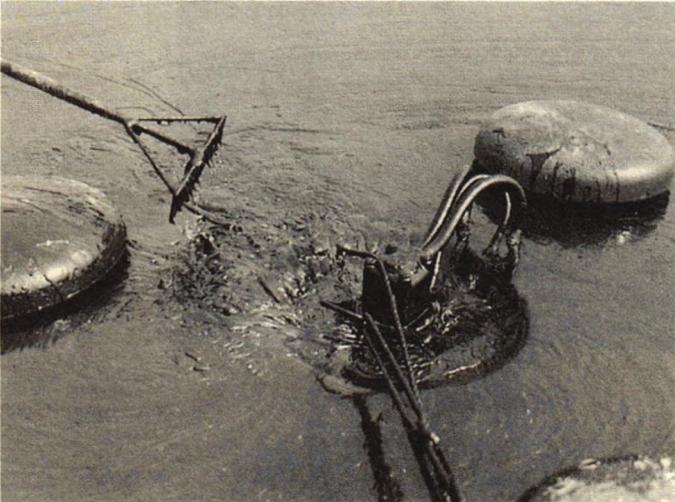
Colocación de una barrera de contención desde un remolcador.

Fotografía DGMM.

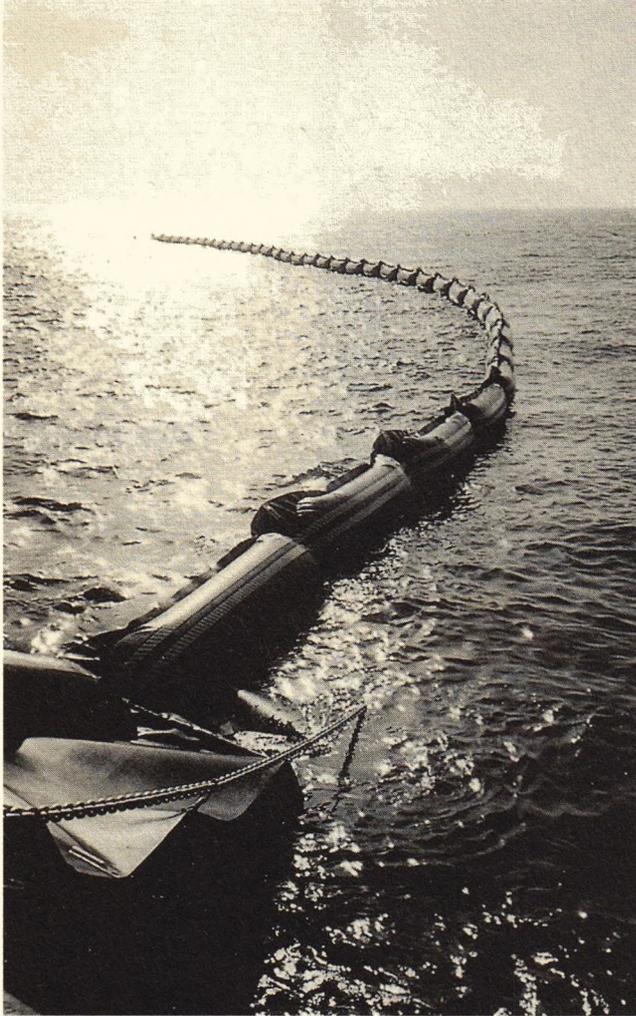


**Figuras 4.3 y 4.4**

Skimmer.



Fotografía DGMM.



**Figuras 4.5**

Cerco oceánico.

Fotografía DGMM.

\* **Dispositivos de recuperación: RASERAS y BUQUES ESPECIALIZADOS.**

El petróleo vertido al mar como consecuencia de un vertido accidental u operacional puede ser asimilado por la naturaleza por cualquiera de los procesos antes mencionado (biodegradación, sedimentación, oxidación,...), pero generalmente el hombre tiende a actuar con el propósito de evitar que los daños ecológicos (y económicos) puedan ser aminorados. La acción previa de contención del derrame tiene que combinarse, por tanto, con la tarea de recuperación del hidrocarburo. En principio debemos diferenciar los medios específicos de lucha contra la contaminación de los medios generales que por su naturaleza pueden ser utilizados de forma manual o mecánica. Cualquier bomba, camión cisterna, medios de limpieza de playa, pueden ser empleados en ocasiones de emergencia para la extracción de crudo procedente de una contaminación, y como tales deben ser catalogados entre los medios de actuación del Plan de Emergencia. Sin embargo aquí hablaremos de aquellos dispositivos de recuperación contruidos especialmente para la lucha contra la contaminación marina y cuya misión es la extracción en superficie de la mezcla de hidrocarburo/agua de mar. Estos medios reciben el nombre general de RASERAS o *SKIMMER*. A estos equipos se podrán adaptar diferentes tipos de mecanismos de extracción (bombas) o bien serán los propios skimmers los que lo lleven incorporados de forma autónoma.

Después de esta introducción a los equipos de recuperación veamos la clasificación y tipos de dispositivos existentes en el mercado:

a) Dispositivos Mecánicos. Estos dispositivos se basan en la fluidez del hidrocarburo en la superficie del agua del mar o bien en las diferencias de densidades específicas y pueden existir las siguientes posibilidades de actuación (Domovic, 1990):

- a1) Raseras por succión directa.
- a2) Raseras por gravedad.
- a3) Raseras por acción de la fuerza centrífuga (Sistema Hidrociclónico).
- a4) Bomba de tornillo sin fin (Tornillo de Arquímedes).
- a5) Cinta transportadora por inmersión.
- a6) Dispositivos por inducción/decantación: Raseras de Molinete y Sistemas de compuertas Múltiples.

b) Dispositivos por principios oleófilos. En estos casos nos aprovechamos de las propiedades de adherencia del hidrocarburo a determinados materiales en las siguientes formas:

- b1) Raseras de discos.
- b2) Sistema de tambor.
- b3) Raseras de correa.

- b4) Raseras de cuerdas oleófilas ("cola de zorra").
- b5) Cepillos oleófilos.
- b6) Redes: Redes de Arrastre/Redes de Copo remolcada.
- b7) Cinta transportadora por elevación.

c) Buques especializados. Se trata de unidades que sirven para la contención y carga de los hidrocarburos recuperados. La contención se realiza por barrido de forma independiente o a través de brazos y barreras de recuperación. Los principios empleados pueden ser como los vistos anteriormente: por aspiración mecánica, por separación/adsorción, por inducción, etc.

#### 4.4 Empleo de dispersantes químicos.

Por norma general ante una mancha de crudo la forma ideal de actuación consiste en la aplicación de los métodos vistos anteriormente, de contención y recuperación. Pero también resulta evidente que las condiciones de actuación no siempre son las más favorables (cualquier tipo de barrera o skimmer resultará inoperativa a partir de 1 m a 1,5 m de oleaje). Por todo ello en algunas ocasiones se ha optado por el uso de agentes dispersantes tensoactivos. Su uso esta hoy día muy restringido debido a que introducimos en el medio un elemento más de agresión (tóxico) que afecta posteriormente a otros organismos. La dispersión del crudo repercute en que este se acumule en forma de sedimentos en la playa y afecte a las especies de dicho medio (moluscos, cangrejos,...). Todo ello pasa por un estudio de impacto ambiental comparativo entre tres posibles módulos: el no-tratamiento del vertido (no-actuación), la toxicidad del dispersante y la sensibilidad del área afectada. Como ventajas, el dispersante es un sistema muy rápido, limpia la zona y por tanto disminuye el riesgo de mortandad en las aves marinas, es barata y estética.

La forma de actuación de un dispersante consiste basicamente en acelerar el proceso natural de dispersión y biodegradación por la acción bacteriana, reduciendo la tensión superficial de los hidrocarburos y facilitando la formación del goteo y la inhibición de la coalescencia. No deben aplicarse dispersantes químicos a los crudos pesados porque su actuación sería inutil.

Los tipos de dispersantes químicos se suelen agrupar en dos generaciones (Vilaseca, 1990):

- **Dispersantes convencionales** (ordinarios): basados en disolventes acuosos o de hidrocarburos y agentes emulsificadores (sulfonatos, ácidos grasos, esterios,...). Se aplican sin dilución y suelen ser compatibles con la mayoría de los crudos.
- **Dispersantes concentrados**: basados en mezclas de agentes emulsificadores, humectantes y disolventes oxigenados. El contenido de agentes tensoactivos es superior y el efecto de dispersión es superior cuantitativamente y en tiempos de ejecución. Se aplican sin dilución desde medios aéreos. Desde los buques puede aplicarse bien diluido o sin diluir.

De las aplicaciones prácticas resulta una relación de 1:2 y 1:15 entre volumen de dispersante y volumen de hidrocarburo: la primera cantidad para convencionales y la segunda para concentrados. Aunque algunas pruebas de laboratorio hayan llegado a demostrar niveles muy superiores, las condiciones de mar (estado de la mar, temperatura ambiente) impiden la aplicación óptima de los dispersantes químicos (el producto no se reparte por igual). Pero no solo es la aplicación del producto sino que hay que contar con otros factores como la temperatura de fluidez y la viscosidad. Algunos crudos no dispersan a determinadas temperaturas. En cualquier caso habrá que seguir los consejos del fabricante del producto para

que las proporciones sean las adecuadas de acuerdo con las pruebas de homologación del dispersante.

La aplicación del dispersante como hemos dicho puede efectuarse desde el buque o buques implicados y desde medios aéreos. También desde el litoral podemos "fumigar" las emulsiones de crudo con dispersantes. El momento de actuar con dispersante es siempre "lo antes posible" para evitar la formación del *mouse*. Pudiendo realizarse via tangones o simples mangas rociadoras. En caso de que el estado de la mar fuera de calma, se debe actuar con paneles que faciliten la rompiente y por tanto la dispersión. En cuanto a los medios aéreos se utilizan también lanzas de rociado o bien contenedores de actuación.

Es posible efectuar también la dispersión mecánica de la mancha a través del movimiento de las hélices del remolcador o buque de actuación en la emergencia, sin necesidad de proyectar dispersante químico. Esta actuación es recomendable cuando el vertido es pequeño. También puede potenciarse la dispersión no-química con la actuación de los monitores de contra-incendios con simple agua de mar.

Otros productos químicos relacionados con la lucha contra la contaminación, aunque no se traten de dispersantes propiamente dichos son:

- las espumas absorbentes (poliuretano,...) que se utilizan como medios que facilitan la extracción mecánica del crudo;
- los formadores químicos de masas gelificadas que igualmente se utilizan para que se pueda recoger el vertido al solidificarse este;
- los aditivos rompedores de la emulsión agua/hidrocarburo, que se emplean con el propósito de evitar la formación de la *mouse*;
- los "productos densos" que son aquellos agentes químicos que facilitan el hundimiento del crudo.

De los cuatro grupos anteriores solo se recomienda su uso en los rompedores de emulsión para activar la separación del hidrocarburo en los tanques de decantación. El resto de los productos o son excesivamente caros para grandes manchas de petróleo, o no son recomendables porque trasladan el problema de la contaminación de la superficie del mar a su fondo marino.

#### 4.5 Empleo de activadores de la biodegradación (*Bioremediation*).

La imposibilidad física de contener y recoger el crudo de un vertido y los problemas secundarios que originan los dispersantes químicos, nos llevan a la conclusión de que en el campo de la lucha contra la contaminación marina queda aún mucho por desarrollar. De esta forma la última línea de actuación consiste en la activación por medios biológicos de la biodegradación natural del petróleo en la mar. Basicamente se trata de acelerar el proceso de conversión de las cadenas hidrocarbonadas en productos reciclables como el CO<sub>2</sub>, agua y biomasa. Ello se puede realizar en principio por tres supuestos:

- a) favoreciendo los microorganismos existentes en la zona;
- b) introduciendo microorganismos procedentes de cultivos;
- y c) introduciendo microorganismos artificiales (biotecnología).

El término "*Bioremediation*",<sup>3</sup> es un concepto relativamente reciente: se trata más de una estrategia que de una técnica propiamente dicha. Las bases científicas del "remedio" biológico se encuentran en el hecho de que son los propios microorganismos del entorno contaminado los que tienden a la biodegradación. Estos microorganismos (bacterias, hongos, algas,...) cada uno de una forma particular, tienden a la degradación de las cadenas de hidrocarburos que no se volatizan por evaporación en el momento del vertido. La forma en la que el hombre puede activar este proceso se debe en principio a que estas reacciones se producen de acuerdo con unos parámetros (físicos, químicos y biológicos) más o menos favorables. En principio estas propiedades serán:

- Propiedades del petróleo: Composición química, estado físico y concentración del crudo vertido.
- Propiedades de la población microbiótica de la zona: Interacción del hidrocarburo con los microorganismos y la biodegradación del petróleo.
- Propiedades del entorno: Temperatura, contenido de Oxígeno, disponibilidad de nutrientes, salinidad y pH.

Si bien algunos de estos valores no pueden ser manipulados, otros sí:

1º) Cuando el contenido de nutrientes limita la biodegradación: Añadiremos nutrientes o fertilizantes, normalmente el Nitrógeno, Fósforo y en determinados casos Hierro. La adición de Oxígeno es conveniente cuando exista peligro de que la manipulación del entorno (*bioremediation*) reavive las condiciones anaerobias: esta circunstancia no se suele dar en mar abierto pero sí en zonas contaminadas restringidas en el intercambio de O<sub>2</sub> como marismas, zonas lacustres, etc.

2º) Cuando la microflora es deficiente (desde el punto de vista de la degradación de

hidrocarburos): Añadiremos -"sembraremos"- la zona contaminada con activadores de la descomposición del hidrocarburo, normalmente con nutrientes adicionales y agentes emulsificadores. Esta segunda técnica se conoce como: Bio-Aumento (*bioaugmentation*).

La efectividad de los métodos de manipulación biológica antes mencionados es importante pero sin llegar a convertirse en una alternativa a la recogida por medios físicos o la dispersión química. Su eficacia está demostrada parcialmente tanto en laboratorio como en pruebas de campo realizadas en el desastre del *Exxon Valdez*,<sup>4</sup> pero dentro de lo que podría ser una actuación posterior, acelerando la biodegradación de las playas entre 2 a 7 veces en el caso mencionado, aunque en el siniestro del *Mega Borg*, que también se experimentó, no hubo aceleración ninguna (Pritchard, 1991). Existen lagunas como la determinación de la relación entre el tipo de costa y el tipo de manipulación convenida, los posibles efectos tóxicos, las posibilidades de eutrofización de la zona, la realización de guías operacionales para el uso de nutrientes o para el sembrado de microorganismos y por supuesto se debe clarificar la diversidad de productos que hoy día existen en el mercado con el objeto de establecer prioridades de actuación.

#### 4.6 La limpieza de playas.

El enfoque de este trabajo incide en el campo del transporte marítimo y por ello se ha hecho especial mención a las actividades que los profesionales del mar pueden realizar desde el punto de vista de la protección y lucha contra la contaminación del mar. La limpieza de playas y costas es un tema que aunque afecta a las operaciones generales de cualquier Plan de Emergencia se realiza por medios terrestres y no marinos, es por ello que nos limitaremos a dar una breves pinceladas de las principales técnicas a utilizar.

Las etapas o fases a considerar dentro de una limpieza de costa serán:

- Etapa Previa. Evaluación de la situación: consideraciones sobre el tipo y estimación de la cantidad del vertido que llega a las playas/costas; tipo de costa y vulnerabilidad ecológica y geográfica de la misma.
- Etapa I (Contaminación Pesada). Remoción general de la contaminación "densa": hidrocarburos flotantes y varados.
- Etapa II (Contaminación Moderada). Etapa intermedia en la que se recogen los productos contaminados en la playa.
- Etapa III (Contaminación Ligera). Última fase en la que se lleva a cabo la limpieza final de costas: manchas oleosas, restos finales de crudo, etc.

En cuanto a las técnicas a utilizar será de aplicación lo que anteriormente hemos desarrollado para los medios de lucha contra la contaminación en la mar. Los medios de contención y retención mecánicos, los productos químicos de dispersión e incluso las técnicas de activación de la biodegradación, serán de aplicación a la limpieza de costas.

Será preferible en todo momento la contención y extracción desde el mar, incluso desde la propia playa o bahía, de la máxima cantidad de hidrocarburo posible, ya que siempre la limpieza y recogida del producto en tierra será mucho más complicada y el daño ecológico será mayor, tanto desde el punto de vista de la vida marina como por la erosión que se puede producir con la extracción de arena en las tareas de limpieza. Especial cuidado debe tenerse en las costas pantanosas y en las marismas ya que en estos casos se han dado sucesos de contaminación por hidrocarburo en los que se ha hecho más daño en las tareas de limpieza que si no se hubiese llevado a cabo ningún tipo de actuación.

También será preferible en costa la aplicación de medios mecánicos a los de dispersión química. Los restos de hidrocarburos podrán extraerse a través de rodillos oleófilos (por adhesión), o por palas o cuchillas que separen el crudo superficial de la arena. También se puede emplear el mismo principio del plano inclinado que veíamos en las técnicas de superficie. En la playa o zonas llanas se podrán aplicar también técnicas mecánicas de limpieza más sencillas que en alta mar, y maquinas de uso más doméstico, como las palas mecánicas o las despedradoras que usan los Ayuntamientos para la limpieza diaria. Y en una fase final o bien cuando la costa no permita el uso de medios mecánicos, tendrá que activarse un plan de recogida manual que incluirá la extracción y transporte de los restos y la limpieza con chorros a presión de agua caliente, arena o dispersante. Para esta última fase pueden emplearse material absorbentes.

Cada tipo de costa presentará particularidades especiales que han de ser tratadas a la hora de elegir el tipo de acción a tomar. Algunas técnicas de las utilizadas y recomendadas para la limpieza de costas tienen también sus desventajas, por ejemplo la utilización de maquinaria puede originar el aplastamiento del crudo, así como la limpieza a chorro que también pueden producir el hundimiento y penetración del petróleo en el sustrato de la arena.

## Notas al Capítulo 4

1. El ejemplo más evidente y reciente de este proceso de dispersión natural de aceite en agua se dió en el caso del accidente del "*Braer*" (1992), embarrancado en la Bahía de Quendale, al sur de la isla Shetland: 85.000 Tons de crudo vertidos. El temporal motivo del suceso fue también el que sirvió para acelerar la dispersión natural y las emulsiones en agua por la acción de las olas.
2. A efectos de la IMO los materiales sorbentes se clasifican en tres tipos:
  - materiales inorgánicos: vermiculita, cenizas volcánicas, lana de vidrio.
  - materiales orgánicos sintéticos: espuma de poliuretano, de formaldehído de urea, fibra de polietileno, de polipropileno, poliestireno en polvo.
  - materiales orgánicos naturales: maíz, cacahuete, secoya, trigo, turba, pulpa, algodón, corteza de pino.
3. La *Bioremediation* es un término que se ha hecho comun en los trabajos desarrollados principalmente a partir de la experiencia del *Exxon Valdez* en 1990: en los *Proceedings* de la *Oil Spill Conference* de la *American Petroleum Institute* a partir de 1992 en adelante, y en la investigación financiada por el Departamento de I+D de la Compañía Exxon; aunque existían precedentes notables de estudios anteriores a esa fecha.
4. En el caso del *Exxon Valdez* se utilizaron tres tipos de fertilizantes en las costas de Alaska: el Inipol EAP 22, que es un fertilizador oleófilo, el Customblen (inorgánico) y una mezcla acuosa de nutrientes inorgánicos. *Cit. Bioremediation Project Science Advisory Board Draft Report*. (Dir. Pritchard, P.H.) Informe de la Agencia Norteamericana del Medio Ambiente (US-EPA). Florida, 1991.

# 5

## **Contaminación por productos químicos (Anexo II MARPOL 73/78, Códigos IBC y BCH).**

---

### **5.1 Evolución histórica del transporte marítimo de sustancias nocivas a granel: el buque "quimiquero".**

El desarrollo de los productos químicos y su transporte por mar está restringido a un período no superior a treinta años, en el sentido que hoy concebimos este transporte y a partir de buques con un alto grado de especialización. La necesidad de este transporte, claro está, ha venido en función de la alta demanda de productos químicos por parte de la sociedad. La sociedad "desarrollada" emplea productos nocivos, químicos, para una gran variedad de productos: detergentes, textiles, pinturas, plásticos,...

No es de extrañar por tanto, que los pioneros en la Industria Química, los EE.UU., fueran los primeros en desarrollar prototipos de buques "quimiqueros". Estas nuevas industrias, relacionadas con la producción petrolera del estado de Texas y las minas de azufre de Louisiana, producían durante los años siguientes a la Segunda Guerra Mundial una cantidad, pequeña, de productos químicos, que se transportaban por mar en bidones, cisternas, en definitiva tanques portátiles (Páez, 1994).

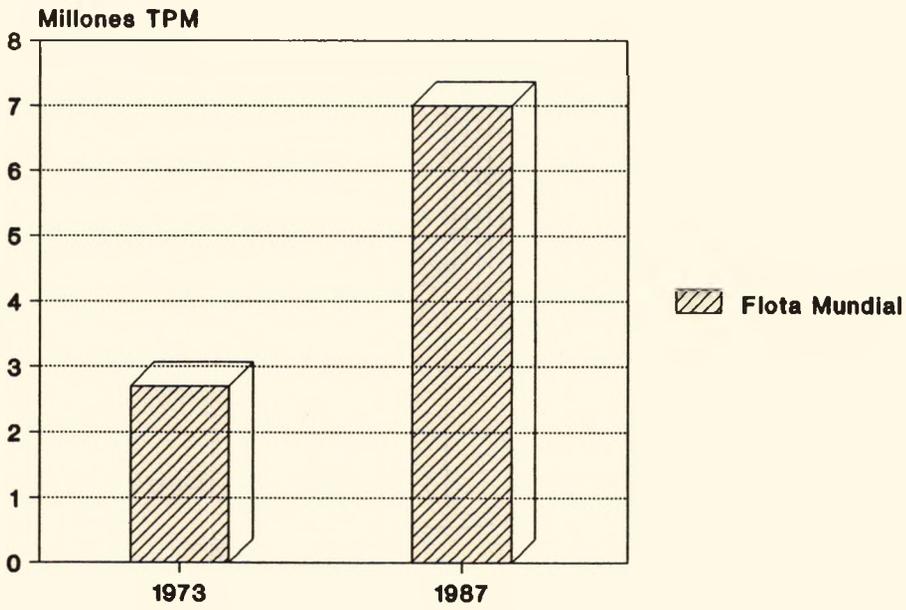
El crecimiento de la demanda y de la producción facilitó el crecimiento y desarrollo de estos buques. Se adoptó la opción de carga en tanques estructurales. Los primeros tanques empleados fueron los mismos de lastre. El siguiente paso fue la especialización del transporte y el empleo de buques dedicados en exclusividad a este particular transporte. Como en otros transportes especializados de esta época, la década de los cincuenta, se emplearon buques sobrantes de la Guerra. Estos "transformados" fueron denominados *Tipo T-2* por proceder de los antiguos T-2.<sup>1</sup>

La construcción (no transformación) de buques proyectados para el transporte de productos químicos a granel, no se produce hasta los años sesenta. Esta segunda generación, los *Chemical Parcel Tankers* basaban su capacidad de segregación de productos en celdas

independientes a las que se asociaban sistemas independientes de carga/descarga, hasta cincuenta tanques.

En los años setenta tiene lugar una fuerte demanda de fletes de productos derivados del petróleo (acetona, nafta, benceno, tolueno, ciclohexano,...). No se trataba tanto de cargar diferentes productos sino de poder facilitar el transporte con seguridad de grandes cargamentos. Una tercera generación, los *Bulk Chemical Carriers* que podemos traducir como Graneleros Químicos, permitan desde el punto de vista de la protección del medio marino una mayor facilidad y rapidez en la limpieza de tanques, en relación con sus antecesores los buques quimiqueros celulares.

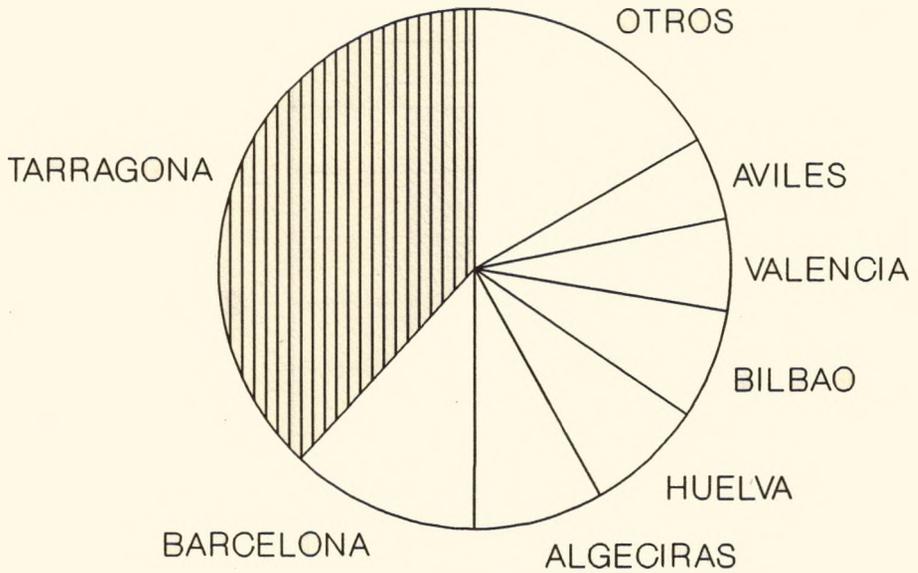
En este proceso evolutivo hay que destacar en los últimos años la aparición de nuevos prototipos: los *COT (Chemical-Oil Tanker)* que compatibilizan el transporte de crudos con productos, tanto derivados del petróleo como químicos; los *Small Chemical Tanker*, buques de pequeño porte dedicados al transporte de productos químicos; así como prototipos más sofisticados especializados en determinados cargamentos (sulfúrico, fosfórico,...), o con tanques presurizados (Código IBC).



**Figura 5.1**

Evolución de la flota mundial de buques dedicados al transporte de productos químicos

Fuente: Dewry Shipping Consultants, Ltd.



**Figura 5.2**

Movimiento de productos químicos  
en los puertos españoles en 1992  
(Total 100% - 10.678.220 Tons.)

Fuente: Puertos del Estado, "Memoria de Actividades 1992", Madrid 1993 (p.181).

**Tabla IV**

División de las sustancias químicas transportadas a granel según los criterios de la Organización Marítima Internacional. (Doc. *IMO J/2828*, 1986)

Tipos	Productos	Aplicaciones
Sustancias químicas básicas.	Ácido Sulfúrico	Fertilizantes fosfatados, Explosivos (TNT), Plásticos (Rayón), Refinado del petróleo,...
	Ácido Fosfórico	Superfosfatos, Detergentes, Pinturas, Productos de alimentación,...
	Ácido Nítrico	Explosivos, Fertilizantes nitrogenados, Tintes, Plásticos,...
	Sosa Cáustica	Sosa Cáustica
	Acido Clorhídrico	Industria del Acero, Reducción de minerales,...
	Amoníaco	Amoníaco
Melazas y Alcoholes.	Melazas	Del Azúcar de Remolacha o del Azúcar de Caña.
	Alcoholes	Etilico,
		Metílico,
		Propílico,...
Vinos, cervezas,...	...	
Aceites vegetales y grasas animales.	Aceites vegetales (soja, cacahuete, algodón, girasol, oliva, colza, coco, palma,...)	Comestibles, Producción de jabón,...
	Aceites industriales (linaza, ricino,...)	Industria,...

	Grasas animales (aceite de pescado, manteca de cerdo,...)	Comestibles, Industria,...
Productos petroquímicos.	Hidrocarburos aromáticos (Benzol (*),...)	Producción de fibras, Caucho artificial, Plásticos,...
	Xilenos	Fibras de poliéster,...
	Estirenos	Industria,...
	Fenoles (**)	Plásticos (Baquelita) Industria,...
	Otros productos	Industria,...
Productos de alquitrán de hulla	Benzol (*)	...
	Fenoles (**)	...
	Naftalina	...
	Otros productos	Nailon, Aspirina, Antisépticos, Herbicidas,...

## 5.2 Tipificación de los riesgos derivados del transporte de productos químicos.-

Cuando se habla de productos químicos y contaminación marina, casi todos los autores hacen referencia al desastre de Minamata en Japón, donde se produjo por vertidos industriales al mar de dimetilmercurio una fuerte acumulación de contaminantes que alcanzó el último eslabón: el hombre, con más de cincuenta víctimas por consumo de pescado contaminado.

Resulta lógico que la Organización Marítima Internacional llevara a cabo, con el propósito de abordar este problema, una serie de estudios encaminados a la evaluación del riesgo. El trabajo de catalogación de sustancia/riesgo es complicado desde el momento en que son muchas las sustancias que se transportan y que se transportarán en un futuro, con la posibilidad de que se den además diferentes isómeros para cada producto. La simulación en laboratorio resultaba en algunos casos problemática.

El Servicio de Guardacostas Americano, a través de un estudio realizado por la Academia de Ciencias de aquel país elaboró un primer borrador que contemplaba la evaluación del riesgo desde cuatro supuestos: fuego; riesgos para la salud; polución; y reactividad.

Sobre la contaminación del mar se constituyó en los años setenta un grupo mixto de expertos constituido por miembros de las diferentes agencias internacionales (OMI/FAO/UNESCO/OMS/OIEA/ONU/PNUMA), este grupo, el GESAMP (*Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*), fue el encargado de tabular la peligrosidad de los productos en base a una serie de parámetros de seguridad y contaminación. Estas categorías son cuatro:

1. Bioacumulación/Trabas a las actividades marítimas.
2. Daños a los recursos vivos.
3. Riesgos para la salud humana.
4. Deterioro de los atractivos generales de una zona.

En la Tabla V se presentan los principales problemas que el GESAMP apreció en la evaluación del transporte de sustancias nocivas. A primera vista podemos indicar de forma resumida que el transporte de productos químicos plantea un alto grado de peligrosidad para la vida de los tripulantes como un potencial muy elevado de toxicidad para el medio marino, y que sólo puede ser abordado con unos buques cuya construcción responda a estos requerimientos de seguridad y con una normativa inflexible que no permita el vertido deliberado de productos químicos al mar.

Los criterios del GESAMP sobre valoración del impacto ambiental de las sustancias nocivas se basaban precisamente en las cuatro categorías que luego aparecerían en el Anexo II del MARPOL 73/78:

- Los índices de bioacumulación se clasifican de mayor a menor riesgo en: "+" (apreciable); "Z" (retención corta); "T" (pueden macular los alimentos de origen marino) y "O" (no hay evidencia).
- Para los daños a los recursos vivos se establece un baremo de 4 a 1 más las categorías "D" para sustancias que pueden enblanquecer el fondo del mar y "BOD" para aquellas sustancias con demanda de Oxígeno.
- El riesgo para la salud humana se mide de 4 a 1 en función de los mg/kg de sustancia tóxica.
- La contaminación visual se clasifica en equis de mayor o menor afección: "XXX", "XX" y "X". La ausencia de este tipo de problemas se tabula con una "O".

Esta clasificación no es única y algunos autores como Koops prefieren clasificar los contaminantes químicos en función del comportamiento de la sustancia en cuatro categorías (Koops, 1990):

1. Evaporables: Volátiles.
  - Subcategoría 1.1: Sustancias que forman nubes de gas y vapor y que ascienden sin afectar al medio.
  - Subcategoría 1.2: Sustancias que aunque forman nubes, son más pesadas y se mantienen en contacto con el agua.
  - Subcategoría 1.3: Sustancias que forman nubes que se disuelven rápidamente.
2. Flotantes: Líquidos no volátiles solubles en agua.
  - Subcategoría 2.1: Flotante/evaporable.
  - Subcategoría 2.2: Flotante.
  - Subcategoría 2.3: Flotante/evaporable/soluble.
  - Subcategoría 2.4: Flotante/soluble.
3. Solubles.
  - Subcategoría 3.1: Soluble.
  - Subcategoría 3.2: Soluble/evaporable.
4. Sumergibles: Más densos que el agua.
  - Subcategoría 4.1: Sumergible.
  - Subcategoría 4.2: Sumergible/soluble.

El Código de Graneleros Químicos (BCH) en 1971 y el Código de Internacional de Químicos (IBC) en 1983, citados en la próxima pregunta, abordaron esta clasificación a partir de la identificación del polinomio sustancia/requisitos para el transporte. Así a un número ONU de producto le correspondía un tipo de buque, un tipo de tanque y unos procedimientos operacionales de tanques y de seguridad que están recogidos en la Tabla VI.

### Tabla V

Principales peligros y problemas que se plantean en el transporte de sustancias químicas por mar de acuerdo con los criterios del grupo GESAMP.

(Doc. IMO J/2828, 1986).

DENSIDAD DE LA CARGA	El peso específico de las sustancias químicas varían en función del producto que se transporte por lo que mientras algunos productos flotan en el mar, en otros casos su densidad es el doble del agua.
ALTA VISCOSIDAD	La alta viscosidad de algunos productos da lugar a problemas en la manipulación de la carga.
BAJO PUNTO DE EBULLICIÓN	El bajo punto de ebullición plantea problemas de considerable importancia a la hora de transportar algunos productos químicos: enfriamiento, presurización de tanques, etc.
REACCIÓN A OTRAS SUSTANCIAS	La segregación entre diferentes sustancias que se transportan en un mismo viaje implica la independencia de los circuitos de carga/descarga, de lo contrario se "contaminarían" y estropearían los productos.
POLIMERIZACIÓN	Algunas cargas (autorreactivas) deben ser transportadas o protegidas por inhibidores que le impidan su autotransformación en sustancias totalmente diferentes.
TOXICIDAD	Muchas cargas químicas emiten vapores tóxicos que de llegar a inhalarse podrían ser venenosos, bien de forma aislada o al reaccionar con otros vapores.
SOLIDIFICACIÓN	Algunos productos como las melazas, ceras, aceites, etc. tienen que ser transportados a altas temperaturas pues de lo contrario se solidificarían haciendo imposible su transporte y su descarga.
<b>CONTAMINACIÓN</b>	Todos los anteriores peligros pueden afectar a la vida humana pero también el medio marino se vería afectado con el vertimiento o la emanación de muchas de las sustancias químicas que se transportan.

## Tabla VI

Clasificación de requerimientos para el transporte de graneles químicos, establecido en el *Código para la construcción y equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel 1971 (BCH)* y mejorado en el *Código Internacional para la construcción y el equipo de buques que transporte productos químicos peligrosos a granel 1983 (IBC)*.

NOMBRE TÉCNICO DEL PRODUCTO (NO COMERCIAL) .....	NÚMERO DE LAS NACIONES UNIDAS Número establecido por GESAMP (igual al del Código IMDG)
CATEGORÍA DE CONTAMINACIÓN	"A", "B", "C", "D", ó "III" (Ningún riesgo)
RIESGOS	"S" Riesgo para la Seguridad, ó "P" Riesgo para la Contaminación.
TIPO DE BUQUE	Tipo 1, Tipo 2, ó Tipo 3.
TIPO DE TANQUE	Independiente (1), Estructural (2), de Gravedad (3), ó a Presión (4).
RESPIRADEROS DE LOS TANQUES	Abiertos, Controlados, o mediante Válvulas de alivio.
CONTROL AMBIENTAL DE LOS TANQUES	Por inertización, Por secado.
PRESCRIPCIONES SOBRE INSTALACIONES ELECTRICAS	Prescripciones Normales, Prescripciones Especiales.
DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN	Abierto, De paso reducido o Cerrado.
DETECCIÓN DE VAPOR	Vapores inflamables, Vapores tóxicos.

PREVENCIÓN DE INCENDIOS	<i>Espuma resistente al alcohol (A), Espuma corriente (B), Aspersión de agua (C), Productos químicos secos (D).</i>
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	<p><i>N1: Aluminio, cobre, aleaciones de cobre, cinc, acero galvanizado y mercurio; N2: Cobre, aleaciones de cobre, cinc y acero galvanizado; N3: Aluminio, magnesio, cinc, acero galvanizado y litio; N4: Cobre y aleaciones de cobre; N5: Aluminio, cobre y aleaciones de uno u otro; N6: Cobre, plata, mercurio, magnesio y otros metales que pueden formar acetiluros y sus aleaciones; N7: Cobre y aleaciones de cobre que contengan éste en proporción superior al 7%; N8: Aluminio, cinc, acero galvanizado y mercurio; Y1: Acero recubierto con un forro o revestimiento protector adecuado, aluminio o acero inoxidable; Y2: Aluminio o acero inoxidable para las concentraciones del producto del 98% ó más; Y3: Acero inoxidable especial resistente a los ácidos para concentraciones del producto de menos del 98%; Y4: Acero inoxidable austenítico macizo; Y5: Acero cubierto con un forro o un revestimiento protector adecuado, o acero inoxidable; ó Z: Materiales usados normalmente en la fabricación de aparatos eléctricos como cobre, aluminio y aislantes.</i></p>
MEDIOS DE PROTECCIÓN, RESPIRATORIOS Y PARA LOS OJOS.	<i>"No" No específica prescripción; ó "E" Si específica prescripción.</i>
PRESCRIPCIONES ESPECIALES.	<i>Se citarán aquellas prescripciones especiales (Capítulo 15 IBC).</i>

### 5.3 Desarrollo de la Normativa Internacional en materia de Seguridad y Prevención de la Contaminación para buques quimiqueros: Códigos de Construcción y Anexo II del MARPOL 73/78.

Es evidente que el desarrollo de la industria química y el desarrollo paralelo en los buques dedicados a este transporte, trajo consigo la inquietud internacional por regular de forma uniforme los criterios prevencionistas, en base a los riesgos para la salud y los peligros para el Medio Ambiente Marino.

El primer paso fue dado en los años sesenta cuando la Organización Marítima Internacional decide a través del Comité de Seguridad Marítima abordar el problema. Este Comité elabora a partir de dos Subcomités (el de Mercancías Peligrosas y el de Graneles Químicos) un Código que con carácter de recomendación fue aprobado en Octubre de 1971 por la Asamblea de la IMO. Este Código, en el cual los expertos habían dedicado seis años en su elaboración,<sup>2</sup> tenía dos grandes defectos: su carácter voluntario y el dedicar todo su articulado a temas de Seguridad obviando las consideraciones prevencionistas en materia de Contaminación. En la parte positiva hay que destacar que el Código (*Código para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel, BCH'71*) facilitaba unos elementos importantes en la evaluación del riesgo y por tanto en la clasificación de los productos químicos a transportar. Como indica el nombre del Código este hacía referencia fundamentalmente a aspectos constructivos que serán abordados más adelante.

En este tiempo el BCH ha quedado en cierto modo "superado" por el nuevo Código de Graneleros Químicos (IBC'83) en lo referente al aspecto constructivo de los buques y por el Anexo II del MARPOL 73/78 en cuanto a Contaminación. Efectivamente el MARPOL 73/78 en su deseo de legislar todas las fuentes de contaminación posible desde el buque, amplió este concepto (hasta ese momento sólo para vertidos de hidrocarburos) a diferentes supuestos, entre ellos el vertido de sustancias nocivas líquidas. Por lo que era de considerable importancia el dividir en categorías de riesgo los productos químicos en relación a su actividad contaminante. Se optó por establecer cuatro categorías:

- a) **Categoría A** - suponen un "riesgo grave" para los recursos marinos o para la salud del hombre u ocasionarían un "serio" perjuicio a los atractivos generales de la zona marítima o a otros posibles usos ...
- b) **Categoría B** - suponen un "riesgo" ...
- c) **Categoría C** - suponen un "riesgo leve" ...
- d) **Categoría D** - suponen un "riesgo identificable" ...

En el Apéndice I (Tabla VII) se establecieron las pautas para determinar las categorías de las sustancias nocivas líquidas, y en el Apéndice II se catalogaron estas sustancias.

## Tabla VII

Pautas para determinar las categorías de las sustancias nocivas líquidas.  
(Apéndice I del Anexo II del MARPOL 73/78.)

Categoría A	<i>Sustancias bioacumulables y que pueden crear riesgos para la vida acuática o la salud humana; o que son muy tóxicas para la vida acuática (con arreglo a un índice de peligrosidad 4, definido por TLM &lt; 1 ppm); también se incluyen en esta categoría algunas otras sustancias que son moderadamente tóxicas para la vida acuática (con arreglo a un índice de peligrosidad 3, definido por TLM igual o mayor de 1 pero menor de 10 ppm) cuando se da particular importancia a otros factores del perfil de peligrosidad o a las características especiales de la sustancia.</i>
Categoría B	<i>Sustancias bioacumulables de una corta retención, del orden de una semana a lo sumo; o que pueden alterar el sabor o el olor de los alimentos de origen marino; o que son moderadamente tóxicas para la vida acuática (con arreglo a un índice de peligrosidad 3, definido por TLM igual o mayor de 1 ppm, pero menor de 10 ppm); también se incluyen en esta Categoría algunas otras sustancias que son ligeramente tóxicas para la vida acuática (con arreglo a un índice de peligrosidad 2, definido por TLM igual o mayor de 10 ppm, pero menor de 100 ppm) cuando se da particular importancia a otros factores del perfil de peligrosidad o a las características especiales de la sustancia.</i>
Categoría C	<i>Sustancias ligeramente tóxicas para la vida acuática (con arreglo a un índice de peligrosidad 2, definido por TLM igual o mayor de 10, pero menor de 100 ppm), así como algunas otras sustancias que son prácticamente no tóxicas para la vida acuática (con arreglo a un índice de peligrosidad 1, definido por TLM igual o mayor de 100 ppm, pero menor de 1000 ppm) cuando se da particular importancia a otros factores del perfil de peligrosidad o a las características especiales de la sustancia.</i>
Categoría D	<i>Sustancias que son prácticamente no tóxicas para la vida acuática (con arreglo a un índice de peligrosidad 1 definido por TLM igual o mayor de 100 ppm pero menor de 1000 ppm); o que forman depósitos en el fondo del mar con una demanda biológica de oxígeno (DBO) elevada; o que son altamente peligrosas para la salud humana, con un LD50 menor de 5 mg/Kg; o que causen un menoscabo moderado de los alicientes recreativos del medio marino debido a su persistencia, su olor o sus características tóxicas o irritantes, pudiendo impedir el uso normal de las playas; o que son moderadamente peligrosas para la salud humana, con un LD50 igual o mayor de 5 mg/Kg y menor de 50 mg/Kg con ligero menoscabo de los alicientes recreativos del medio marino.</i>

Con base a la catalogación de las sustancias nocivas líquidas se establecieron una serie de prescripciones para los vertidos desde el punto de vista de la contaminación: Tabla VII. Debido a la dificultad en aplicar estos requisitos el Anexo II no entró en vigor hasta el 6 de Abril de 1987, una vez que se aprobaron las Enmiendas de 1985.<sup>3</sup>

Se mantuvo el concepto de "zona especial" que se acuñó para los vertidos de hidrocarburos, pero a diferencia de este tipo de contaminantes, a efectos del Anexo II sólo se consideran dos zonas especiales: el Mar Báltico y el Mar Negro. También se mantiene el registro escrito de los vertidos a través de un Libro de registro de carga.

Las instalaciones receptoras de vertidos químicos tienen sin embargo, consideraciones especiales con relación a la de recogida de desechos oleosos. Por ejemplo, los vertidos químicos no son en la mayoría de los casos reciclables y el número de instalaciones debido a la complejidad de las mismas son escasas.

### Tabla VIII

Prescripciones sobre vertidos químicos establecidos en el Anexo II del MARPOL 73/78.

(Cuadro elaborado por el Servicio de Contaminación de la D.G.M.M.)

Categoría	REQUISITOS COMUNES	REQUISITOS ESPECIALES	
"A"	- Que el buque esté navegando al menos a 7 nudos ó a 4 si no es autopulsado.	- Prelavado de tanques, descarga a instalaciones de recepción hasta que la concentración del producto sea igual o menor a la especificada en la lista de productos.	
"B"	- Que la descarga se haga por debajo de la línea de flotación. - Que se haga a no menos de 12 millas de la tierra más próxima - Y en zona de profundidad no menor a 25 metros.	<b>FUERA DE ZONAS ESPECIALES</b>	<b>DENTRO DE ZONAS ESPECIALES</b>
"C"		- Concentración < 1 ppm. - Cantidad descargada total < 1 m <sup>3</sup> ó 1/3000 de la capacidad del tanque.	- Prelavado ...
"D"		- Concentración < 10 ppm. - Cantidad descargada total < 3 m <sup>3</sup> ó 1/1000 de la capacidad del tanque.	- Concentración < 1 ppm. - Cantidad descargada total < 1 m <sup>3</sup> ó 1/3000 de la capacidad del tanque.
	- Que el buque esté navegando al menos a 7 nudos ó a 4 si no es autopulsado. - Que se haga a no menos de 12 millas de la tierra más próxima.		

#### **5.4 La construcción de los buques quimiqueros en relación a la prevención de la contaminación.**

La diferencia fundamental en los aspectos de la construcción, entre los buques quimiqueros y los buques tanque dedicados al transporte de hidrocarburos, estriba en el diseño de los tanques. Los productos químicos, en algunos casos, de elevado coste, requieren de unos altos niveles de pureza. Este requisito obliga a diseñar tanques de manera que las operaciones de limpieza puedan realizarse con suma facilidad y operatividad, ello trae consigo eliminar en su construcción los refuerzos tradicionales dentro de los tanques. En función de la carga (y de sus características de segregación) se diseñarán uno u otro tipo de estructura, con calidades diferenciadas de soldaduras y construcción.

Predominan en los buques tanque quimiqueros el uso generalizado de cofferdams,<sup>4</sup> dobles fondos y tanques laterales de protección. El material de construcción usado tradicionalmente fue el acero inoxidable, pero con el tiempo se han desarrollado una serie de revestimientos (Tabla IX) que en ciertos casos serán los más adecuados, mientras que serán incompatibles para otros productos.

El Código IBC establece los siguientes tipos de buques:

##### Buque Tipo I.

Se trata del tipo de buque especializado en el transporte de productos que encierran riesgos muy graves (los de mayor riesgos) para el medio ambiente y la seguridad en general de personas y medios. Ello les obliga a cumplir a que se adopten medidas muy rigurosas que impidan los vertidos y escapes de cargamentos al mar y al ambiente. Sus tanques de carga estarán ubicados a una distancia transversal del forro no menor de 1/5 de la manga máxima del buque o de 11,5 metros si este valor es menor; y a una distancia longitudinal del forro del fondo mayor de 1/15 manga o 6 metros (la mayor), y en ningún caso será menor de 760 mm. Además de estas medidas mínimas de las distancias de tanques, que en definitiva configuran una protección adicional en caso de varada, los buques tipo I tendrá que cumplir, de acuerdo con el Código IBC (apartado 2.5) unas condiciones especiales de resistencia ante averías en unos supuestos concretos de inundación (establecidos en el apartado 2.7). En cualquier caso la cantidad máxima de carga permitida por tanque no superará los 1.250 m<sup>3</sup>.

##### Buque Tipo II.

Los productos son considerablemente graves pero el riesgo es menor al de los transportados en la categoría anterior. Las prescripciones de distancia longitudinal desde el forro

siguen siendo las mismas pero no se establecen distancias transversales mínimas. La resistencia a la avería se supone en toda la eslora si esta es mayor de 150 metros, pero en buques de menor eslora sólo se supondrá que resisten averías igualmente en toda la eslora a excepción de las averías que afecten a uno u otro mamparo de los que limitan un espacio de máquinas situado a popa. También existe limitación de capacidad para los tanques, pero esta cantidad sube hasta los 3.000 m<sup>3</sup>.

### Buque Tipo III.

La gravedad de los productos que transportan estos barcos es la menor dentro de la peligrosidad que representan los buques afectos al Código de Buques Quimiqueros. No se establece limitación transversal ni longitudinal de los tanques de carga, ni tan si quiera se limita la capacidad permitida en volumen. La resistencia en todos los supuestos de avería a lo largo de toda la eslora no se aplica más que a aquellos buques tipo III que superen los 225 metros de eslora, para el resto se supondrán las consideraciones de los tipo II de eslora inferior a 150 metros.

**Tabla IX**

Revestimientos utilizados en la construcción de buques quimiqueros según los criterios de la Organización Marítima Internacional (Doc. *IMO J/2828*, 1986).

Revestimiento	Adecuado para:	Inadecuado para:	Observaciones:
<b>EPOXIA</b>	Alcalis, glicoles, agua de mar, grasas animales, aceites vegetales.	Compuestos aromáticos.	Algunos revestimientos pueden conservar vestigios del producto.
<b>RESINAS FENÓLICAS</b>	Disolventes fuerte, poliuretanos.	-	Mejor resistencia que la epoxia, pero costo mayor.
<b>SILICATO DE CINC</b>	Disolventes de hidrocarburos aromáticos.	Ácidos, álcalis, agua de mar, aceites vegetales y grasas animales.	La humedad en el tanque puede dar lugar a algunos compuestos halogenados que reaccionen con la carga produciendo ácidos que dañen el revestimiento.
<b>POLIURETANO</b>	Alcalis, glicoles, agua de mar, grasas animales, aceites vegetales; y algunos disolventes de hidrocarburos aromáticos.	-	Tiene un acabado liso que se limpia más fácilmente que la epoxia. Las cargas solubles en el agua no deben ir seguidas de agua mientras el revestimiento no esté seco.
<b>CAUCHO</b>	Sustancias muy corrosivas (ácidos fosfórico o clorhídrico).	-	-
<b>ACERO</b>	Ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico, sosa cáustica, vino.	-	Se utilizan distintas calidades de acero. Hay corrosión, pero suele ser controlable. El agua del mar es especialmente corrosiva, por lo que hay que tener cuidado en el lavado de los tanques.

Además de esta clasificación en cuanto a tipos de buques, el Código IBC establece unos criterios de construcción según los tres siguientes criterios:

- a) Tanque independiente: aquel que no es parte de la estructura del casco y tampoco está adosado al mismo, y se llama independiente porque no resiste los esfuerzos y movimientos del casco.
- b) Tanque estructural: aquel que sí forma parte de la estructura y por tanto se ve afectado de los efectos del propio casco y de esa manera es parte esencial de la integridad estructural del buque.
- c) Tanque de gravedad: puede ser independiente o estructural pero se caracteriza porque puede soportar una presión de 0,7 bares en la tapa del mismo.

La respiración de los tanques también es otro de los requisitos a los que se ven obligados los buques según el tipo de producto químico que se transporte, y puede ser abierta o controlada:

- a) Respiración abierta: es el sistema menos riguroso y solo puede ser empleado en aquellos casos en que los productos no suponen un riesgo muy elevado de inflamación (el punto de inflamación del producto es superior a los 60°C v.c.) ni existe riesgo de toxicidad para la salud. Suele consistir en una simple instalación de respiraderos en los que el área de sección suele ser de 1,25 veces la de las líneas de carga. El flujo de vapores entre los tanques de carga y el ambiente es totalmente libre excepto las pérdidas que pudiesen existir por fricción o las pantallas cortallamas en su caso.
- b) Respiración controlada: es el sistema empleado habitualmente para productos químicos peligrosos o contaminantes. En la respiración controlada cada tanque dispone de unas válvulas de presión/vacío que limitan la presión/vacío del tanque.

En la práctica son muchos los buques que incorporan este tipo de válvulas a respiradores (abiertos) de forma que según se bloquee o no la válvula P/V tendremos uno u otro sistema.

Los conductos de extracción de cualquiera de los sistemas de respiración estarán a una altura normalizada dependiendo de la toxicidad del producto, la velocidad de escape, de la proximidad de espacios de alojamiento, o de las fuentes de ignición.

## Notas al Capítulo 5

1. En 1948, el *R.E. Wilson* fue el primer quimiquero de esta primera generación (9.073 TRB): incorporaba doble fondo en toda su eslora y bombas de pozo profundo. En 1955 se instalaron en el *Marine Chemical Transporter* (16.887 TRB) mamparos verticales y longitudinales. En cualquier caso no todos los buques quimiqueros de esta época pionera procedían de la transformación de antiguos T-2, existiendo destacadas excepciones: el *Texan* procedía de un buque de carga general o el *Heaven* que era un buque hospital de la U.S. Navy. En este último ejemplo se equiparon sistemas independientes de carga y descarga que permitían hasta 28 productos diferentes.

2. Las primeras propuestas fueron presentadas en el 15º período de sesiones del MSC-IMO en Marzo de 1967.

3. En la primera versión del Anexo II del MARPOL se establecían una serie de cálculos sobre cantidades residuales y sobre cómo llevar a cabo las descargas que complicaban enormemente las tareas rutinarias operacionales, ya que en productos de categoría B y C había que establecerse esta descarga en función de diferentes parámetros: superficies verticales y horizontales del tanque, propiedades físicas del producto, consideraciones ambientales; además de que en el vertimiento no se superarían las concentraciones especificadas para lo que había que calcular la velocidad del buque óptima y el régimen de la descarga por debajo de la línea de flotación.

En las nuevas enmiendas se permitía la descarga de cantidades menores sin necesidad de llevar a cabo los complicados cálculos anteriores introduciendo nuevas disposiciones en base al agotamiento eficiente de los tanques.

4. Espacio "perdido" entre tanque y tanque, que se utiliza de protección.

# 6

## **A modo de Conclusión: Recomendaciones finales.**

---

Parecía que con la implantación de los nuevos instrumentos legales (OPA'90 y Enmienda 91 del MARPOL) el futuro se nos presentaba halagador, pero, como ya hemos estudiado en capítulos anteriores, los accidentes del *Aegean Sea* y el *Braer* frustraron muchas esperanzas ya que aunque estos buques hubieran tenido el doble casco (de hecho uno lo tenía) el derrame también se hubiera producido.

Parece que después de cuarenta años una cuestión sigue latente, coaligada con la prevención de la contaminación, la seguridad de la navegación y la importancia del factor humano de riesgo. Parece como si las Administraciones hubiesen escogido caminos opuestos: por una parte elevando los standards de seguridad en la construcción de los buques y obligando a comprar por tanto buques más caros e invirtiendo grandes sumas en Planes de Actuación, cuando a su vez se permite la flexibilización en las contrataciones de tripulaciones, permitiendo el embarque de menos personal y el embarque de personal menos cualificado. Nos hemos olvidado del componente personal a la hora de establecer los criterios prevencionistas. Como establecía el Prof. Marí hace unos años, el factor humano, el complejo tema del factor humano, se ha revitalizado gracias a los desastres ecológicos, considerándose éste la causa fundamental de riesgo después de años de encontrarse en un segundo plano, y como prueba de ello la aprobación del Código ISM de gestión de la seguridad en la Asamblea IMO de 1993.

No podemos dejar de lado, en esta conclusión, una cuestión importante cual es la de la comunicación. En el Mundo actual en que todo se vende y todo se compra, la imagen es un elemento a valorar. Los profesionales del mar, nos hemos involucrado en cierto modo en el tema de las catástrofes ecológicas, siendo a veces castigados como verdaderos responsables no sólo de forma individual sino colectiva. A pesar de que quede mucho por hacer, y de que los avances en la tecnología sigan permitiéndonos unas navegaciones más seguras, los elementos naturales nunca podrán ser controlados en su totalidad por el hombre. La mar nos pasa siempre factura, y precisamente con la vida de nuestros compañeros. La prensa se ha limitado durante estos años a poner en evidencia la agresión que ha supuesto los vertidos de petróleo desde el

Mar, cuando en el porcentaje global esta sólo representa una pequeña proporción, sin recordar que el transporte marítimo es menos contaminante que el terrestre en volumen de carga transportada. Tampoco es justo acusar a las diferentes Administraciones de que "nada se hace". España ha apostado fuerte en su Plan Nacional de Salvamento y Lucha contra la Contaminación (en una segunda fase). Cuando el accidente del *Aegean Sea* la prensa no fue objetiva y esto es un hecho evidente al no informar de la realidad globalizada del problema del transporte de hidrocarburos. Ni siquiera en este caso tuvo interés en reproducir los informes técnicos de los expertos en la lucha contra la contaminación.

Para finalizar y a modo de síntesis podemos decir que el binomio Transporte Marítimo - Medio Ambiente mantiene hoy día una serie de disfunciones que no han sido superadas por la normativa desarrollada en estos últimos cuarenta años, ni por la mejora o futura mejora en la construcción de los buques tanque. Estas disfunciones a nuestro modo de ver sólo podrán mejorar a medida que el factor humano de riesgo sea considerado como vital a la hora de llevar a cabo las políticas prevencionistas. Además, y en todo momento siempre habrá que contar con los efectos distorsionadores de la comunicación en los sucesos, que difícilmente vienen a considerar algo tan esencial como que la mar y los elementos naturales no tienen control total por el Hombre.

Cádiz, 1996.

# 7

## Bibliografía.

---

### 7.1 Bibliografía referenciada (orden alfabético).

[1990] ALONSO FERNÁNDEZ, A.S.

"Medidas preventivas de la contaminación por hidrocarburos en buques-tanque."  
*IEEM* Octubre 1990. pp. 16-22.

[1984] AUDUNSON, T.

*The experimental oil spill on Haltenbanken.*  
Trondheim, 1984  
IKU Pub.12

[1987] BLANCO BAZÁN, A.

"Normativa Internacional para la prevención del Medio Ambiente."  
*Marina Civil* N°5 (Sept-Oct'87) pp.19-23

[1990] BOLT, K.J.

"Las consecuencias del vertido de Hidrocarburos en el mar."  
*IV Congreso Int. de Tráfico Marítimo y Manipulación Portuaria*  
Santa Cruz Tenerife, 1990

[1988] BUCHANAN, I.;HURFORD, N.

*Report of the Forties Fate Trial.*  
WSL Report LR671.

[1990] CRUZ ITURZAETA, E.

"Convenio Internacional sobre la preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos."  
*IEEM* Julio 1990. pp.15-19.

[1993] DIAZ, A. SÁNCHEZ, M. GUIASOLA F. DE LA CALLE, M.A.

"Algunas Reflexiones sobre la contaminación marina."

MAPFRE SEGURIDAD N°51 (3/93) pp. 25-31.

[1990] DOMOVIC, D.

"Recuperación de hidrocarburos: Equipo y técnicas."

IEEM Septiembre 1990. pp. 27-34.

[1991] EDMOND, J.

"The position of P and I Clubs regarding oil pollution."

IEEM Julio 1991. pp.35-40.

[1984] FLOODGATE, G.D.

"The fate of Petroleum in Marine Ecosystems"

En: *Petroleum Microbiology*.

Nueva York, 1984. pp.355-398.

[1992] FRANÇOIS, A.

"La contaminación por petróleo durante la Guerra del Golfo Pérsico."

IEEM Septiembre 1992. pp. 19-23.

[1991] GAMO SERRANO, C.

"Medidas preventivas de la contaminación por hidrocarburos en plataformas de perforación y de producción."

IEEM Junio 1991. pp. 29-33.

[1990] HURFORD, N.

*Report of the Flotta Fate Trial.*

WSL Report LR725.

[1990] KOOPS, W.

*Handboek oliebestrijding, op zee, kust en binnenwateren.*

Rijswijk, 1990

North Sea Directorate

[1980] NOUNOU, P.

"Fate and Effects of Oil in the Marine Environment"

AMBIO, 9 pp. 297-302.

[1994] PAEZ GUTIERREZ, J.L.

*La Seguridad en los Buques Químicos.*

Tesina de Licenciatura, Facultad de CC. Náuticas.

Cádiz, 1994.

[1993] PARDO, F.

*Manual del Curso de formación básica de operadores MRCC-VTS.* IEEM.

(Temas de Contaminación Marina.)

Gijón, IEEM.

[1991] PASTOR, X.

*El Mediterráneo.*

Madrid, Debate/Greenpeace

[1991] PRITCHARD, P.H.

*Interim Report: Oil Spill Bioremediation Project.*

Gulf Breeze, 1991.

US-EPA

[1992] SALGADO Y SALGADO, J.E.

"Ley de Contaminación por Petróleo de los EE.UU., 1990."

*IEEM* Agosto 1992. pp.18-23.

[1991] SHELL.

*The tanker industry in the 1990's.*

Shell Group of Companies/Robert Stace & Co. Ltd.

[1993] SWANNELL, R.P.J.; McDONAGH, M.; TOOKEY, D.

*Bioremediation of Oil Spills: A State of the Art Review.*

WSL Report CR3807.

[1990] VILASECA BUITRAGO, J.L.

"Uso de dispersantes, absorbentes, y solidificadores."

*IEEM* 1ªParte: Julio 1990. pp. 27-29. 2ªParte: Agosto 1990. pp. 18-20.

## 7.2 Documentación de la Organización Marítima Internacional (IMO) sobre Contaminación.

IMO

*Emergency procedures for ships carrying dangerous goods.*

Londres, 1980

IMO

*Guide to international assistance on marine pollution emergencies.*

Londres, 1990

IMO.

*Preventing Marine Pollution.*

Londres, 1989

Documento IMO J/2866/Rev.2 (Focus on IMO/Septiembre 1989)

IMO.

*Guía para MARPOL 73/78.*

Londres, 1986

Documento IMO J/2741 (La OMI al día/Marzo 1986)

IMO.

*Guía para MARPOL 73/78.*

Londres, 1992

Documento IMO J/2741/Rev.3 (La OMI al día/Mayo 1992)

IMO.

*Sustancias Químicas en el Mar.*

Londres, 1986

Documento IMO J/2828 (La OMI al día/Junio 1986)

IMO.

*La prevención de la Contaminación del mar.*

Londres, 1988

Documento IMO J/2866/Rev.1 (La OMI al día/Marzo 1988)

IMO.

*Transporte Marítimo sin riesgos de cargas peligrosas, potencialmente peligrosas y perjudiciales, incluidas las sustancias potencialmente peligrosas para el Medio Ambiente (Contaminantes del Mar) y los desechos.*

Londres, 1991

Documento IMO J/3737/Rev.3 (La OMI al día/Agosto 1991)

IMO.

*Manual sobre la Contaminación ocasionada por Hidrocarburos. Parte I - Prevención.*

Londres, 1983

IMO.

*Manual sobre la Contaminación ocasionada por Hidrocarburos. Parte II - Planificación para contingencias.*

Londres, 1988

IMO.

*Manual sobre la Contaminación ocasionada por Hidrocarburos. Parte III - Salvamento.*

Londres, 1983

IMO.

*Manual sobre la Contaminación ocasionada por Hidrocarburos. Parte IV - Lucha contra los derrames de Hidrocarburos.*

Londres, 1991

IMO.

*Manual sobre la Contaminación química. Parte I - Evaluación del problema y medidas de respuesta.*

Londres, 1987

IMO.

*Manual sobre la Contaminación química. Parte II - Búsqueda y recuperación de mercancías en bultos perdidos en el mar.*

Londres, 1991

IMO.

*Directrices para la elaboración del Plan de Emergencia de a bordo en caso de Contaminación por Hidrocarburos.*

Londres, 1992

IMO/MEPC Circ.256 10.Abril.1992

IMO/FAO/UNESCO/WHO/IEAU/UN/GESAMP.

*Review of harmful substances.*

Nueva York, 1976

UN

IMO/UNEP

*Guidelines on oil spill dispersant application and environmental considerations.*

Londres, 1982

IMO/UNEP

IMO.

*Día Marítimo Mundial 1988: Gestión Naviera en pro de la Seguridad Marítima y la Prevención de la Contaminación.*

Londres, 1988

Documento IMO J/3712

### **7.3 Documentación de la OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*) sobre Contaminación.**

ITOPF.

*Tanker Owners Voluntary Agreement concerning liability for oil pollution (TOVALOP).*

Londres, 1990

ITOPF.

*TOVALOP & CRISTAL - a guide to oil spill compensation.*

Londres, 1990

ITOPF.

*Aerial observation of oil at sea.*

Londres, 1981

Paper nº1

ITOPF.

*Effects of marine oil spills.*

Londres, 1985

Paper nº10

ITOPF.

*Fate of marine oil spills.*

Londres, 1986

Paper n°11

ITOPF.

*Action: oil spill.*

Londres, 1986

Paper n°12

ITOPF.

*Use of booms in combating oil pollution.*

Londres, 1981

Paper n°2

ITOPF.

*Aerial application of oil spill dispersants.*

Londres, 1982

Paper n°3

ITOPF.

*Use of oil spill dispersants.*

Londres, 1982

Paper n°4

ITOPF.

*Use of skimmers in combating oil pollution.*

Londres, 1983

Paper n°5

ITOPF.

*Recognition of oil on shorelines.*

Londres, 1983

Paper n°6

ITOPF.

*Shoreline clean-up.*

Londres, 1983

Paper n°7

ITOPF.

*Disposal of oil and debris.*

Londres, 1984

Paper n°8

ITOPF.

*Contingency planning for oil spills.*

Londres, 1985

Paper n°9

ITOPF.

*Response to Marine Oil Spills.*

Londres, 1987

ITOPF/Witherby & Co.

ITOPF/OCIMF.

*Guidelines for the preparation of shipboard oil spill contingency plans.*

Londres, 1990

ITOPF/Witherby & Co.

#### **7.4 Documentación del REMPEC (*Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea*) sobre Contaminación.**

REMPEC.

*Catalogue of response equipment and products.*

Malta, 1989 (3ª Edic.)

REMPEC/IMO/UNEP

REMPEC.

*Concise dictionary of Marine Anti-Pollution Terms*

Malta, 1988

REMPEC/IMO/UNEP

REMPEC.

*Description of the Centre's Databank.*

Malta, 1991

REMPEC/IMO/UNEP

## REMPEC.

*Directory of companies offering services in the Mediterranean in case of emergency.*

Malta, 1990

REMPEC/IMO/UNEP

## REMPEC.

*Guide for combating accidental Marine Pollution in the Mediterranean.*

Malta, 1988

REMPEC/IMO/UNEP

## REMPEC.

*List of alerts and accidents in the Mediterranean.*

Malta, 1991

REMPEC/IMO/UNEP

## REMPEC.

*M.T.Haven - Report. Information document submitted by REMPEC.*

Malta, 1991.

REMPEC/IMO/UNEP

## REMPEC.

*Major accidents in the Mediterranean Region.*

Malta, 1991

REMPEC/IMO/UNEP

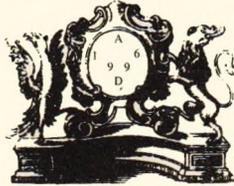
## REMPEC.

*Proceedings of the Workshop on combating accidental pollution of the Mediterranean Sea by harmful substance.*

Malta, 1990

REMPEC/IMO/UNEP





EL 24 DE ENERO,  
FESTIVIDAD ENTRE OTROS DE SAN MACEDONIO, SOLITARIO,  
QUE POR SU DIETA EXCLUSIVA DE CEBADA MERECIÓ EL NOMBRE DE  
CRIPTÓFAGO, MUERTO EN SIRIA EN EL 420;  
Y DE SAN CADOC, MONJE BRITANO DEL SIGLO VI,  
FUNDADOR DEL MONASTERIO DE NAN-CERVAN  
Y TAN AMANTE DE VIRGILIO  
QUE LLEGÓ A LLORAR POR SU PROBABLE CONDENACIÓN,  
SE TERMINÓ DE IMPRIMIR ESTE LIBRO EN LOS TALLERES  
DE GRÁFICAS VARONA, EN SALAMANCA



Francisco Piniella Corbacho es profesor del departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación de la Universidad de Cádiz, impartiendo docencia en la Facultad de Ciencias Náuticas. En este libro realiza un estudio sincrético sobre la contaminación producida por el transporte marítimo de sustancias nocivas al medio; desde las claves básicas del problema hasta las complejas técnicas de lucha y contención pasando por la normativa internacional y los convenios que rigen en la actualidad.



SERVICIO DE PUBLICACIONES  
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

ISBN: 84-7786-288-5



9 788477 862888