



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Naval

“EQUIPOS, INSTALACIONES Y PROCEDIMIENTOS EXIGIDOS A BORDO PARA LA DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y LOS EFECTOS DE ESTA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE”

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Naval.
Mención: Maquinas Marinas.

Profesor Patrocinante:
Sr. Roberto Casanova Esparza.
Oficial de la Marina Mercante Nacional.

PEDRO ANDRÉS CASTRO RETAMALES
VALDIVIA - CHILE

2007

Esta tesis ha sido sometida para su aprobación a la comisión de tesis, como requisito para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

La tesis aprobada, junto con la nota de examen correspondiente, le permite al alumno obtener el título de Ingeniero Naval, mención en Maquinas Marinas.

EXAMEN DE TITULO

Nota de presentación (ponderada) (1) :
Nota de Examen (ponderada) (2) :
Nota final de titulación (1+2) :

COMISION EXAMINADORA

..... DECANO	 FIRMA
..... EXAMINADOR	 FIRMA
..... EXAMINADOR	 FIRMA
..... EXAMINADOR	 FIRMA
..... SECRETARIO ACADEMICO	 FIRMA

Valdivia,.....

Nota de Presentación = NC/NA * 0,6 + Nota de Tesis * 0,2
Nota final = Nota de Presentación + Nota de Examen * 0,2
NC = Sumatoria de Notas de Currículo, sin Tesis
NA = Numero de asignaturas cursadas y aprobadas, incluida
práctica profesional.

Agradecimientos.

Estoy culminando este largo proceso, este es uno de los regalos más grande que me pueden hacer y espero aprovecharlo de la mejor manera, en el cual todo se los debo a mis padres y hermanos, ya que sin su dedicación y sacrificio no habría sido posible esto. Tampoco quisiera dejar fuera a mi polola ya que ella fue un gran apoyo en los momentos difíciles. A mis grandes amigos en la "U", los cuales me dieron gran alegría y también me tendieron la mano cuando los necesite. A mis vecinas que tanto cariño nos han dado, tanto a mí como a mi hermano. A mis profesores los cuales me han entregado las herramientas para ser un gran profesional, el cual pretendo ser.

Padres y hermanos, espero que estén orgullosos de mi logro, los quiero mucho.

Índice.

Índice.	
Resumen.	1
Summary.	2
Introducción.	3
CAPITULO I: Reseña Histórica.	4
1.1 La marina mercante y la necesidad de implantar normas.	4
1.2 Aparición de la OMI en el ámbito internacional y su importancia en el cuidado del medio ambiente.	4
1.2.1 Fundación y finalidad de la OMI.	4
1.2.2 Estructura.	5
1.2.3 La OMI en el cuidado del medio ambiente.	5
 CAPITULO II: Principales agentes contaminantes por la operación.	8
de los buques mercantes, establecidos por MARPOL, y su impacto sobre el medio ambiente.	
2.1 Contaminación por hidrocarburos.	9
2.1.1 Efectos de los hidrocarburos en la salud humana.	9
2.1.1.1 Ingesta.	10
2.1.1.2 Aspiración.	10
2.1.1.3 Contacto.	11
2.1.2 Descripción toxicológica de algunos componentes de los hidrocarburos.	11
2.1.3 Consecuencia sobre el ambiente.	12
2.1.3.1 Elementos abióticos.	12
2.1.3.2 Elementos bióticos.	13
2.1.3.3 Elementos socio económicos.	15
2.1.4 Evolución de las manchas de petróleo.	17
2.1.5 Procesos de envejecimiento.	17
2.1.6 Los factores que intervienen en la deriva de un hidrocarburo.	19
2.1.7 Sistemas y técnicas de limpieza de los vertidos de hidrocarburos.	20
2.1.7.1 Contención y recogida.	20
2.1.7.2 Tratamiento de las emulsiones.	24
2.1.7.3 Las labores de limpieza en playas.	24
2.1.7.4 Los efectos y labores de limpieza en aves petroleadas.	25
2.1.7.5 Actividades en costas pantanosas.	26
2.1.7.6 Dispersantes.	26
2.1.7.7 Incineración.	28
2.1.7.8 Biodegradación.	28
2.1.7.9 No hacer nada.	28
2.2 Contaminación por sustancias químicas.	28
2.3 Contaminación por aguas sucias y basuras.	29
2.3.1 Aguas sucias.	29
2.3.2 Basuras.	32
2.4 Contaminación de la atmosférica	36
2.4.1 Definición de contaminación atmosférica.	36

2.4.2	¿Cuáles son los principales contaminantes del aire?	36
2.4.2.1	Monóxido de Carbono (CO).	36
2.4.2.2	Dióxido de Carbono (CO ₂).	37
2.4.2.3	Clorofluorcarbonos (CFC).	40
2.4.2.4	Plomo.	40
2.4.2.5	Ozono (O ₃).	40
2.4.2.6	Óxido de nitrógeno (NO _x).	42
2.4.2.7	Partículas.	43
2.4.2.8	Dióxido de azufre (SO ₂).	44
2.5	Tablas de datos con alguno de los distintos agentes contaminantes Estudiados.	45
2.5.1	Utilidades necesarias: Unidades de concentración y leyes de los gases.	45
2.5.2	Unidades de volumen / volumen	45
2.5.3	Unidades masa / volumen	46
2.6	Organismos no deseados en el agua de lastre.	48
2.6.1	Legislación de las aguas de lastre en Chile.	50
2.7	Pinturas antiincrustantes tóxicas.	52
2.7.1	El problema del TBT.	52
2.7.2	nuevas pinturas antiincrustantes desarrolladas por las industrias Ceresita, según regulaciones OMI.	54
2.8	Generalidades sobre los reglamentos según marpol para la disminución de la contaminación.	55
2.8.1	contaminación por hidrocarburos.	55
2.8.1.1	Descargas Operativas.	56
2.8.1.2	Anexo I.	57
2.8.1.3	Regulación técnica.	57
2.8.1.4	Exigencias Operativas.	58
2.8.1.5	Régimen de Aplicación.	58
2.8.1.7	Control.	59
2.8.1.8	Penalización.	59
2.8.1.9	Logros de la aplicación del anexo I.	60
2.8.2	Reglas para prevenir la contaminación ocasionada por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel.	61
2.8.2.1	Desarrollo del código.	62
2.8.3	Prevención de la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos.	66
2.8.4	Prevención de la contaminación por las aguas sucias de los buques.	67
2.8.5	Prevención de la contaminación por las basuras de los buques.	68
2.8.6	Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.	70
2.8.6.1	El Protocolo de 1997 (Anexo VI).	72
2.8.6.2	Nuevas especificaciones de los equipos que producen contaminación atmosférica.	73
2.8.6.3	Motores de combustión interna.	73
2.8.6.4	Métodos primarios para reducir la formación gases contaminantes en el motor principal.	75
2.8.6.5	Métodos secundarios para reducir la formación gases contaminantes en el motor principal.	80
2.8.6.6	Emisiones de gases procedentes de una caldera.	82
2.8.6.7	Emisiones de gases procedentes de una planta incineradora.	85
2.8.6.8	Emisiones de gases procedentes de una planta refrigeración y de aire acondicionado.	86
2.8.6.9	Emisiones de gases procedentes de equipos extintores de incendio.	87
2.8.7	Posibles anexos futuros del MARPOL 73/78.	88
2.8.7.1	Organismos acuáticos no deseados en el agua de lastre	88

2.8.7.2	Pinturas antiincrustantes tóxicas.	89
CAPITULO III: Equipos e instalaciones para la disminución de la contaminación.		91
3.1	Los equipos que están diseñados para la disminución de la contaminación los buques según Marpol son:	91
3.2	Tratamiento de aguas de Sentina (aguas aceitosas).	91
3.2.1	Datos de placa de una planta de separación de aguas oleosas.	92
3.2.2	Recorrido que hacen los líquidos por el separador de sentina.	93
3.2.3	Circuito básico del separador de sentina.	95
3.2.4	Control de nivel.	97
3.2.4.1	Principio de operación.	97
3.2.4.2	Esquema del funcionamiento del detector de interfase y como actúa sobre la válvula solenoide de descarga de los hidrocarburos separados.	97
3.3	Tratamiento de Aguas Servidas (sewage).	98
3.3.1	Datos técnicos.	98
3.3.2	Explicación del proceso de las aguas servidas que pasan por el Sewage.	99
3.3.3	Otro modelo de una planta de tratamiento de aguas servidas.	101
3.3.4	Descripción general alguna las partes principales de la planta de tratamiento de aguas servidas. <i>Figura 36.</i>	102
3.3.5	Especificaciones de la Planta de Aguas Servidas.	103
3.4	Instalación incineradora	103
3.4.1	Características del Incinerador de Sludge.	104
3.4.2	Otro modelo de incinerador aceite.	105
3.4.2.1	Características.	105
3.4.2.2	Sección del incinerador.	105
3.4.2.3	Bomba Solenoide.	106
3.4.2.4	Dispositivos de seguridad.	107
3.4.2.4	Especificaciones técnicas.	107
CAPITULO IV: Documentación y procedimientos exigidos a bordo según norma internacional.		108
4.1	Contaminación por hidrocarburos.	108
4.2	Directrices para realizar las investigaciones e inspecciones acorde con lo estipulado en el Marpol 73/78 (Efectuado por la Directemar).	108
4.2.1	Inspección del certificado IOPP, del buque y de su equipo.	108
4.3	Plan de contingencia para derrame de hidrocarburos SOPEP (siglas en ingles "Shipboard Marine Pollution Emergency Plans")	109
4.4	Ejemplo de procedimiento a bordo para mitigar la contaminación por hidrocarburos al mar, producto de accidentes.	112
4.4.1	Deberes del grupo de respuesta a bordo:	112
4.4.2	Procedimientos en caso de derrame de hidrocarburos.	113
4.4.3	Procedimientos seguidos en caso de accidentes, que podrían generar un peligro de derrame de hidrocarburos.	114
4.5	Ejemplos listas de chequeo, en el caso de posibles derrames de hidrocarburos.	119
4.6	Libro de registro de hidrocarburos.	112

Conclusiones.	123
Bibliografía.	124
Direcciones Web Consultadas.	125

- ANEXO I *"INFORME PRELIMINAR DEL IMPACTO DEL VERTIDO DEL PETROLERO (PRESTIGE) EN TORTUGAS Y MAMÍFEROS MARINOS DE LAS AGUAS GALLEGAS"*
- ANEXO II *"INFORME DEL PENTÁGONO SOBRE EL CALENTAMIENTO GLOBAL"*
- ANEXO III *"TRATADO DE KYOTO"*
- ANEXO IV *"INFORME DE NASA Y NOAA SOBRE LA REDUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO."*

Resumen.

Este trabajo trata de los problemas productos de la contaminación, referido principalmente a la operación en los buques y su impacto sobre el medio ambiente.

También se hace referencia a las normativas y equipos existentes a bordo para la disminución de la contaminación.

Esta tesis se ha hecho con la finalidad que la gente de mar, oficiales de puente, tripulantes y principalmente oficiales de maquinas, estén en pleno conocimiento acerca de cómo, a través de la historia, la marina mercante ha tomado conciencia sobre el problema de la contaminación del mar, y poder saber los impactos de la operación y deberes abordado, ante este problema de ámbito mundial.

Summary.

This work is about the problems of the contamination, mainly contamination produced by products of operation ships and its impact on the and its impact on environment.

Likewise refering to norms and attack equipment currently in use on board to decrease the contamination.

The purpose of this thesis is oriented to sea workers, deck officers , crew and engineering officers participants; who can take all the knowledge about how through history, the merchant marine took conscience of the sea contamination problem. The work also shows the impacts of this operation in this word-wide problem.

Introducción.

La contaminación es un problema mundial, el cual afecta directamente a la marina mercante internacional, por lo cual la “Organización Marítima Internacional”, (OMI) ha tomado carta en el asunto, estableciendo medidas, reglamentos, procedimientos, etc., para mitigar la contaminación en mar por la operación de los buques.

Este trabajo trata de mostrar cuales son los efectos en el medio ambiente, de los distintos tipos de contaminantes indicados por las normativas internacionales (OMI), además de mostrar el funcionamiento de algunos equipos y procedimientos exigidos a bordo para la disminución de la contaminación.

CAPITULO I

Reseña Histórica.

1.1 La marina mercante y la necesidad de implantar normas.

La revolución industrial de los siglos XVIII y XIX y el resultante auge del comercio internacional dieron pie a la adopción de una serie de tratados internacionales relativos al transporte marítimo y la seguridad. Entre los temas que abarcan esos instrumentos están el arqueo, la prevención de abordajes, la señalización, y otros.

Ya a finales del siglo XIX se había propuesto la creación de un órgano marítimo internacional permanente que se encargase de esas medidas y otras que pudieran adoptarse en el futuro. El plan no se llevó a cabo, pero la cooperación internacional prosiguió en el siglo XX, con la adopción de más tratados de ámbito internacional.

Cuando nació la OMI, en 1958, ya se habían elaborado varios convenios internacionales importantes, en particular el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1948, y el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, 1954, así como tratados relativos a las líneas de carga y a la prevención de los abordajes en el mar.

La OMI recibió el mandato de garantizar la actualización de la mayoría de esos convenios. También se le confió la tarea de elaborar nuevos convenios a medida que las circunstancias lo exigieran.

La creación de la OMI coincidió con un periodo de profundos cambios en el transporte marítimo mundial, por lo cual, desde un principio, la Organización tuvo que desarrollar una gran labor para elaborar nuevos convenios y garantizar que los instrumentos existentes se mantuvieran al mismo ritmo que evolucionaba la tecnología del transporte marítimo.

1.2 Aparición de la OMI en el ámbito internacional y su importancia en el cuidado del medio ambiente.

1.2.1 Fundación y finalidad de la OMI.

El Convenio por el que se constituyó la Organización Marítima Internacional fue adoptado el 6 de marzo de 1948 por la Conferencia Marítima de las Naciones Unidas que se convocó en Ginebra el 19 de febrero de 1948. El Convenio, que entonces se conocía como Convención relativa a la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, entró en vigor el 17 de Marzo de 1958. La nueva Organización se constituyó el 6 de enero de 1959 al celebrar la Asamblea su primer periodo de sesiones. Con arreglo a una enmienda al Convenio constitutivo que entró en vigor el 22 de mayo de 1982, se modificó el nombre de la Organización, la cual pasó a denominarse Organización Marítima Internacional. Ver figura 1.



Escudo que representa a la Organización Marítima Internacional. Figura 1.

Los objetivos de la Organización, que se resumen en el artículo 1 a) del Convenio constitutivo, son ***"deparar un sistema de cooperación entre los gobiernos en la esfera de la reglamentación y de las prácticas gubernamentales relativas a cuestiones técnicas de toda índole concernientes a la navegación comercial internacional; alentar y facilitar la adopción general de normas tan elevadas como resulte factible en cuestiones relacionadas con la seguridad marítima, la eficiencia de la navegación y la prevención y contención de la contaminación del mar ocasionada por los buques"***.

La Organización está también facultada para atender las cuestiones administrativas y jurídicas relacionadas con dichos objetivos.

1.2.2 Estructura.

La Organización está constituida por una Asamblea, un Consejo y cuatro comités principales: Comité de Seguridad Marítima, Comité de Protección del Medio Marino, Comité Jurídico y Comité de Cooperación Técnica. Hay asimismo un Comité de Facilitación y varios subcomités adscritos a los principales comités técnicos.

1.2.3 La OMI en el cuidado del medio ambiente.

Uno de los problemas más importantes, aparte problemas relacionados con la seguridad, fue la amenaza de contaminación del mar ocasionado por los buques, en particular los buques tanque.

El principal agente contaminante al cual se le quiso poner atajo, fue el producido por los vertidos de hidrocarburo. Esto se realizó con el Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos de 1954 (OILPOL 1954).

El Convenio OILPOL reconoció que la mayor parte de la contaminación por hidrocarburos proviene de las operaciones rutinarias a bordo de los buques, como en el caso de la limpieza de los tanques de carga. En la década de 1950, la práctica normal era simplemente lavar los tanques con agua y después bombear la mezcla resultante de hidrocarburos y agua al mar.

El OILPOL 54 prohibió el vertimiento de desechos oleosos a una cierta distancia de tierra y en "zonas especiales" donde el peligro al medio ambiente era especialmente grave.

El OILPOL 54 prohibió el vertimiento de desechos oleosos a una cierta distancia de tierra y en "zonas especiales" donde el peligro al medio ambiente era especialmente grave. En 1962 se ampliaron los límites por medio de una enmienda que se adoptó en la Conferencia organizada por la OMI.

Mientras tanto, la OMI creó en 1965 un Subcomité sobre la Contaminación por Hidrocarburos, bajo los auspicios del Comité de Seguridad Marítima, para abordar las cuestiones de contaminación por hidrocarburos.

Aunque el Convenio OILPOL ya se había ratificado, en ese momento el control de la contaminación no era mayor objeto de preocupación para la OMI, y de hecho el mundo

empezaba apenas a darse cuenta de las consecuencias medioambientales de una sociedad cada vez más industrializada.

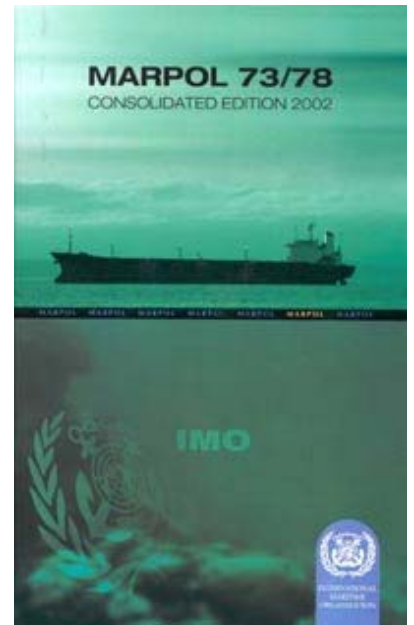
Pero en 1967, el **Torrey Canyon** varó cuando entraba en el Canal de la Mancha y derramó todo su cargamento de 120 000 toneladas de petróleo crudo al mar, provocando el mayor suceso de contaminación por hidrocarburos registrado hasta el momento. A raíz de este suceso se plantearon dudas sobre las medidas del momento para prevenir la contaminación por hidrocarburos procedente de los buques, y se pusieron de relieve las deficiencias del sistema de indemnización tras los accidentes marítimos.

En realidad fue este suceso lo que desencadenó la serie de acontecimientos que llevarían finalmente a la adopción de MARPOL, así como de diversos convenios sobre responsabilidad e indemnización.

La conferencia que adoptó MARPOL se celebró en un clima general de sensibilización creciente sobre la necesidad de proteger el medio ambiente.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano que tuvo lugar en Estocolmo en junio de 1972, proporcionó un foro global para las conversaciones sobre el medio ambiente.

En ese mismo año, la Conferencia de Londres adoptó el Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar, que regula el vertimiento en el mar de desechos industriales y otros desechos procedentes de buques y aeronaves.



Portada del libro Marpol 73/78, que contiene toda la reglamentación aprobada por OMI, el cual debe tenerse a bordo obligatoriamente, para consulta. **Figura 2.**

La adopción de MARPOL el 2 de noviembre de 1973 representó un cambio significativo, como que el Foro Marítimo Internacional de Compañías Petroleras (OCIMF) con base en Londres declaró en 1974: "El Convenio de 1973 representa un paso decisivo e histórico en la lucha contra la contaminación ocasionada por los buques. Amplía las restricciones sobre la contaminación operacional por hidrocarburos y prescribe características de proyecto y equipos en los buques tanque y otros tipos de buques, a la vez que introduce controles respecto de otras formas de contaminación procedente de los buques.", *ver figura 2.*

Pero la tarea no fue fácil. El Convenio requería la ratificación de 15 Estados, cuyas flotas mercantes combinadas constituyesen no menos del 50% del tonelaje bruto de la marina mercante mundial, y hasta 1976 tan sólo se habían recibido tres ratificaciones (Jordania, Kenya y Túnez) que representaban menos del 1% de la flota mercante mundial. Y ello a pesar de que los Estados podían constituirse en Partes en el Convenio con sólo ratificar los Anexos I (hidrocarburos) y II (productos químicos). Los Anexos III a V, que comprenden las mercancías perjudiciales transportadas en bultos, aguas sucias y basuras, eran facultativos.

"No hay duda alguna de que si el Convenio MARPOL entrara en vigor y fuera ratificado ampliamente, contribuiría de forma significativa a reducir la contaminación procedente de los buques, pero, desafortunadamente, se avanza a paso muy lento para

su entrada en vigor", escribió el abogado Robin Churchill, en la obra titulada *The Impact of Marine Pollution*.

Debido al gran número de accidentes de buques tanque ocurridos en 1976-1977, la OMI celebró en febrero de 1978 una Conferencia Internacional sobre seguridad de los buques tanque y prevención de la contaminación. En ella se adoptaron medidas sobre el proyecto y la operación de los buques tanque, que se incorporaron, respectivamente en el Protocolo de 1978 relativo al Convenio para la seguridad de la vida humana en el mar de 1974 (Protocolo de 1978 del SOLAS) y en el Protocolo de 1978 relativo al Convenio internacional para prevenir la contaminación de los buques de 1973 (Protocolo de 1978 de MARPOL).

Mucho más importante para la consecución de la entrada en vigor de MARPOL fue que el Protocolo de MARPOL de 1978 permitía a los Estados constituirse en Partes en el Convenio al implantar en primer lugar el Anexo I (hidrocarburos), ya que se había decidido que el Anexo II (productos químicos) no sería obligatorio hasta tres años después de que el Protocolo entrara en vigor.

Esto permitió a los Estados disponer de tiempo para superar los problemas técnicos del Anexo II, texto que para algunos de ellos representaba un obstáculo importante que les impedía ratificar el Convenio.

Como el Convenio de 1973 todavía no había entrado en vigor, el Protocolo de 1978 de MARPOL integró el Convenio original. A este nuevo instrumento se le llamó Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el correspondiente Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), y finalmente entró en vigor el 2 de octubre de 1983 (para los Anexos I y II).

El Anexo V, que trata de las basuras, logró las suficientes ratificaciones para entrar en vigor el 31 de diciembre de 1988, mientras que el Anexo III, que trata de las sustancias perjudiciales transportadas en bultos, entró en vigor el 1 de julio de 1992.

El Anexo IV, que trata de las aguas sucias, ha recibido 71 rectificaciones hasta septiembre de 1998, lo que representa el 42,50% del tonelaje de la flota mercante mundial.

En 1997 se añadió un nuevo Anexo VI sobre la prevención de la contaminación atmosférica producida por los buques.

El Comité de Protección del Medio Marino (CPMM) de la OMI está redactando un proyecto de reglas obligatorias sobre la gestión de las aguas de lastre para prevenir la propagación de organismos acuáticos indeseados y sobre la prohibición de pinturas antiincrustantes que son perjudiciales para el medio.

A pesar de los años que MARPOL tardó en entrar en vigor, la Conferencia de 1973 que adoptó el Convenio sentó las bases para el trabajo futuro de la OMI en cuestiones medioambientales, y su importancia no puede ser subestimada.

Así es como, desde los inicios, la mejora de la seguridad marítima y la prevención de la contaminación del mar han constituido los objetivos primordiales de la OMI.

La labor de la OMI en lo relativo a la prevención de la contaminación del mar fue reconocida en 1997, cuando se le concedió el prestigioso galardón Onassis para el medio ambiente.

CAPITULO II

Principales agentes contaminantes por la operación de los buques mercantes, establecidos por MARPOL, y su impacto sobre el medio ambiente.

El hombre ha contaminado siempre. Desde la era neolítica hasta nuestros días. Lentamente, sin embargo, ha ido tomando conciencia de esta contaminación, descubriendo que la capacidad de dilución y recepción de los océanos no es ilimitada, y que es necesario modificar sus costumbres si pretende preservarlos y mantenerlos como fuente de recursos y como lugar de esparcimiento.

Así, ha aprendido que la contaminación marina puede afectar a todos por igual, que no tiene fronteras, que puede extenderse a todas las regiones del planeta, que puede afectar a países en desarrollo y países desarrollados por igual y que todos, cual más cual menos, contribuyen a ella.

Ha aprendido que es un problema global, interdisciplinario, que abarca aspectos económicos, ecológicos, técnicos, políticos y jurídicos. Ha aprendido en fin, que la contaminación es un problema que atañe a todos, es un problema de la humanidad.

Si bien unos de los primeros indicios de la contaminación de los buques, fue la por los hidrocarburos, y pese a que la OMI ya había adoptado medidas para hacer frente a este tipo de contaminación, las trascendentales novedades surgidas en las prácticas industriales modernas, hicieron pronto patente la necesidad de adoptar otras medidas.

En consecuencia, la asamblea de la OMI decidió, en 1969, convocar una conferencia internacional que elaborase un acuerdo internacional para imponer restricciones a la contaminación del mar, la tierra y el aire, por los buques. El Convenio fue adoptado en noviembre de 1973.

Abarca todos los aspectos técnicos de la contaminación procedente de los buques, excepto el vertimiento de desechos en el mar, y se aplica a todos los tipos de buques, aunque no es aplicable a la contaminación resultante de la exploración y explotación de los recursos minerales de los fondos marinos.

El Convenio tiene dos protocolos que tratan, respectivamente, de los informes sobre sucesos relacionados con sustancias perjudiciales y del arbitraje, y cinco anexos que contienen reglas para la prevención de las diversas formas de contaminación, habiéndose aprobado el 26 de septiembre de 1997 el Anexo VI que aún no ha entrado en vigor, los Anexos tratan con:

- I. Contaminación por hidrocarburos.
- II. Contaminación por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel.
- III. Contaminación por sustancias perjudiciales transportadas en paquetes, contenedores, tanques portátiles y camiones-cisterna o vagones-tanque.
- IV. Contaminación por las aguas sucias de los buques.

V. Contaminación por las basuras de los buques.

VI. Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

Otros posibles anexos futuros de MARPOL 73/78, que se están estudiando son:

- Organismos acuáticos no deseados en el agua de lastre
- Pinturas antiincrustantes tóxicas

Ahora que ya se tienen identificados los principales contaminantes, producto de la operación de los buques, se estudiara más a fondo cada uno de ellos, referente a su impacto sobre el medio ambiente:

2.1 Contaminación por hidrocarburos.

Los diversos ecosistemas reciben petróleo e hidrocarburos, en cantidades diversas, de forma natural, desde hace millones de años. Por esto es lógico que se encuentren muchos microorganismos capaces de metabolizar el petróleo y que sea frecuente el que muchos seres vivos sean capaces de eliminar el absorbido a través de la cadena alimenticia. No parece que es muy importante la amenaza de bioacumulación del petróleo y los productos relacionados en la cadena alimenticia, aunque en algunas ocasiones, en localidades concretas, puede resultar una amenaza para la salud, incluso humana.

2.1.1 Efectos de los hidrocarburos en la salud humana.

El término hidrocarburos totales de petróleo (abreviado TPH, en inglés) se usa para describir una gran familia de varios cientos de compuestos químicos con origen en el petróleo crudo. Debido a que hay muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos derivados del petróleo, no es práctico medir cada uno en forma separada. Sin embargo, es útil medir la cantidad total de TPH en un sitio.

Los TPH son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos que suponen entre el 50% y el 98% de la composición. Los científicos han dividido a los TPH en grupos de hidrocarburos del petróleo que se comportan en forma similar en el suelo o el agua. Estos grupos se llaman fracciones de hidrocarburos de petróleo. Cada fracción contiene muchos productos químicos individuales, y concentraciones variables de metales pesados como vanadio, níquel, cobre y hierro. Otros importantes pero menores constituyentes son el sulfuro, el nitrógeno y el oxígeno.

Algunos de los hidrocarburos presentes en el crudo tienen una conocida toxicidad para el ser humano pero, de la mayoría de ellos desconocemos el grado de peligrosidad.

Entre estos compuestos destacan por sus efectos en la salud los hidrocarburos aromáticos simples y los policíclicos (PAH).

Dependiendo de la composición del crudo estos pueden encontrarse en mayor o menor cantidad. En el caso de los petróleos ligeros, la presencia de los volátiles hidrocarburos aromáticos es mayor.

Los hidrocarburos (HC) son compuestos orgánicos constituidos predominantemente por moléculas de carbono e hidrógeno. Se clasifican en 4 tipos basados en el ordenamiento de las moléculas de carbono:

1) Alifáticos (parafinas: metano, n-hexano, isobutano): Los hidrocarburos alifáticos pueden ser saturados (Parafinas) y no saturados (Olefinas y alquinos). Los primeros poseen enlaces covalentes simples lo cual les confiere bioquímicamente y químicamente cierta inercia y también son empleados como solventes del caucho natural. Las Olefinas (Alquenos) y los alquinos son relativamente inertes para el organismo. Sin embargo, son químicamente más reactivos que los hidrocarburos saturados. El problema primario con los alifáticos es la Dermatitis y en algunos casos depresión del sistema nervioso central.

2) Aromáticos (benceno, tolueno y naftaleno): Compuestos químicos con anillo de seis carbonos (Bencenoides). En general estos compuestos son irritantes y vasodilatadores, y cuando se absorben en concentraciones suficientes producen lesiones vasculares y pulmonares severas. También son narcóticos potentes.

3) Cicloparafínicos: naftenos (ciclohexano y metilciclopentano)

4) Alkenos: que contienen una doble unión carbono-carbono, si tienen dos de estas uniones se llamarán dienos y si tienen tres de estas doble uniones se llamarán trienos.

2.1.1.1 Ingesta.

La ingestión de hidrocarburos puede afectar 3 sistemas orgánicos fundamentales: pulmón, aparato gastrointestinal y sistema nervioso.

a) Pulmón, los síntomas respiratorios son: tos, ahogo, sibilancias y ronqueras. Síntomas de distress respiratorio como tos persistente, cianosis, retracción intercostal, taquipnea (Respiración superficial y rápida). Generalmente se inician inmediatamente después de la ingestión de hidrocarburos.

b) Generalmente son irritantes de boca, faringe e intestino. Se han observado vómitos espontáneos hasta en el 40% de los pacientes. Muchos presentan náuseas, malestar intestinal, distensión abdominal, eructos y flatulencia.

c) SNC (sistema nervioso central), es inusual la aparición de síntomas como letargia, aturdimiento estupor y coma (conviene descartar en este caso la presencia de aditivos tóxicos como insecticidas o HC aromáticos, o bien la posibilidad de una ingestión intencional de gran volumen, o bien la presencia de una neumonía por aspiración grave).

2.1.1.2 Aspiración.

La toxicidad pulmonar aparece fundamentalmente por aspiración. La toxicidad pulmonar del hidrocarburo aspirado es el resultado de la inhibición de la actividad surfactante y de la lesión directa de los capilares y el tejido pulmonar.

El riesgo de aspiración depende de las propiedades de viscosidad, volatilidad, y tensión superficial del hidrocarburo. El mayor riesgo de aspiración corresponde a un producto de baja viscosidad, baja tensión superficial y gran volatilidad.

2.1.1.3 Contacto.

Dermatitis de contacto: produce irritación de la piel y picores, la piel en este estado facilita la absorción de los componentes del crudo.

Se ha asociado un aumento del riesgo de cáncer de piel con la presencia de hidrocarburos poliaromáticos (PAH).

Irritación de los ojos por contacto con gotas de crudo. Algunos componentes pueden ser absorbidos a través de la córnea.

2.1.2 Descripción toxicológica de algunos componentes de los hidrocarburos.

- ✓ **Benceno:** Puede entrar en el cuerpo vía el tracto respiratorio, el tracto gastrointestinal o a través de la piel. En trabajadores expuestos al benceno, se ha comprobado que el 20%-40% lo absorben por la piel.

Causa irritación en la piel, ojos y parte superior del tracto respiratorio. Mayores exposiciones pueden producir depresión, dolores de cabeza, vértigo y náuseas. Es considerado cancerígeno para el ser humano y no existe ningún nivel de seguridad conocido. En trabajadores expuestos al benceno se ha comprobado un incremento en la frecuencia de leucemias, mientras que en mujeres embarazadas, el benceno se acumula en el suministro sanguíneo del feto.

- ✓ **Tolueno:** Es rápidamente absorbido a través del tracto respiratorio y, se cree que su absorción por la piel es mínima. Sus principales efectos son sobre el sistema nervioso. Se han observado efectos a niveles de tan sólo 375mg/m³ (100 ppm). Estos pueden ir desde fatiga, dolores de cabeza, irritación de garganta y ojos, confusión mental, debilitamiento muscular o, incluso, insomnio.
- ✓ **Xileno:** Produce irritación de garganta, nariz, ojos y tracto respiratorio a exposiciones de 110-460 ppm. Causa efectos en el sistema nervioso similares a los del tolueno. En altas dosis puede provocar pneumonitis y deterioro renal y hepático.
- ✓ **PAH:** Los hidrocarburos aromáticos policíclicos también están presentes en el crudo. Existen cientos de PAH, si bien entre los más conocidos se encuentra el benzo-(a)-pireno (BaP). Los PAH pueden provocar cáncer de piel y pulmón y, dada su gran potencial cancerígeno, no existen límites de seguridad recomendados.

Algunos de los compuestos de los TPH pueden afectar también al sistema nervioso.

2.1.3 Consecuencia sobre el ambiente.

Un derrame o descarga de hidrocarburo afecta básicamente a tres elementos del ambiente, los cuales son:

- ✓ Elementos abióticos (suelo, formaciones del relieve, geomorfología, etc).
- ✓ Elementos bióticos (flora y fauna).
- ✓ Elementos socioeconómicos (actividades humanas, pesca, agricultura, lugares de esparcimiento de clubes, de recreación, de turismo, etc).

2.1.3.1 Elementos abióticos.

- ✓ Comportamiento en playas y costas:

Cuando el hidrocarburo alcanza las playas y costas, con frecuencia es llevado hacia afloramientos y riscos por las olas.

En regiones de marea, se acumula en pozos entre las rocas y puede mancharlas a todo lo largo del rango de intermareal. Este hidrocarburo por lo general es rápidamente limpiado por la acción de las olas, pero es más persistente en aguas protegidas.

En los cantos, guijarros y cascajos, la penetración del hidrocarburo aumenta con el incremento de las rocas.



Labores de limpieza en playas por derrame de petróleo. Dispersante agregado al derrame de

En áreas con oleaje fuerte, las piedras de la superficie se limpian rápidamente por abrasión, mientras que el hidrocarburo enterrado puede persistir por algún tiempo. Por su parte, los hidrocarburos de baja viscosidad pueden terminar siendo lavados de la playa.

El tamaño de las partículas, la profundidad del nivel freático (*“El agua que no se evapora directamente de los lagos y ríos o es transpirada por las plantas, se filtra a través del subsuelo y pasa a formar los acuíferos subterráneos. La napa freática viene a ser el acuífero más cercano a la superficie del suelo”*) y las características de drenaje determinarán la penetración del hidrocarburo en las arenas de las playas. Las playas de arena gruesa tienden a formar un banco de arena más empinado y se secan durante la marea baja, permitiendo que ocurra cierto grado de penetración, particularmente con hidrocarburos de baja viscosidad, *ver figura 3*.

El hidrocarburo por lo general se concentra cerca de la marca de la marea alta. La arena de grano fino casi siempre se encuentra en playas de perfil más plano, permaneciendo húmeda durante todo el ciclo de marea, de manera que ocurre poca penetración. Sin embargo, alguna cantidad de hidrocarburo puede quedar enterrada cuando queda expuesta a las olas rompientes por ejemplo, durante un temporal.

En los pantanos, los grandes depósitos son característicos de los ambientes de baja energía. Existe poca penetración del hidrocarburo en el sustrato debido a que el

sedimento está empapado de agua, pero el hidrocarburo puede permanecer sobre la superficie por largos periodos. Si el derrame coincide con un temporal, el hidrocarburo puede quedar incorporado al sedimento y persistir indefinidamente. Las cuevas de animales y canales de raíces de plantas también pueden facilitar la penetración del hidrocarburo

En resumen, el petróleo contamina el suelo por su presencia y su permanencia en él. Esto depende del tipo de suelo lo cual es un producto de su composición y textura (tamaños de las partículas que lo forman) ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá o penetrará con mayor o menor fuerza y por lo tanto permanecerá mayor o menos tiempo en ese ambiente. En general se puede afirmar que:

- En suelos arenosos (suelos de grano grueso); el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad y a mayor profundidad (llega hasta la napa freática,).
- En suelos arcillosos o rocosos (suelos de grano fino); el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad y por ende se retira mediante recojo y/o lavados de manera rápida, por ejemplo, las playas arcillosas de la selva.
- En suelos con alto contenido de materia orgánica el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente por ejemplo, en suelos de manglares y pantanos.

2.1.3.2 Elementos bióticos.

- ✓ Sobre la flora: el petróleo se adhiere a las hojas y tallos de las plantas impidiendo el vital intercambio gaseoso (respiración y fotosíntesis) y la captación de energía solar. En el suelo, el petróleo satura los espacios aéreos desplazando al oxígeno necesario para la vida de las raíces.

Además, algunos compuestos del crudo, como los hidrocarburos aromáticos, son tóxicos directamente para las plantas al encontrarse en exceso, situación que se produce en un derrame. En los cuerpos de agua, el crudo impide la fotosíntesis de las algas del fitoplancton al formar una barrera opaca que impide el ingreso de los rayos solares en el agua, hecho que produce la muerte de estos organismos.

- ✓ Sobre la fauna: quizás lo más impresionante de los derrames de petróleo es la trágica visión que ofrecen las aves marinas embadurnadas con crudo, las aves y los mamíferos en general, animales que poseen plumas y pelo respectivamente, se ven afectados de dos maneras al ser cubiertos por petróleo, *ver figura 4*.

El petróleo al pegarse a las plumas o pelos, impide que éstos cumplan sus funciones naturales, de forma tal que el pelaje y el plumaje pierden su capacidad de aislantes térmicos y de aislantes del agua, hecho que para animales acuáticos es mortal, pues pueden morir ahogados



Impactante imagen de avepetroleoa con petróleo. **Figura 4**

o por hipotermia (condición anormal que se produce cuando la temperatura corporal baja a valores menores que los mínimos vitales por pérdida de calor)

El efecto tóxico, sobre los animales que se limpian el plumaje o pelaje, manchados con petróleo, lamiéndoselos, llegan a intoxicarse con el hidrocarburo, con consecuencias tóxicas para el sistema nervioso.

Los elementos bióticos de los ecosistemas marinos pueden dividirse en términos generales, en siete clases de organismos:

- 1) Fitoplancton
- 2) Zooplancton
- 3) Fitobenton
- 4) Zoobenton
- 5) Peces
- 6) Aves y mamíferos.

Estos organismos se clasifican de acuerdo a la función que desempeñan en la cadena alimentaria, es decir, de acuerdo a sus respectivos nichos ecológicos, así por ejemplo, los peces pueden ser benthicos (si viven cerca del fondo), o pelágicos (si cumplen sus funciones en la columna de agua cercana a la superficie).

Para describir mejor los efectos biológicos, se examinan a continuación los diferentes grupos de organismos que son las víctimas potenciales de hidrocarburos derramados en el ambiente marino.

▪ Fitoplancton, fitobenton, plantas y algas :

El fitoplancton, es el conjunto de algas microscópicas, y otros organismos que abundan en el mar, es el soporte nutritivo inicial de toda la vida marina. El fitobenton es el conjunto de algas que viven pegadas al fondo marino o a las rocas (pueden existir a cualquier profundidad mientras se permita el ingreso de luz).

En el contexto de contaminación por derrames o descargas de hidrocarburos, es importante distinguir entre plantas y algas de la zona de marea y otras zonas. En la zona de marea los estragos en el momento del accidente son generalmente muy grandes debido al embadurnamiento de las plantas sensibles (fijadas en el suelo), asimismo, las plantas que crecen en las rocas, mueren todas.

En los lugares donde las plantas enraizadas en el suelo, la parte vegetativa puede morir, pero en este caso, una vez que el petróleo ha sido removido, el sistema radicular puede sostener un nuevo crecimiento de modo que la planta eventualmente puede rebrotar y la vegetación se restaura, esto ocurre, por ejemplo, en los lugares lodosos como los manglares.

Para el caso de algas flotantes como el fitoplancton no se han reportado efectos muy claros al respecto, esto se debe probablemente a la permanencia corta del fitoplancton en un lugar determinado, debido a las corrientes y mareas, además de su corto período de vida que puede asegurar una rápida restauración donde ha habido mortalidad. Esto, en el caso probable que haya ocurrido mortalidad, en vista de la alta sensibilidad del fitoplancton observada en experimentos de laboratorio. Así, la muerte del fitoplancton se produce con concentraciones de hidrocarburos entre 0,10 – 10mg/L durante períodos cortos de

stress, mientras que se inhibe la división celular de estos microorganismos a muy bajas concentraciones.

- Zooplankton:

Grupo de organismos formado por animales microscópicos y por larvas de criaturas marinas. Las consideraciones tóxicas definidas para el fitoplancton son similares a las que se tienen para el zooplankton, pues en el mar no se han encontrado efectos muy dañinos del petróleo sobre estos organismos, pero en pruebas de laboratorio se ha observado una gran sensibilidad en algunas especies. Para un tiempo de exposición de 96 horas, la concentración letal de hidrocarburos para el fitoplancton puede ser hasta de 10mg/L.

- Peces y Zoobenton:

El zoobenton es el conjunto de animales marinos, por lo general invertebrados, que viven en los fondos marinos y en las rocas mayoritariamente crustáceos (cangrejos), moluscos (caracoles) y equinodermos (estrella y erizos de mar).

Los efectos en los peces y el zoobenton pueden tener la forma de mortalidad aguda, mortalidad por stress, mortalidad crónica o disminución de la reproducción. En pequeños canales, la anoxia (falta de oxígeno) ocurre debido a que el intercambio de oxígeno entre los peces y el aire se ve impedido por la capa de petróleo.

Puede ocurrir una mortalidad aguda debido al bloqueo de las branquias con gotas de petróleo, lo cual provoca asfixia por la ingestión del petróleo. Ambos efectos se producen cuando hay alta concentración de petróleo, lo que ocurre muy raramente.

2.1.3.3 Elementos socio económicos.

La utilización que el ser humano realiza de los diferentes lugares del paisaje para llevar a cabo sus diversas actividades, determina la existencia de daños que el petróleo derramado puede producir al llegar a dichas zonas.

Además de los perjuicios económicos y los efectos tóxicos que el petróleo derramado puede causar, es muy común que se genere mala publicidad, que personas con conocimiento superficiales y con intereses creados, pueden utilizar para presionar a la Empresa Petrolera con el fin de obtener beneficios personales.

Los factores determinantes de la extensión de los efectos producidos de un derrame, son el tipo de petróleo o derivado (ligero o pesado), y la estación del año. El petróleo pesado es más persistente sobre la superficie del agua que el ligero, que se evapora rápidamente. Por eso es importante conocer las propiedades físicas y químicas del petróleo que se está transportando, para tomar las decisiones adecuadas conducentes a resolver el problema inmediatamente con una técnica u otra.

Informe de Greenpeace sobre los efectos del derrame de petróleo en la naturaleza

Greenpeace analiza de forma general los efectos del petróleo sobre el mar. Por un lado están los llamados fóticos, el hidrocarburo afecta a la superficie del agua, impidiendo el paso de la luz y del oxígeno, perjudicando a la vida marina, tanto acuática como aérea (aves pescadoras). La falta o disminución de luz reduce el área donde es posible la fotosíntesis, y, por tanto, perjudica el desarrollo de plantas.

El 80% de esta actividad fotosintética se produce en los 10 primeros metros de profundidad. La falta de plantas disminuye, a su vez, el aporte de oxígeno y de alimento al ecosistema, y también el cobijo que dan a miles de especies marinas. Ello origina una caída en la extensión de fitoplancton, y, por consiguiente, también un descenso de la cantidad de zooplancton, lo que puede provocar la interrupción del crecimiento de un número importante de especies.

Otra clase de efectos son los llamados tóxicos. Los más visibles son los que sufren las aves, que impregnadas de petróleo, pueden llegar a morir de hipotermia, además de envenenadas o de inanición, por no poder acceder a su alimento. Los mamíferos marinos pueden sufrir el taponamiento de sus vías respiratorias y su mucosa por los contaminantes químicos, aparte de problemas en la piel. Al alimentarse de animales contaminados, el envenenamiento también es una amenaza para ellos.

Pero no quedan ahí los efectos tóxicos del petróleo. Al llegar al fondo marino el ecosistema sufre graves alteraciones; las algas quedan cubiertas por una capa aceitosa que dificulta su reproducción.

Los mejillones y otros moluscos pierden su adherencia a las rocas y caen, con lo que dejan de alimentarse, mientras que otras especies filtradoras ingieren tal cantidad de contaminante que mueren o se convierten en no aptas para el consumo humano. En conjunto, los efectos sub-letales pueden abarcar deformaciones, pérdida de fertilidad, cambio en el rumbo de las migraciones, reducción en el nivel de eclosión de huevos, alteraciones en el comportamiento, etc.

Fuente: Greenpeace - San Bernardo, 107 - Madrid 28015 – Tlf: 91444.14.00 – Fax: 91444.15.98 E-mail: información@greenpeace.es, efectuado 2003.

En resumen se pueden resaltar algunos problemas, que traen como consecuencia los vertidos de hidrocarburos:

- ✓ Alteración física y química de los hábitat naturales (las especies más resistentes toman los espacios dejados por otras especies desaparecidas).
- ✓ Efectos físicos en la flora y fauna, que pueden llegar a ser letales.
- ✓ La fauna puede verse afectada por varios factores: la persistencia de una mancha de crudo limita el paso de la luz y por tanto reduce la actividad fotosintética de muchas plantas, si la mancha las cubre dificulta también su función reproductora y la fijación.

- ✓ Cambios de mayor o menor importancia, según el vertido, en las comunidades y organismos del área afectada.
- ✓ Cambios en los hábitos de poblaciones migratorias (aves o peces).
- ✓ Contaminación en especies de la cadena alimenticia humana, peces, moluscos... (aunque sobrevivan pueden estar contaminados y por tanto ser perjudicial su consumo).
- ✓ Pérdida de zonas pesqueras o marisqueras.
- ✓ La transparencia que queda al limpiar las áreas marinas contaminadas se debe a la inexistencia de fauna y fitoplancton.
- ✓ Pérdida de parajes con valor natural, recreativo o vacacional.
- ✓ Mala imagen para los sectores dependientes de la costa y el mar.
- ✓ Suspensión temporal de las actividades industriales o de ocio que en sus procesos requieran agua de mar limpia (piscifactorías, acuarios...).
- ✓ Problemas para la navegación, afectando a sistemas de refrigeración de los motores.

2.1.4 Evolución de las manchas de petróleo.

El hidrocarburo vertido sobre la superficie de la mar se extenderá inmediatamente, a causa de sus propiedades físicas y químicas, así como las condiciones externas. Se extenderá de manera impredecible resultando un vertido no homogéneo consistente en manchas espesas y grumos entremezclados con finas capas oleosas.

La figura o forma final estará condicionada por el viento, las olas y las corrientes. Se va extendiendo en una superficie cada vez mayor hasta llegar a formar una capa muy extensa, con espesores de sólo décimas de micrómetro.

De esta forma se ha comprobado que 1 (m³) de petróleo puede llegar a formar, en hora y media, una mancha de 100 m de diámetro y 0,1 mm de espesor.

2.1.5 Procesos de envejecimiento.

Un derrame de hidrocarburos en el mar se verá afectado por un número de procesos de envejecimiento. Al incrementarse el área del vertido aumenta también la tasa de evaporación, pero la velocidad y extensión de la evaporación varían considerablemente dependiendo de la composición del hidrocarburo. Los de poca densidad, como la gasolina o el fuel-oil ligero, se evaporan con gran rapidez (entre una y dos terceras partes en unas pocas horas), mientras que los hidrocarburos pesados se disipan más lentamente. La evaporación se ve también afectada por la velocidad del viento y la temperatura; cuanto más altas sean ambas, más rápida será la evaporación, el petróleo evaporado es descompuesto por fotooxidación en la atmósfera.

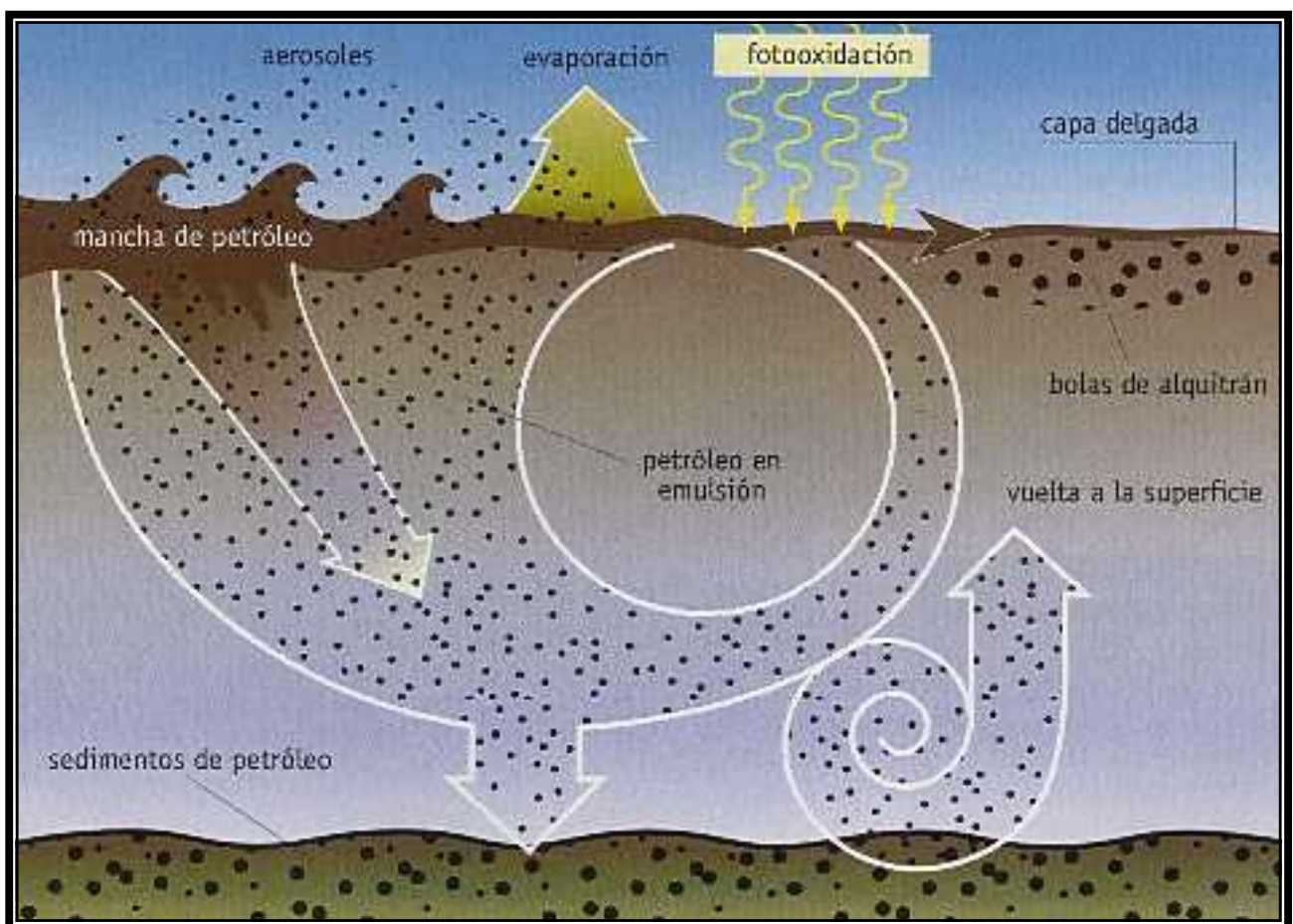
La fotooxidación ocurre en la interfase hidrocarburo-agua, y pueden aparecer productos de oxidación generalmente más solubles, que permite en forma de descomposición del hidrocarburo derramado. Muchos de los hidrocarburos de petróleo

absorben principalmente radiación ultravioleta y, a nivel del mar, la luz natural contiene poca de esta radiación porque es filtrada por la capa de ozono de la alta atmósfera, por lo cual no es suficiente para su degradación.

El proceso de dispersión vertical y redispersión es importante para la disolución del hidrocarburo en el agua del mar. Con mal tiempo, una proporción significativa del hidrocarburo se dispersa en la columna de agua, debido principalmente al efecto de las olas rompiendo. Las gotitas oleosas dispersas tienden entonces a volver a la superficie o a ser redispersadas por las fuerzas de flotabilidad. Las gotas más grandes emergen enseguida, mientras que las gotas más pequeñas pueden ser transportadas por las corrientes lejos del lugar del vertido y permanecen dispersas durante semanas.

Cuando el hidrocarburo se adhiere a otros cuerpos, o forma partículas con densidad superior a la del agua, puede hundirse hasta el fondo en un proceso llamado sedimentación.

Evolución de la mancha de petróleo

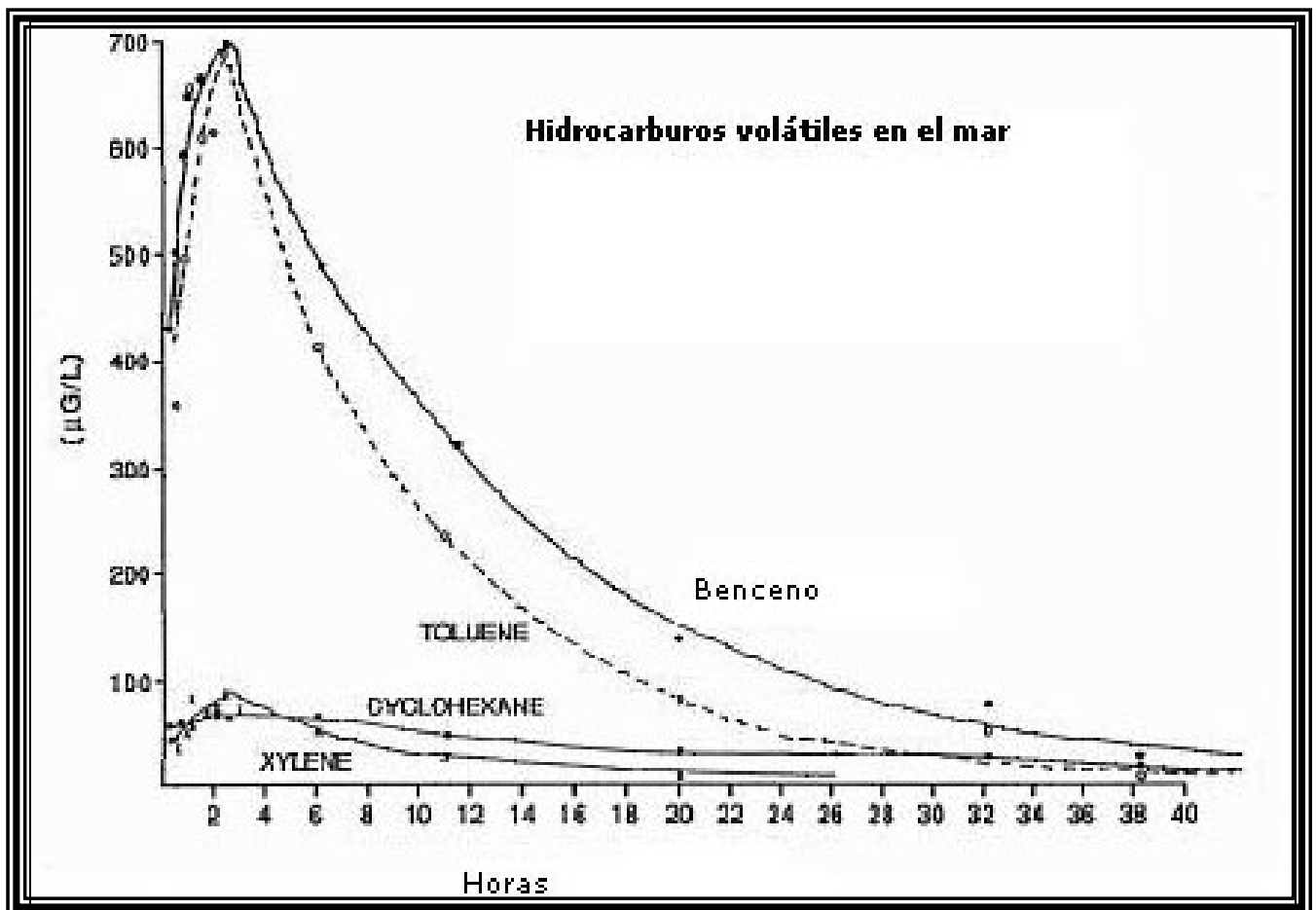


Esquema que representa la evolución de la mancha de petróleo en el mar y los distintos procesos a que esta afectado. **Figura 5.**

Otro elemento importante del proceso de envejecimiento es la emulsificación del vertido, es decir, la incorporación de agua al hidrocarburo cambiando así las propiedades de mismo y la cantidad presente en la superficie de la mar. El contenido de agua de tales emulsiones puede alcanzar el 80%-90%. Estas emulsiones son llamadas "mousse" (crema de chocolate), emulsión gelatinosa de agua y aceite que se convierte en bolas de alquitrán densas, semisólidas, con aspecto asfáltico, ver figura 5.

Las condiciones de viento y la viscosidad del hidrocarburo son los factores más importantes para la formación de emulsiones, que pueden llevar a que el volumen de la emulsión, cinco días después del derrame, sea el doble del volumen derramado.

Los vertidos de hidrocarburos también son afectados por la biodegradación, proceso extremadamente lento pero que es importante a largo plazo. Sin embargo, no todos los componentes de un hidrocarburo son degradados por los microorganismos, ver figura 6.



Gráfica que muestra la rápida evaporación de los hidrocarburos volátiles en el mar. Elaborada a partir de una muestra de un derrame de crudo en la Bahía Prudhoe analizado en laboratorio. Fuente J. Michel. Research Planning, Inc. Columbia. **Figura 6.**

2.1.6 Los factores que intervienen en la deriva de un hidrocarburo.

El modo en que un vertido deriva en la mar está determinado por varios factores medioambientales: velocidad y rumbo de la corriente (incluida la de la marea), velocidad y dirección del viento, y sistema de olas.

La corriente transporta el vertido con el agua. En ausencia de viento, el hidrocarburo se moverá, normalmente, con la misma velocidad y en la misma dirección que la corriente. En otro caso, el movimiento del hidrocarburo también es afectado por el viento, a una velocidad estimada en un pequeño tanto por ciento de la velocidad de éste.

Las olas ejercen una influencia menor sobre un vertido ya que no inducen un movimiento considerable sobre el hidrocarburo derramado, sin embargo su efecto sí es importante en relación con la dispersión y el proceso de envejecimiento.

2.1.7 Sistemas y técnicas de limpieza de los vertidos de hidrocarburos.

Las operaciones de limpieza o contención de crudos en la superficie del mar, así como el despliegue humano y los laboriosos y costosos trabajos necesarios para recuperar una zona de litoral que haya sido afectada, se describen y dan imagen a continuación del alcance, no sólo ecológico que puede tener, sino también económico, en lo que respecta a los costes y a la destrucción de sectores importantes para la vida del hombre, tales como pesquerías, zonas de esparcimiento, turismo, etc., en ocasiones no reversibles a su estado inicial.

En la limpieza de hidrocarburos existirán inevitablemente efectos adversos. Mientras que la mayoría de plantas y animales marinos pueden sobrevivir al efecto de una sola contaminación, cualesquiera de los métodos de limpieza empleados destruirán la mayor parte de la vida marina. También pueden ocurrir daños físicos a las superficies tratadas.

El uso de dispersantes sobre la mar a veces ayuda a la remoción del hidrocarburo, aunque estos están restringidos a las áreas donde el movimiento de agua permite su rápida dilución, evitando daños a la fauna marina susceptible. En algunos casos, y particularmente en los de hidrocarburos más viscosos, el dispersante simplemente actúa desprendiendo el hidrocarburo de la superficie y no provoca dispersión; en estos casos es inevitable un efecto secundario contaminante.

La viscosidad es un parámetro esencial a tener en cuenta tanto en el momento de elegir las formas de lucha en el mar, como a la hora de realizar la limpieza del litoral. SE ANEXA: I) *INFORME PRELIMINAR DEL IMPACTO DEL VERTIDO DEL PETROLERO (PRESTIGE) EN TORTUGAS Y MAMÍFEROS MARINOS DE LAS AGUAS GALLEGAS*

2.1.7.1 Contención y recogida.

Si las condiciones del mar y las características del accidente lo permiten, el primer y más adecuado método de contención de un vertido, es limitarlo al área del buque siniestrado mediante barreras diseñadas para tal efecto (*ver figura 7*), y se recupera con raseras o espumaderas que son sistemas que succionan y separan el petróleo del agua por:

- Centrifugación, aprovechando que el agua es más pesada que el crudo se consigue que sea expulsada por el fondo del dispositivo que gira, mientras el petróleo es bombeado por la parte superior.
- Bombeo por aspiración. *ver figura 8.*
- Adherencia a tambor o discos giratorios (rasera), que se introducen en la mancha para que el crudo quede adherido a ellos, luego se desprende rascando y el petróleo que va quedando junto al eje de giro es bombeado a la embarcación de recogida, *ver figura 9.*
- Fibras absorbentes, en el que se usan materiales plásticos oleofílicos (que adhieren el petróleo) que actúan como una bayeta o "mopa" que absorbe

petróleo, luego se exprime en la embarcación de recogida y vuelve a ser empleada para absorber más.

Estas técnicas no causan daños y son muy usadas, pero su eficiencia, aun en las mejores condiciones, sólo llega a un 10 - 15%.



En el litoral, y de forma habitual, una vez que el hidrocarburo ha sido recogido, el que permanece sobre las rocas, piedras grandes y estructuras construidas por el hombre, suele dejarse que cuaje por la intemperie ya que se formará rápidamente una película dura, minimizando el esparcimiento de la contaminación.

Sin embargo, donde las costas rocosas forman parte de lugares de recreo, es preciso utilizar agua a alta presión. Se utiliza tanto agua fría como caliente, dependiendo del tipo de hidrocarburo; para desprender hidrocarburos viscosos son necesarias altas temperaturas, e incluso vapor. Por lo general el agua se calienta hasta 60° C. y es rociada a 10-20 litros/minuto con un aspersor manual que opera entre 80 y 140 bar. El hidrocarburo desprendido en esta forma debe ser recogido, o de lo contrario puede contaminar superficies previamente limpias o no contaminadas.

En los ambientes tropicales y sub-tropicales el lavado con agua caliente tiende a ser menos efectivo que en los climas templados, ya que el hidrocarburo expuesto al sol se seca pegándose a las rocas. Las áreas pequeñas pueden limpiarse con chorros de arena a presión.

El hidrocarburo que alcanza costas o playas que contienen cantos, guijarros y cascajos, es el más difícil de limpiar porque la mayor parte del hidrocarburo habrá penetrado hacia lo más profundo del sustrato, a través de los espacios entre las piedras. Además se dificulta en sobremanera los movimientos de personal y maquinaria por las características propias del soporte de estas playas.

Para este tipo de suelo se utiliza agua a alta presión, *ver figura 10 y 11*. Los hidrocarburos de baja viscosidad se lavan de entre las piedras, en donde el uso de dispersantes puede aumentar la eficacia del lavado. Este método suele hacer más mal que bien, porque entierra el hidrocarburo más profundamente en la arena, y mata todo ser vivo de la playa. Se usó extensamente en el accidente del "Exxon Valdez" debido a que la opinión pública exigía la limpieza, y este método deja aparentemente la playa con un aspecto casi normal. Pero luego se comprobó que las zonas que se habían dejado para que se limpiaran de forma natural, al cabo de unos meses estaban en mejores condiciones que las que se habían sometido al tratamiento, demostrando que consideraciones estéticas a corto plazo no deben imponerse a planteamientos ecológicos más importantes a largo plazo.

Esto filtrará lentamente como brillos a lo largo de un período de varias semanas o más.

La remoción de las piedras manchadas pocas veces será práctica, y por lo general, sólo será posible si se utilizan palas mecánicas. La remoción de piedras sólo es considerado si existe la certeza de que no causará una erosión grave de la playa, y que será posible eliminar el material.



Limpieza en playas por chorros de alta presión. **Figura 10.**



Limpieza en el accidente del "Exxon Valdez", Este método suele hacer más mal que bien, porque entierra el hidrocarburo más profundamente en la arena, y mata todo ser vivo de la playa. **Figura 11.**

Una técnica que es utilizada en localidades sujetas a temporales invernales fuertes, es el de cubrir el área manchada con piedras de una zona más alta de la playa, para proporcionar así una superficie limpia durante el verano, si se trata de zona recreacional. Ocurrirá cierto curtido durante el verano debido a las temperaturas veraniegas, y entonces durante el reordenamiento natural de la playa que ocurre en el invierno, el hidrocarburo se descompondrá y dispersará.

Este método sólo puede ser considerado donde la playa tenga una contaminación moderada, y no es apropiado para playas compuestas por material más fino, ya que el hidrocarburo tiende a migrar de nuevo a la superficie. El perfil de la playa también puede quedar permanentemente alterado y debilitadas las defensas naturales.

Un método de limpiar la película grasa que a menudo persiste sobre las piedras después de su limpieza, es el de empujar la capa superior de éstas hacia el mar, donde la acción abrasiva de las olas las limpiará rápidamente. Sin embargo, esto obviamente no es apropiado si quedan expuestas las piedras de las capas inferiores. También debe considerarse que pueden transcurrir varios años antes de que el perfil de la playa de cantos quede restaurado, ya que es necesario un oleaje vigoroso para que los cantos de ese tamaño regresen hacia la parte superior de la playa.

El hidrocarburo recogido del agua es probablemente el más fácil de preparar para el procesamiento, ya que por lo general sólo será necesario separarlo del líquido acuoso. Frecuentemente esta preparación puede ser lograda por gravedad. La extracción suele realizarse succionando con bombas especialmente diseñadas para esta labor.

2.1.7.2 Tratamiento de las emulsiones.

La extracción del agua de las emulsiones (mousse) es a veces muy difícil. Las emulsiones inestables por lo general pueden ser separadas por calentamiento hasta unos 80° C. permitiendo que el hidrocarburo y el agua se separen por gravedad. En los climas cálidos, el calor del sol puede ser suficiente. Las emulsiones más estables pueden requerir del uso de compuestos químicos para descomponer una emulsión, o de-emulsificantes que también tienden a reducir la viscosidad de la mayoría de los hidrocarburos haciéndolos más bombeables.

No existe ningún compuesto químico adecuado para todos los tipos de emulsión, y puede ser necesario realizar pruebas en el sitio para determinar cual es el agente más efectivo y la dosis óptima. El químico para descomponer emulsiones se inyecta en el lado de entrada de una bomba o a un mezclador estático en línea acoplado a una toma de succión. Los experimentos han mostrado que las emulsiones pueden ser parcialmente descompuestas, al aplicarles abundante agua en una máquina mezcladora. Si una emulsión con 70% de agua es mezclada con un 50% de volumen de arena, el contenido de agua puede ser reducido a la mitad y devuelto a la playa junto con arena limpia separada.

2.1.7.3 Las labores de limpieza en playas.

En ciertos casos, se pueden recuperar hidrocarburos a partir del material de playa contaminado. Esto por lo general requiere el lavado del material de playa manchado con agua, a veces junto con un solvente adecuado tal como diesel para liberar el hidrocarburo. Se suele emplear el lavado con agua utilizando mangueras a baja presión en un foso temporal de almacenamiento, para aflojar y desprender el hidrocarburo de los

desechos contaminados. La mezcla de agua/hidrocarburo resultante puede entonces ser bombeada y separada por gravedad.

Con frecuencia, las playas arenosas son consideradas como recursos recreacionales valiosos y se les da prioridad de limpieza, aunque las labores más inmediatas se enfocan generalmente a la contención del hidrocarburo mediante barreras en el lugar del siniestro, siempre que las condiciones atmosféricas y características del accidente lo permitan, evitándose así que el crudo alcance las citadas playas, acantilados y zonas de especial interés. Por otra parte, los bancos de arena intermareales a menudo son biológicamente productivos e importantes para las pesquerías comerciales. Las consideraciones ambientales pueden entonces dictar la selección de los métodos que probablemente causen el menor daño adicional.

Generalmente, la limpieza de playas arenosas es necesario realizarla con palas mecánicas y con cuadrillas de personas, éstas últimas son la única posibilidad en playas de arena gruesa, ya que el acceso de vehículos harían que las piedras mezclaran y hundieran aún más el hidrocarburo.

La arena gruesa es liberada del hidrocarburo pasando grandes volúmenes de agua a través de secciones de la playa. Se pasa agua de mar a través de una bomba de alta capacidad y se distribuye a través de una serie de mangueras a baja presión. Al dirigir el agua hacia un área pequeña de la playa, el hidrocarburo flotará y podrá ser lavado hacia la orilla del agua para ser recogido. El método es lento y está limitado al tratamiento de pequeñas áreas.

El material que queda después de la limpieza de playas de arena seca, por lo general tiene forma de pequeños nódulos de arena contaminada de hasta 50 mm. en diámetro.

Éstos, junto con los grumos de alquitrán empujados hasta la línea de agua superior, pueden ser recogidos utilizando máquinas para limpiar playas, que rozan la superficie de la playa y pasan la arena a través de una serie de tamices que vibran o rotan. Los grumos manchados son retenidos dentro del vehículo mientras que la arena limpia cae de nuevo a la playa. Estas máquinas fueron originalmente diseñadas para la recolección general de desperdicios en la playa.

2.1.7.4 Los efectos y labores de limpieza en aves petroleadas.

Como se a mencionado anteriormente, las aves se ven directamente afectados por el vertido de hidrocarburos, siendo unos de los espectáculos visuales mas tristes.

Los principales efectos internos como resultado de la ingestión de petróleo son, aspiración pulmonar o absorción de componentes tóxicos. Aunque visualmente son menos claros que los efectos externos, resultan igualmente peligrosos para la vida de las aves y a menudo son más difíciles de tratar.

Estas alteraciones incluyen daños al riñón, alteración de las funciones hepáticas, pulmonías por aspiración e irritación del intestino. Los pájaros ingieren el petróleo al intentar limpiar su plumaje manchado. Como resultado se produce una irritación intestinal que aumenta la deshidratación y los desequilibrios metabólicos. También se produce anemia debido a la oxidación de la hemoglobina que produce el crudo ingerido.

En la limpieza de aves lo primero que se debe hacer, es comprobar el equipamiento básico que garantice la seguridad de las personas que van a participar en la recuperación de las aves, el contacto con el crudo que impregna a las aves es nocivo para la salud.

La exposición al crudo, a menos que haya sido excesiva, no incapacita inmediatamente a los animales, por lo que la mayoría permanecen activos y vigorosos durante uno o dos días, lo que dificulta su captura.

La manipulación de las aves ha de ser la estrictamente necesaria, el stress provocado puede ser tan negativo como el crudo y provocarles la muerte.

2.1.7.5 Actividades en costas pantanosas.

En las costas pantanosas, es preferible dejar que el hidrocarburo se degrade naturalmente, en especial en los lugares donde haya contaminado la vegetación. A menudo se demuestra que las actividades que debían limpiar la contaminación, han resultado en un daño mayor que el ocasionado por el hidrocarburo mismo, debido al daño físico y la erosión del sustrato.

La vegetación de los pantanos normalmente sobrevive a una sola contaminación, y en varios casos se ha observado que crecen nuevas plantas a través de una cubierta de hidrocarburo. Donde la remoción del hidrocarburo sea esencial para evitar que se traslade a otro lugar, se pueden utilizar chorros de agua a baja presión para escurrirlo hacia aguas abiertas, donde pueda ser contenido dentro de una barrera para su posterior recolección. Esta técnica se realiza mejor si se dirigen los chorros desde el agua en embarcaciones de poco calado. Si las poblaciones de aves se ven amenazadas, suele considerarse la poda y remoción de la vegetación, pero esto debe ser sopesado contra el daño a largo plazo ocasionado por el pisoteo de la vegetación.

Consideraciones similares son aplicables a los manglares. Donde los árboles sean particularmente densos y exista un alto riesgo de que el hidrocarburo sea arrastrado más adentro hacia las arenas del manglar, puede ser necesario remover parte de la vegetación para permitir el acceso, y de manera que el hidrocarburo pueda ser lavado. Esto puede evitar la destrucción de manglares en un área más amplia, pero inevitablemente acarreará un daño local, y es probable que la recuperación sea lenta.

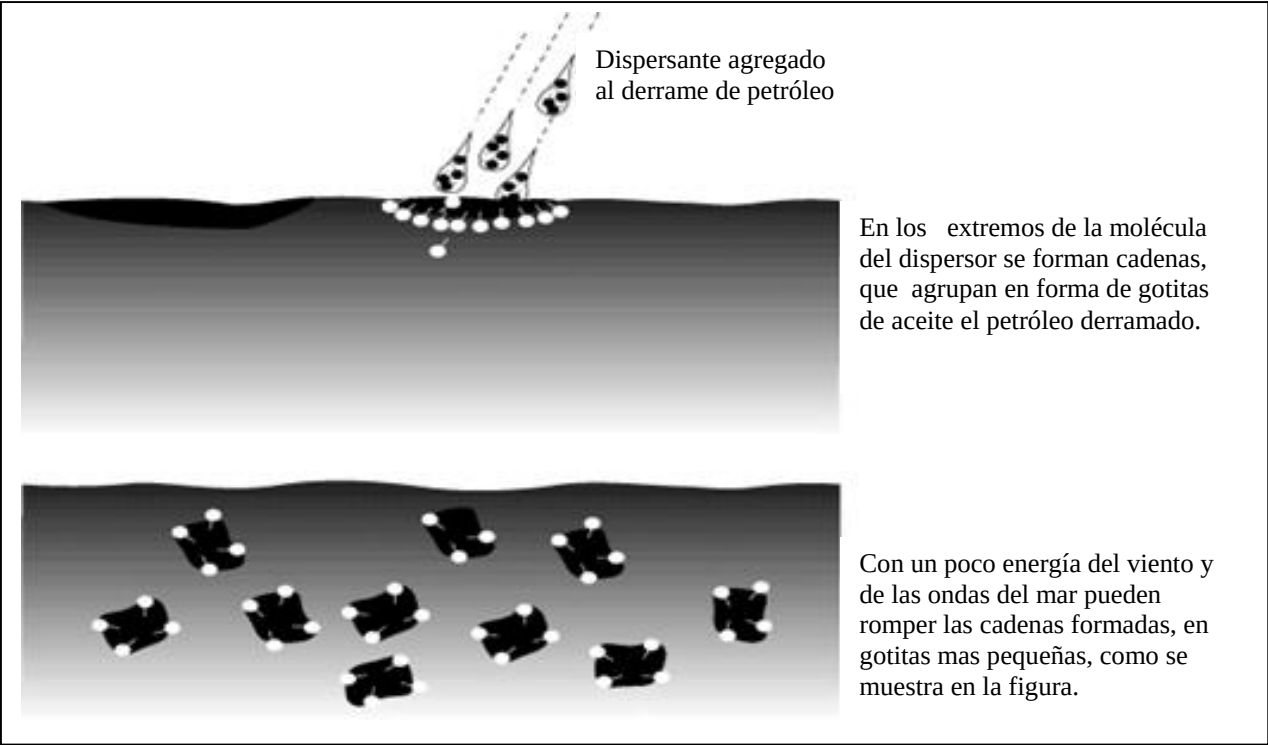
2.1.7.6 Dispersantes.

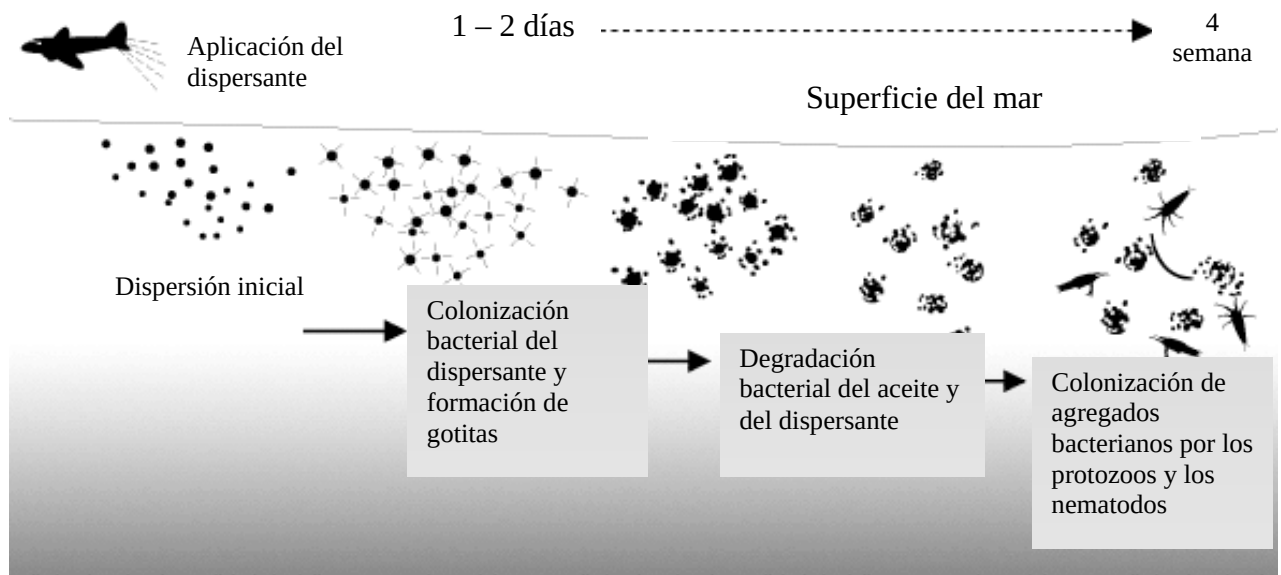
Son sustancias químicas similares a los detergentes, que rompen el petróleo en pequeñas gotitas (emulsión) con lo que se diluyen los efectos dañinos del vertido y se facilita el efecto de las bacterias que digieren los hidrocarburos, *ver figura 13 y 14*. Es muy importante elegir bien la sustancia química que se usa como dispersante, porque con algunas de las que se utilizaron en los primeros accidentes, por ejemplo en el del Torrey Canyon, se descubrió que eran más tóxicas y causaban más daños que el propio petróleo. En la actualidad existen dispersantes de baja toxicidad autorizados, en la *figura 12* se muestra la aplicación aérea de dispersantes.



El efecto de las sustancias se muestra claramente en las figuras 13 y 14.

Acción inmediata del dispersante sobre el derrame de petróleo. **Figura 13.**





Acción en el tiempo del dispersante sobre el derrame de petróleo. **Figura 14.**

2..7.7 Incineración.

Quemar el petróleo derramado suele ser una forma eficaz de hacerlo desaparecer. En circunstancias óptimas se puede eliminar el 95% del vertido. El principal problema de este método es que produce grandes cantidades de humo negro que, aunque no contiene gases más tóxicos que los normales que se forman al quemar el petróleo en la industria o los automóviles, es muy espeso por su alto contenido de partículas.

2..7.8 Biodegradación.

En la naturaleza existen microorganismos (bacterias y hongos, principalmente) que se alimentan de los hidrocarburos y los transforman en otras sustancias químicas no contaminantes. Este proceso natural se puede acelerar aportando nutrientes y oxígeno que facilitan la multiplicación de las bacterias.

2.1.7.9 No hacer nada.

En los vertidos en medio del océano, o en aquellos en que la limpieza es difícil y poco eficaz, lo mejor es dejar que la acción de las olas, la fotooxidación y otras acciones naturales, acaben solucionando el problema.

2.2 Contaminación por sustancias químicas.

Si bien los hidrocarburos corresponden a una contaminación química, se estudió en forma más independiente por las cantidades enormes que se transportan a través del mar, pero sin embargo hay cientos de otras sustancias que se transportan por el mar y que tienen un gran potencial contaminante.

Marpol 73/78 a establecido una serie de sustancias químicas que afectan el medio ambiente y se que se transportan a granel, que incluyen los productos químicos pesados, melazas y alcoholes, aceites vegetales y grasas animales, productos petroquímicos y productos de alquitrán de hulla.

En este trabajo no se establecerá el impacto medio ambiental de cada uno de ellos, por el gran número, pero si se deja en consideración la gran cantidad de productos que afectan el medio ambiente por el transporte por los buques, esto también afecta a la tercera regla según Marpol 73/78 por los productos transportados en bultos.

2.3 Contaminación por aguas sucias y basuras.

2.3.1 Aguas sucias.

Marpol define como aguas sucias:

- A. Desagües y otros residuos procedentes de cualquier tipo de inodoros y urinarios.
- B. Desagües procedentes de lavados, lavaderos y conductos de salida situados en cámaras de servicios médicos (dispensario, hospital, etc.)
- C. Desagües procedentes de espacios en que se transportan animales vivos.
- D. Otras aguas residuales cuando estén mezcladas con las de desagües arriba definidas.

La descarga en el mar de aguas sucias sin depurar puede presentar riesgos para la salud humana, y en las zonas costeras puede asimismo provocar el agotamiento de oxígeno y una contaminación estética obvia, lo que supone un serio problema para los países que tienen una importante industria turística.

Las fuentes principales de aguas sucias producidas por los seres humanos proceden de actividades terrestres, como es el caso del alcantarillado municipal o de las instalaciones para el tratamiento de las aguas sucias, *ver figura 15*.



Descarga en el mar de aguas sucias sin depurar. **Figura 15**

Hay varias clases de agentes contaminantes del agua. Los primeros son agentes causantes de enfermedad. Éstos son bacterias, virus, protozoos y los gusanos parásitos que se incorporan desde los sistemas de aguas residuales y las aguas residuales sin tratar.

Estos patógenos pueden provocar unos 250 millones de casos de gastroenteritis y afecciones respiratorias al año por bañarse en aguas contaminadas y decenas de miles

de casos de fiebres tifoideas, hepatitis A y B, polio y cólera a través del consumo de moluscos infectados.

Un solo baño en aguas consideradas “aceptables”, con una concentración de 50 estreptococos por 100 mililitros, puede causar enfermedad en el 5% de los adultos. O, en otras palabras, uno de cada 20 personas nadando en una zona apta para el baño contraerá algún tipo de enfermedad

Una segunda categoría de agentes contaminantes del agua son los agentes consumidores de oxígeno; residuos que se pueden descomponer por las bacterias consumidoras de oxígeno. Cuando las poblaciones de bacterias son grandes, la descomposición de los residuos tiene lugar y se consume mucho oxígeno pudiendo agotar el oxígeno disuelto en el agua. Esto puede ser causa de que otros organismos que viven en el agua, tal como pescados, mueran. Una tercera clase de agentes contaminantes del agua son los agentes contaminantes inorgánicos solubles en agua, tales como ácidos, sales y metales tóxicos. Grandes cantidades de estos compuestos harán el agua inapropiada para beber y pueden causar la muerte de la vida acuática.

Otra clase de agentes contaminadores del agua son los nutrientes; los nitratos y los fosfatos solubles en agua que causan el crecimiento excesivo de las algas y de otras plantas acuáticas, que agotan la fuente de oxígeno del agua. Esto mata a pescados y, cuando esta se encuentra en agua potable, puede llegar a matar a seres humanos.

El agua se puede también contaminar por un número de compuestos orgánicos tales como aceite, plásticos y pesticidas, que son dañinos para los seres humanos y para las plantas y animales acuáticos.

Una categoría muy peligrosa es el sedimento suspendido, porque causa una disminución en la absorción de la luz por el agua y las partículas separan compuestos peligrosos tales como pesticidas a través del agua.

Finalmente, los compuestos radiactivos solubles en el agua pueden causar cáncer, defectos de nacimiento y daño genético siendo por tanto agentes contaminantes muy peligrosos del agua.

De estos tipos de contaminación tiene gran responsabilidad los buques cruceros, ya que los grandes buques de crucero pueden llegar a transportar unas 5.000 personas, incluyendo más de 1.000 de tripulación, lo que les convierte en auténticas ciudades flotantes. Con una eslora que puede sobrepasar los 300 metros y un tonelaje de más de 100.000 TRB, a bordo de estos buques pueden encontrarse piscinas, teatros, cines, restaurantes, tiendas, saunas, pistas de tenis, revelado de fotos, lavanderías, tintorerías y todo aquello que un pasajero pueda desear durante su estancia en un “hotel” flotante. Pero todas estas actividades generan cientos de toneladas de residuos de todo tipo que, en parte, son vertidas a los mares y océanos por los que navegan.

TIPO DE RESIDUOS GENERADOS EN UN CRUCERO

Residuo	Procedencia	Contaminantes
Aguas grises	Agua procedente de las duchas, lavabos, piscinas, lavadoras, etc.	Contienen fosfatos y otros nutrientes de los detergentes y jabones, cloro o fluor de los dentífricos y piscinas, bacterias patógenas, así como cualquier otra sustancia potencialmente dañina utilizada para la higiene personal. También dentro de las aguas grises se encuentran aquellas procedentes de las instalaciones sanitarias del buque.
Aguas negras	De los cuartos baños	Aguas fecales, bacterias, patógenos, restos orgánicos, papel, y cualquier otro producto tirado a los retretes.
Sentina	De los motores y turbinas para la propulsión y para abastecer de energía a todos los servicios de los buques	Aceites usados, hidrocarburos varios, etc.
Tóxicos	De los procesos fotográficos, de las tintorerías, pinturas, productos farmacéuticos, tintas, material electrónico, etc.	Pueden contener sustancias tan tóxicas como el TBT (Tributil estaño como aditivo de las pinturas antiincrustantes), PCE (percloroetileno del lavado en seco), metales pesados de pinturas y tintas, compuestos químicos de los fármacos, ácidos y metales pesados del material fotográfico, PVC y metales pesados de los cables, bombillas, fluorescentes, pilas, baterías, tolueno, xileno, benceno y organoclorados de disolventes, etc.
Basuras	De la comida y del consumo diario de productos de todo tipo.	Plásticos con hidrocarburos o compuestos clorados, residuos sólidos, restos orgánicos, etc.

2.3.2 Basuras.

La basura marina (restos marinos) no sólo es desagradable, ya que es un grave problema del medio ambiente marino y costero, y continúa empeorando, *ver figura 16*. Se encuentra en grandes cantidades en el fondo marino, en el agua y en las costas alrededor del mundo. La basura marina es una amenaza visible a la fauna, pero también constituye un peligro invisible. Las cantidades en el fondo marino son horribles, lugar donde mata y lesiona sin ser vista. La 'pesca fantasma' de redes desechadas o perdidas es uno de los muchos ejemplos.



Basuras que provocan una gran contaminación biológica y visual. **Figura 16.**

La basura marina amenaza la biodiversidad y es una fuente de sustancias tóxicas. La amenaza a la biodiversidad marina y costera se debe a la destrucción de los 'criaderos' costeros, donde en otras circunstancias emergería vida nueva. La basura también puede ser portadora de especies invasoras de un área marina a otra. Lo destruye, ensucia, y conlleva grandes pérdidas económicas. La basura marina se desplaza ampliamente con corrientes y vientos. Viaja por el mar y entre los océanos. No sólo se encuentra en lugares de alta densidad urbana sino también en lugares muy remotos y alejados de las fuentes obvias.

Los desechos marinos se generan en buques comerciales mercantes y pesqueros, cruceros, embarcaciones recreativas, naves militares y de investigación, además de fuentes en tierra. El desecho marino incluye: vidrio, plástico, metal, papel, equipamiento pesquero, telas, desechos alimenticios, madera, goma y materiales de empaque.

La basura marina es de larga-vida y se mantiene activa por décadas, de manera directa e indirecta. Consiste en su mayoría de plásticos, y también de metal y vidrio, materiales que no se desintegran fáciles ni rápidamente. La basura plástica es una fuente de sustancias orgánicas persistentes.

Por mucho tiempo, se pensaba que los océanos podrían absorber cualquier cosa que se arrojaba. Sin embargo esta actitud ha cambiado, junto con una mayor conciencia sobre el medio ambiente. Muchos objetos pueden ser degradados por el mar, pero el proceso puede demorar meses o años, como se demuestra en la *tabla 1*.

Tiempo aproximado en que se degradan algunos objetos. *Tabla 1.*

Cáscaras de naranja y plátano	hasta 2 años
Colillas de cigarrillos	5 años
Medias de lana	1- 5 años
Madera pintada	13 años
Papel laminado con plástico	5 años
Bolsas plásticas	10 -20 años
Recipientes plásticos	20-30 años
Tela de nylon	30- 40 años
Cuero	hasta 50 años
Latas	100años
Latas y lengüetas de aluminio	200- 500 años
Botellas de vidrio	1 millón años.
Botellas de plástico	Aprox. Mas 450 años

Fuente: *Hellenic Marine Environment Protection Association (HELMEPA)*

Las cantidades de plástico que el mar deposita en las playas indican que cantidades importantes de basura se descargan ilegalmente en el mar y las playas. El plástico es barato, no se degrada fácilmente y pueden flotar grandes distancias en el mar. Incluso se ha encontrado plástico en islas inhabitadas del Pacífico Sur. Aves marinas, peces y mamíferos marinos se enredan fácilmente en las argollas plásticas de latas, correas plásticas y cuerdas de nylon.

Aunque los materiales sintéticos / plásticos sólo han existido por un poco más de un siglo, para el año 1988, solamente en EE.UU. se producían 30 millones de toneladas al año. La versatilidad de estos materiales ha inducido su gran incremento -en las últimas tres décadas. El incremento y su durabilidad son las razones de porque los plásticos constituyen un serio peligro para el medio ambiente.

En un principio, los efectos nocivos al medio ambiente de los plásticos se ignoraron completamente. Incluso ni la industria del plástico pudo pronosticar el gran auge en producción y uso del plástico durante los últimos 30 años. En el medio ambiente marino, la sensación de abundancia de vida marina y las grandes extensiones del océano han llevado a descartar el potencial de peligro por la proliferación de desechos plásticos.

Estos datos asombrosos destacan la dimensión y alcance de la contaminación por desechos marinos:

- ✓ La cantidad de basura generada por un buque de carga promedio es de alrededor de 2,5 a 3,25Kg. personal-día.
- ✓ Desechos y residuos de carga se generan a una tasa aproximada de 1 tonelada por 123 toneladas de carga.
- ✓ Se estima que más de 8 millones de artículos de basura (sólida) entran a los océanos y mares cada día en todo el mundo. De los cuales alrededor de 5,5

millones son vertidos perdidos por buques comerciales incluyendo 4,8 millones de envases de metal, 640.000 de plástico y 300.000 de vidrio.

- ✓ Los institutos de investigación estiman que la cantidad de basura que se echa al mar es como tres veces mayor que la cantidad de peces que se extrae del mismo.
- ✓ La producción de plástico ha crecido de manera tan rápida desde su desarrollo hace más de 40 años, que para 1970 se había producido suficiente plástico en lámina para hacer una bolsa para cubrir el planeta completo. Además, la producción de polietileno ese año alcanzaba a cubrir todos los océanos.
- ✓ La Academia de Ciencias de EE.UU. estimó la entrada total, mundial, de basura al océano en aproximadamente 6,4 millones de toneladas por año, de los cuales casi 5,6 millones de toneladas proviene de naves mercantes.
- ✓ Se estima que hay más de 46.000 objetos plásticos flotando en cada milla cuadrada del océano. Entre el 60 y 80% de éstos, proviene de fuentes en tierra y alrededor del 50% de toda la basura es plástico.
- ✓ Según cifras de 1997, las naves comerciales y pesqueras y las plataformas petroleras vierten 70.000 toneladas de basura al Mar del Norte cada año.
- ✓ Estudios que clasifican los desechos generados por buques en EE.UU. revelan que las naves de carga generan 111.700 millones de toneladas de desechos cada año y los puertos pueden recibir hasta 368.000 toneladas de desechos por año de naves extranjeras.
- ✓ En el Pacífico, se han encontrado plásticos flotando en concentraciones de 21.000 por milla cuadrada. *(En la Limpieza 'Beachwatch' 1998 en el Reino Unido, 322.751 artículos de basura, con un peso aproximado de 25 toneladas, se recolectaron en 167 Km. de costa. El costo anual de limpieza de las playas en el Reino Unido se ha evaluado en alrededor de US \$ 60 millones).*

La basura y otros desechos sólidos de los buques pueden ser tan mortíferos como los hidrocarburos y los químicos para la vida marina. El peligro más importante es el plástico, que puede flotar por años. Los peces y mamíferos marinos, a veces pueden confundir el plástico con alimento, y también pueden enredarse con cuerdas, redes, bolsas y otros objetos plásticos, incluso objetos aparentemente inocuos como las argollas utilizadas para afirmar latas de cerveza o bebidas gaseosas.

El uso de materiales sintéticos y no biodegradables en el equipamiento de pesca y el empaque tiene como resultado una alta tasa de mortalidad de mamíferos marinos (delfines, ballenas, focas, nutrias marinas, manatíes); aves, peces y otras especies tanto local como internacional.

Una evaluación reciente de la Oficina de Tecnología del Congreso de los Estados Unidos concluyó que aproximadamente 100.000 mamíferos marinos mueren cada año en los océanos del mundo producto de la ingestión de desechos plásticos o por enredarse con ellos. Además la situación se está empeorando. Estas muertes no son rápidas ni compasivas.

Los peces y mamíferos marinos mueren por enredarse en desechos de tres formas distintas. Si los fragmentos son grandes, los animales se ahogan. Los fragmentos medianos causan agotamiento y muerte por hambre debido al arrastre extra que involucran. Los fragmentos pequeños que incluyen la mayor cantidad de basura como cintas de embalaje, cuerdas, etc. matan lentamente, incluso demorando meses, debido al crecimiento del animal que poco a poco se va estrangulando o cortando.

Se ha registrado la ingesta de basura plástica en aves, tortugas marinas, peces y mamíferos marinos, desde perdigones hasta bolsas, las tortugas, por ejemplo, son consumidoras de medusas una de sus comidas favoritas, las cuales confunden fácilmente con bolsas de basura que son arrojadas al mar.

Se encontró dentro de una ballena pigmeo joven que murió tras varar en Texas en 1993, que los primeros dos compartimientos estomacales estaban llenos de desechos plásticos incluyendo una bolsa de basura, un envoltorio de pan, una bolsa de papas fritas y otros dos pedazos de plástico.

Los objetos más ingeridos por delfines y ballenas incluyen bolsas y láminas de plástico, aunque también se han encontrado redes, cuerdas y otros objetos plásticos dentro de estos animales.

Se conocen 69 especies de aves a nivel mundial que ingieren desechos plásticos. Los materiales más comunes son pedregones plásticos pequeños (0,2-0,6 Mm. de diámetro), le siguen fragmentos de polietileno. En menor cantidad se encuentra el poliestireno. Los pedregones de plástico son la materia prima que se obtiene de los petroquímicos sintetizados. Se transportan a granel a los centros manufactureros donde se funden y se fabrican productos para el consumo.

La ingestión de grandes cantidades de plástico puede causar obstrucción intestinal, una falsa sensación de saciedad o reducir la absorción de nutrientes. Las especies que no regurgitan pueden además absorber sustancias tóxicas liberadas por la acumulación. Las aves también se enredan en basuras domésticas y desechos pesqueros. Muchas aves juntan pedazos de redes para sus nidos, éstos pueden estrangular tanto a las aves adultas como a sus polluelos.

Estudios recientes han destacado un tipo de contaminación plástica que se había pasado por alto previamente: pequeños fragmentos de "scrubbers" (esferas) plásticos (normalmente de 0,5 mm de ancho) derivados de limpiadores manuales, preparaciones cosméticas y medios de limpieza con aire comprimido. La tecnología de aire comprimido utiliza partículas de polietileno para sacar pintura de superficies metálicas y la limpieza de piezas mecánicas, éstas se pueden reciclar unas 10 veces antes de desecharlas, y muchas veces se encuentran contaminadas con metales pesados. El impacto de estas partículas persistentes sobre el medio ambiente puede ser variado. Por ejemplo, los metales pesados u otros contaminantes se pueden transferir a organismos filtradores u otros invertebrados alcanzando niveles "tóxicos" superiores.

Desechos plásticos a la deriva pueden constituir posibles caminos de invasión de especies foráneas: los plásticos que flotan por el mar pueden albergar organismos como bacterias, diatomeas y algas, entre otros. Los plásticos a la deriva pueden aumentar la gama de organismos marinos o introducir nuevas especies a un medio ambiente marino.

2.4 Contaminación atmosférica.

La atmósfera es esencial para la vida, por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en el hombre y otros seres vivos y, en general, en todo el planeta. Es un medio extraordinariamente complejo y la situación se hace todavía más complicada y difícil de estudiar cuando se le añaden emisiones de origen humano en gran cantidad, como está sucediendo en estas últimas décadas, *ver figura 17*.



Figura que muestra la contaminación la contaminación producida por las industrias a la atmósfera. **Figura 17.**

Una atmósfera contaminada puede dañar la salud de las personas y afectar a la vida de las plantas y los animales. Pero, además, los cambios que se producen en la composición química de la atmósfera pueden cambiar el clima, producir lluvia ácida o destruir el ozono, fenómenos todos ellos de una gran importancia global. Se entiende la urgencia de conocer bien estos procesos y de tomar las medidas necesarias para que no se produzcan situaciones graves para la vida de la humanidad y de toda la biósfera.

La alteración de la composición normal del aire es un hecho que se viene produciendo incluso desde antes de aparecer el hombre sobre la tierra: erupciones volcánicas, terremotos, incendios forestales, emanaciones de pantanos, etc., eran y son fuentes naturales de emisión que lanzan al aire grandes cantidades de sustancias ajenas a su normal composición.

2.4.1 Definición de contaminación atmosférica.

Se entiende por contaminación atmosférica, la presencia en el aire de sustancias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

Cuando estas materias o fuentes de energía ponen o es probable que pongan en peligro la salud del hombre, su bienestar o recursos, directa o indirectamente, se denominan contaminantes.

2.4.2 ¿Cuáles son los principales contaminantes del aire?

2.4.2.1 Monóxido de Carbono (CO).

Gas incoloro, inodoro, de menor densidad que el aire, inflamable, tóxico y muy estable (vida media en la atmósfera, 2-4 meses). No afecta a los materiales aunque sí a las plantas si su concentración supera las 100 ppm. En el hombre puede provocar la muerte cuando la concentración supera las 750 ppm, al competir con el O_2 por la hemoglobina en la respiración debido a que es 210 veces más afín que éste.

El CO es un producto intermedio en las combustiones, siendo máxima su emisión cuando se utilizan mezclas pobres de O₂. Se ha identificado también como resultado de la descomposición a elevada temperatura del CO₂ resultante. Su tratamiento adecuado requiere una buena aireación en los procesos de combustión y un control adecuado de la temperatura.

El monóxido de carbono se produce como consecuencia de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono, tales como la gasolina, el petróleo y la leña, y de la de productos naturales y sintéticos, como por ejemplo el humo de cigarrillos.

✓ Efectos sobre el hombre.

Muy tóxico para las personas (puede causar la muerte por asfixia). Efectos directos sobre los sistemas circulatorio y respiratorio. Dolores de cabeza, perturbaciones psíquicas y de memoria, disminución de reflejos.

Al reaccionar con la hemoglobina de la sangre (Hb), forma carboxihemoglobina (COHb), reduciendo la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.

Los fumadores tienen niveles de dos a cuatro veces más de carboxihemoglobina (COHb) que los no fumadores.

2.4.2.2 Dióxido de Carbono (CO₂).

El anhídrido carbónico o dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, no tóxico, más denso que el aire, que se presenta en la atmósfera en concentraciones que oscilan entre 250 y 400 ppm.

En realidad no puede considerarse como contaminante en sentido estricto ya que no es tóxico, y se halla en atmósferas puras de modo natural. No obstante, por los posibles riesgos que entraña su acumulación en la atmósfera, como consecuencia de las alteraciones producidas en su ciclo por las actividades humanas que pudieran dar lugar a una modificación del clima de la Tierra, lo consideramos como sustancia contaminante.

El carbono es elemento básico en la formación de las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, pues todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbonos enlazados entre sí.

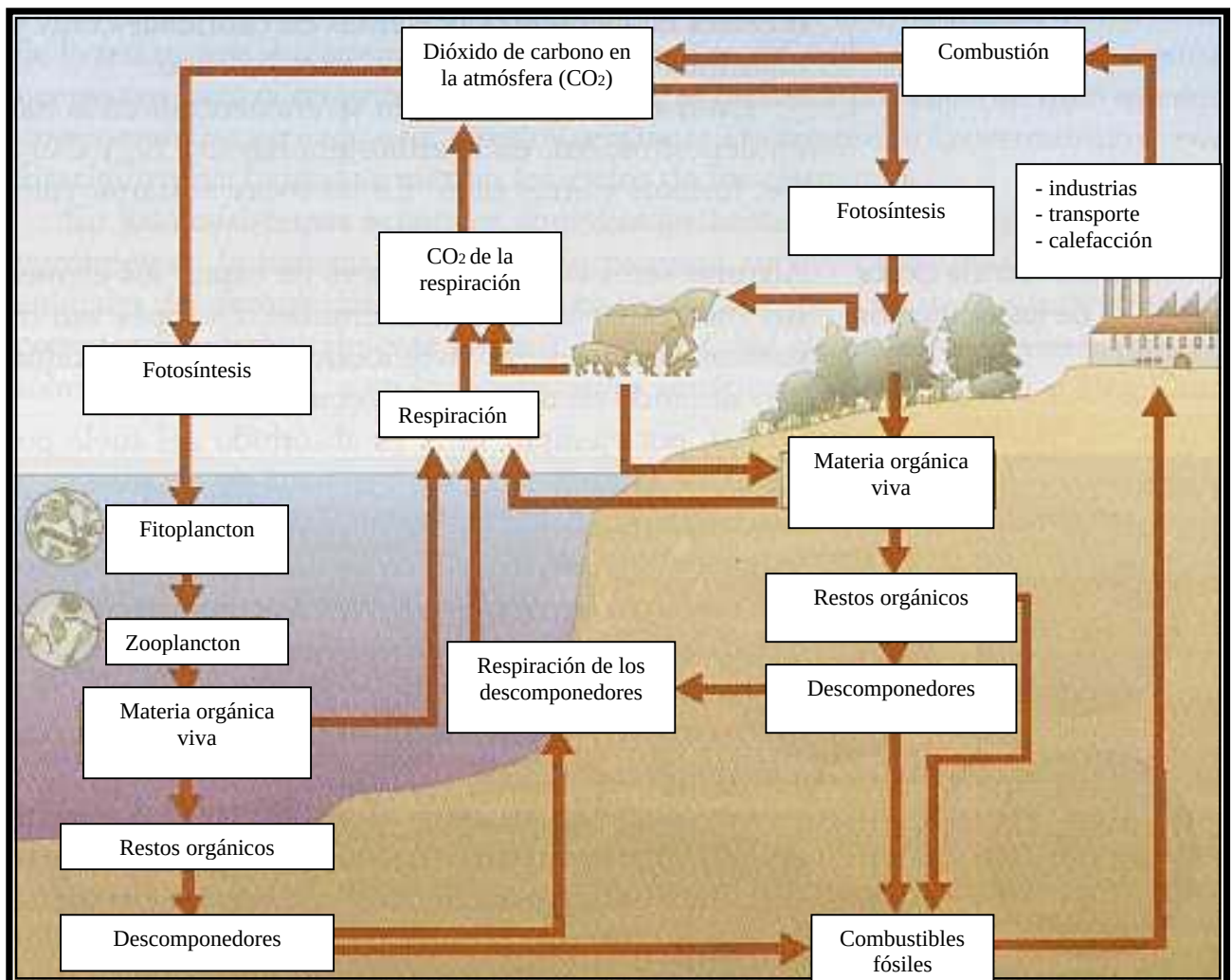
La reserva fundamental de carbono, en moléculas de CO₂ que los seres vivos puedan asimilar, es la atmósfera y la hidrósfera. Este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03%, y cada año aproximadamente un 5% de estas reservas de CO₂, se consumen en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico se renueva en la atmósfera cada 20 años.

La vuelta de CO₂ a la atmósfera se hace cuando en la respiración los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO₂. En el conjunto de la biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo y no, como podría parecer, los animales más visibles.

Los seres vivos acuáticos toman el CO₂ del agua. La solubilidad de este gas en el agua es muy superior a la de otros gases, como el O₂ o el N₂, porque reacciona con el agua formando ácido carbónico. En los ecosistemas marinos algunos organismos

convierten parte del CO_2 que toman en CaCO_3 que necesitan para formar sus conchas, caparazones o masas rocosas en el caso de los arrecifes. Cuando estos organismos mueren, sus caparazones se depositan en el fondo formando rocas sedimentarias calizas, en el que el C queda retirado del ciclo durante miles y millones de años. Este C volverá lentamente al ciclo cuando se van disolviendo las rocas, en la *figura 18* se muestra la estructura de la transformación del carbono.

Ciclo del carbono en la naturaleza.

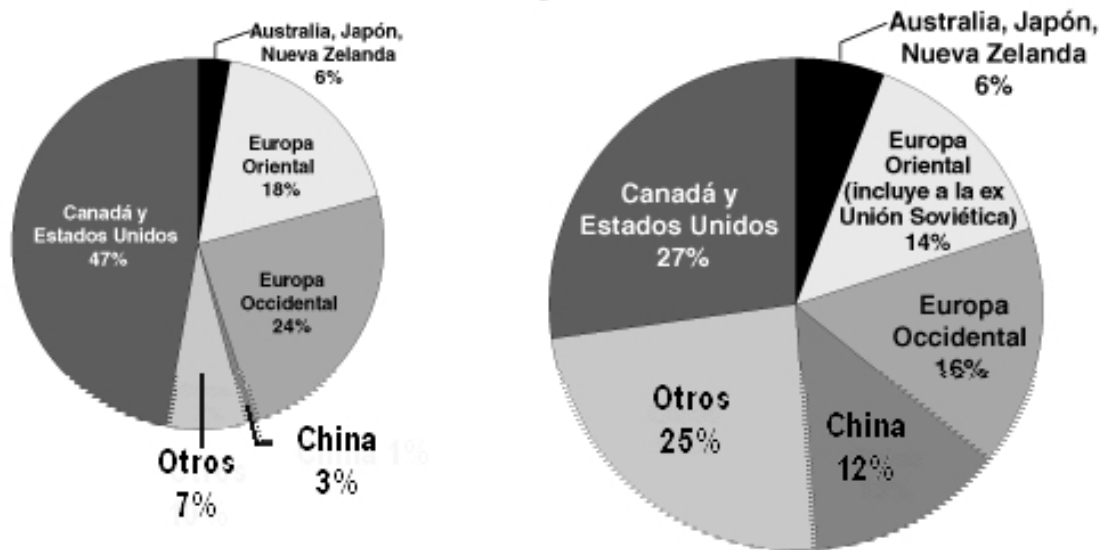


Esquema que muestra el ciclo que cumple el carbono en la naturaleza. **Figura 18.**

El ciclo natural del carbono, como se sabe, se ha alterado considerablemente como producto de la contaminación ambiental y la velocidad e intensidad con la que las plantas pueden utilizarlo en la fotosíntesis no es suficiente como para evitar que este gas se acumule en la atmósfera.

La quema de combustibles fósiles que mantuvieron por miles de años al carbono sedimentado en las profundidades y que ahora son utilizados como gas, petróleo y gasolina, ha puesto en circulación (en la atmósfera) enormes cantidades de carbono.

Emisiones de Dióxido por Región 1950 y 1990



Gráficos que muestran los porcentajes de contaminación de dióxido de carbono por región entre los años 1950 y 1990. **Figura 19.**

EMISIONES DE CO₂ PER CÁPITA (Toneladas/año)

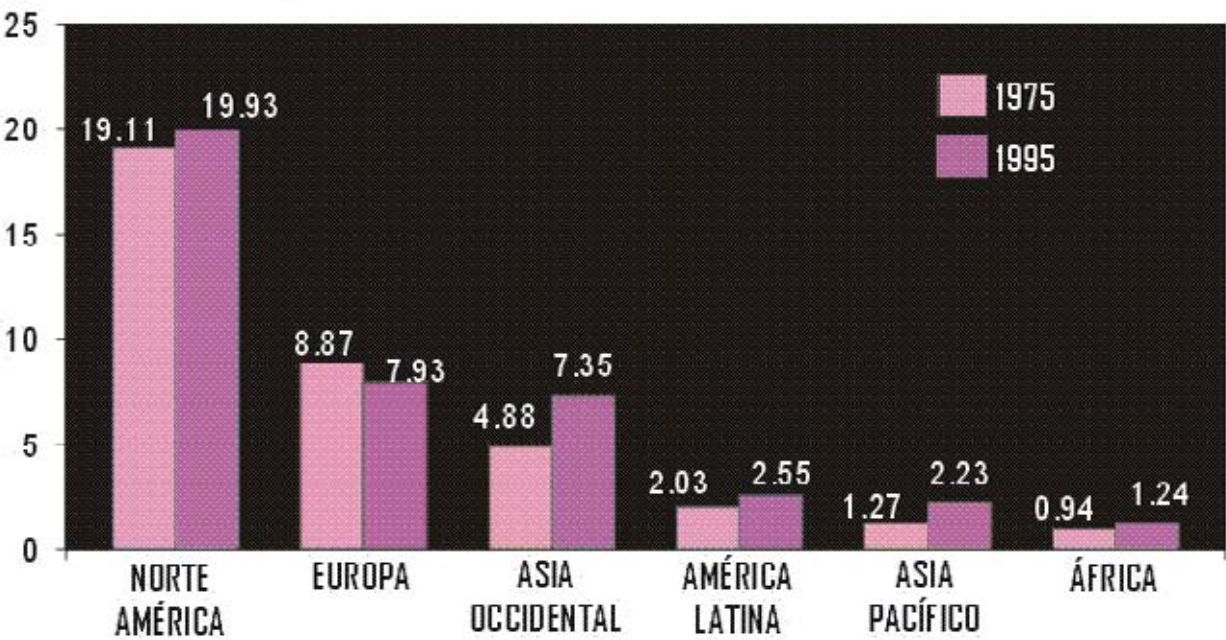


Grafico de barra que muestra las emisiones de Dióxido de carbono por región en unidades de (toneladas /año). **Figura 20.**

Como se ve, la emisión de dióxido de carbono se ha incrementado sensiblemente en todo el mundo y sus efectos probablemente tienen que ver con el aumento global de temperatura (calentamiento global) que muchos investigadores afirman que está ocurriendo, ver figura 19 y 20.

Los efectos de concentración de CO₂ en la atmósfera tienen además, un ritmo estacional. En altas latitudes (al norte) se incrementa significativamente en el invierno cuando baja la actividad fotosintética en los bosques de hoja caduca. Este efecto se acentúa por el incremento en el uso de combustibles para mantener los sistemas de aire acondicionado en países de esas latitudes.

El efecto invernadero está asociado directamente con la acumulación de bióxido de carbono en la atmósfera (alrededor del 50%), y su impacto aumenta en la medida que se consume combustibles fósiles, también al permitir la tala de bosques en toda la superficie terrestre y si se continua contaminando el mar con desechos y derrames de productos químicos. Otros contaminantes que contribuyen al efecto invernadero son el metano y los clorofluorocarbonos (CFC's, utilizados como propelentes de aerosoles y en sistemas de refrigeración). Se anexa: **II) Informe del pentágono sobre el calentamiento global; III) tratado de Kyoto.**

2.4.2.3 Clorofluorcarbonos (CFC).

Son sustancias químicas que se utilizan en gran cantidad en la industria, en sistemas de refrigeración y aire acondicionado y en la elaboración de bienes de consumo. Cuando son liberados a la atmósfera, ascienden hasta la estratósfera. Una vez allí, los CFC producen reacciones químicas que dan lugar a la reducción de la capa de ozono que protege la superficie de la Tierra de los rayos solares. La reducción de las emisiones de CFC y la suspensión de la producción de productos químicos que destruyen la capa de ozono constituyen pasos fundamentales para la preservación de la estratósfera.

2.4.2.4 Plomo.

Es un metal de alta toxicidad que ocasiona una diversidad de trastornos, especialmente en niños pequeños. Puede afectar el sistema nervioso y causar problemas digestivos. Ciertos productos químicos que contienen plomo son cancerígenos. El plomo también ocasiona daños a la fauna y flora silvestres.

El contenido de plomo de la gasolina se ha ido eliminando gradualmente, lo que ha reducido considerablemente la contaminación del aire. Sin embargo, la inhalación e ingestión de plomo puede tener lugar a partir de otras fuentes, tales como la pintura para paredes y automóviles, los procesos de fundición, la fabricación de baterías de plomo, los señuelos de pesca, ciertas partes de las balas, algunos artículos de cerámica, las persianas venecianas, las cañerías de agua y algunas tinturas para el cabello.

2.4.2.5 Ozono (O₃).

El ozono se crea de las reacciones de la luz solar con los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre que contaminan la atmósfera. Se podría decir que hay cientos de fuentes distintas que producen estos dos tipos de contaminantes, algunas son los vapores de gasolinas, los solventes químicos y la combustión de diversos compuestos.

Se forman casi en cualquier sitio, desde las grandes industrias, las estaciones de gasolina, las pequeñas fábricas o las tintorerías. Estos lugares se encuentran generalmente en zonas donde la temperatura ambiente, la radiación solar y el tránsito vehicular facilitan las reacciones para la formación de ozono.

El ozono es una molécula formada por 3 átomos de oxígeno y es una forma alotrópica del oxígeno, es un gas de color azul pálido y al licuarse forma un líquido azul oscuro. Químicamente es muy activo, es un oxidante muy fuerte por lo que se usa como germicida (mata organismos infecciosos) diluido se usa para esterilizar el agua, purificar el aire y llevar a cabo reacciones de oxidación en química orgánica. Se descompone

rápidamente en oxígeno a temperaturas mayores a 100° C y a temperatura ambiente en presencia de catalizadores como el dióxido de manganeso, MnO₂.

Tanto el oxígeno atómico (O) como el ozono (O₃) son muy reactivos y al reaccionar con los hidrocarburos olefínicos producen aldehídos, cetonas y alcoholes. El ozono absorbe las radiaciones ultravioleta de 300 nanómetros de longitud de onda la cual es mortífera para los seres vivos. Los rayos ultravioleta tipo B de 280 a 320 nanómetros producen mutaciones genéticas en el ADN (ácido desoxirribonucleico) lo que propicia el cáncer de piel, melanoma y cataratas. Además debilita al sistema inmunológico de los organismos lo que los hace propensos a las enfermedades como la gripe, la influenza y el asma, y disminuye el proceso de fotosíntesis de las plantas y por lo tanto la producción de alimentos. Se calcula que hay 12 ppm de ozono en la atmósfera lo que indica que debemos evitar destruirlo con los productos químicos que lo destruyen.

Debido a su gran reactividad química el ozono se usa en ocasiones para combatir el mal olor de gases de desecho como los producidos en el tratamiento de aguas negras, porque los oxida formando productos menos mal olientes. Las concentraciones de ozono para estos tratamientos varía entre 10 y 20 ppm, concentraciones que serían fatales para el hombre. Para los trabajadores industriales sanos la concentración máxima permisible de ozono es de 0.1 ppm en una jornada de 8h.

En general el ozono es una sustancia que cumple dos papeles totalmente distintos según se encuentre en la estratósfera o en la tropósfera.

✓ **Ozono estratosférico.**

El que está en la estratosfera (de 10 a 50 km.).

El ozono ayuda a conservar la vida de 2 maneras:

- 1) al absorber las radiaciones ultravioleta
- 2) al contribuir a mantener el equilibrio térmico de la atmósfera.

✓ **Ozono troposférico.**

El ozono que se encuentra en la tropósfera, junto a la superficie de la Tierra, es un importante contaminante secundario. El que se encuentra en la zona más cercana a la superficie se forma por reacciones inducidas por la luz solar en las que participan, principalmente, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos presentes en el aire. Es el componente más dañino del smog fotoquímico y causa daños importantes a la salud, cuando está en concentraciones altas, y frena el crecimiento de las plantas y los árboles.

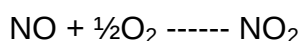
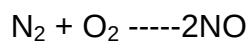
En la parte alta de la tropósfera suele entrar ozono procedente de la estratósfera, aunque su cantidad y su importancia son menores que el de la parte media y baja de la tropósfera.

En el hombre la inhalación del ozono presente en el smog fotoquímico ocasiona tos, dificultad para respirar, irritación en la nariz y la garganta, aumenta las molestias y agrava las enfermedades crónicas como el asma, bronquitis, enfisema (es incurable y reduce la capacidad de los pulmones para transferir oxígeno a la sangre) y trastornos cardiacos. Se anexa: **IV) INFORME DE NASA Y NOAA SOBRE LA REDUCCION DE LA CAPA DE OZONO.**

2.4.2.6 Óxido de nitrógeno (NO_x).

De los más de ocho óxidos distintos que forman esta familia, tres son los que están en el aire en cantidades apreciables, N₂O (óxido nitroso), NO (óxido nítrico) y NO₂. El N₂O es un gas inerte de carácter anestésico que contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO₂) y afecta a la destrucción de la capa de ozono, incrementándose la presencia del mismo en la atmósfera como consecuencia de las emisiones procedentes de la descomposición de materia orgánica nitrogenada (nitrificación/desnitrificación), alcanzando unos niveles en el aire de 0,50 ppm. El NO es un gas incoloro e inodoro, tóxico a altas concentraciones y presente en el aire en menos de 0,50 ppm. Aunque a baja concentración su tolerancia por los seres vivos es aceptable, sin embargo es un precursor del NO₂ y por tanto responsable en parte de la contaminación fotoquímica. Su tolerancia biológica es similar al NO aunque se desconocen sus efectos sobre la salud humana.

En torno al 67% de las emisiones de NO_x (total emisiones 25-99 GKg/año) son de origen antropogénico (Kirkwood), de las cuales, más del 90% se originan en combustiones a elevadas temperaturas, tanto de fuentes estacionarias como móviles. La mayoría de las reacciones químicas de estos compuestos llevan a la obtención de HNO₃ que es vertido como lluvia ácida. Las reacciones entre el nitrógeno (tanto del aire como el que está presente en el combustible) y el oxígeno se resumen en las dos siguientes:

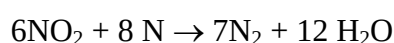
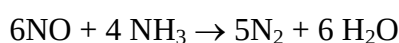


Mientras en la primera reacción la constante de equilibrio, K_p es muy baja (ésta sube con la temperatura posibilitando la formación de NO en numerosas combustiones), en la segunda el aumento de temperatura favorece la descomposición del NO₂, por ello en los procesos donde la temperatura convencional de la llama está entre 1500 y 2250 °K casi todo lo que se forma es NO (90-95%) y muy poco NO₂.

Para un efectivo **control de emisiones** de los NO_x se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El exceso de aire incrementa la temperatura y por tanto es mayor la emisión de NO_x.
- El precalentamiento del aire produce idéntico efecto, a pesar del ahorro energético.
- La recirculación de los gases de combustión fríos rebajan la temperatura y reducen las emisiones.

De entre todos los métodos para tratar los NO_x el más efectivo es la reducción catalítica selectiva (SCR) mediante la cual y en presencia de catalizadores de óxidos metálicos tienen lugar las reacciones que se indican a continuación, en las que los óxidos de nitrógeno son transformados como N₂ atmosférico.



2.4.2.7 Partículas.

En la atmósfera permanecen suspendidas sustancias muy distintas como partículas de polvo, polen, hollín (carbón), metales (plomo, cadmio), asbesto, sales, pequeñas gotas de ácido sulfúrico, dioxinas, pesticidas, etc. Se suele usar la palabra *aerosol para referirse a los materiales muy pequeños*, sólidos o líquidos. Partículas se suele llamar a los sólidos que forman parte del aerosol, mientras que se suele llamar polvo a la materia sólida de tamaño un poco mayor (de 20 micras o más). El polvo suele ser un problema de interés local, mientras que los aerosoles pueden ser transportados muy largas distancias.

Según su tamaño pueden permanecer suspendidas en la atmósfera desde uno o dos días, las de 10 micrómetros o más, hasta varios días o semanas, las más pequeñas. Algunas de estas partículas son especialmente tóxicas para los humanos y, en la práctica, los principales riesgos para la salud humana por la contaminación del aire provienen de este tipo de polución, especialmente abundante en las ciudades.

- ✓ **Aerosoles primarios:** Los aerosoles emitidos a la atmósfera directamente desde la superficie del planeta proceden principalmente, de los volcanes, la superficie oceánica, los incendios forestales, polvo del suelo, origen biológico (polen, hongos y bacterias) y actividades humanas.
- ✓ **Aerosoles secundarios:** Los aerosoles secundarios se forman en la atmósfera por diversas reacciones químicas que afectan a gases, otros aerosoles, humedad, etc. Suelen crecer rápidamente a partir de un núcleo inicial.

Entre los aerosoles secundarios más abundantes están los iones sulfato alrededor de la mitad de los cuales tienen su origen en emisiones producidas por la actividad humana. Otro componente importante de la fracción de aerosoles secundarios son los iones nitrato.

La mayor parte de los aerosoles emitidos por la actividad humana se forman en el hemisferio Norte y como no se expanden por toda la atmósfera tan rápido como los gases, sobre todo porque su tiempo de permanencia medio en la atmósfera no suele ser mayor de tres días, tienden a permanecer cerca de sus lugares de producción.

▪ Impacto sobre el clima.

Los aerosoles pueden influir sobre el clima de una manera doble. Pueden producir calentamiento al absorber radiación o pueden provocar enfriamiento al reflejar parte de la radiación que incide en la atmósfera. Por este motivo, no está totalmente clara la influencia de los aerosoles en las distintas circunstancias atmosféricas. Probablemente contribuyen al calentamiento en las áreas urbanas y siempre contribuyen al enfriamiento cuando están en la alta atmósfera porque reflejan la radiación disminuyendo la que llega a la superficie.

2.4.2.8 Dióxido de azufre (SO₂).

El SO₂ es un gas que pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre (SO_x), que se producen principalmente de la combustión de compuestos que contienen azufre - carbón y aceite- y durante ciertos procesos industriales y en la producción de acero. Este gas incoloro y con sabor ácido picante, es percibido por el olfato en concentraciones hasta de 3 ppm (0.003%) a 5 ppm (0.005%). Cuando se encuentra en niveles de 1 a 10 ppm induce al aumento de la frecuencia respiratoria y el pulso.

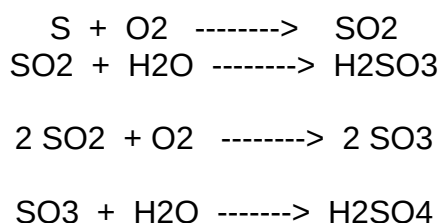
Cuando alcanza las 20 ppm produce una fuerte irritación en ojos, nariz, garganta, incrementa la crisis asmática y recrudece las alergias respiratorias. Si la concentración y el tiempo de exposición aumentan, se producen afecciones respiratorias severas. Una exposición a 400 - 500 ppm, aunque sea corta, puede resultar fatal para el organismo al producir y agravar ciertos padecimientos cardiovasculares.

A diferencia del CO y de los óxidos de nitrógeno, que pueden permanecer alrededor de 3 años en la atmósfera, los óxidos de azufre sólo tienen un período de residencia de 3 ó 4 días en la atmósfera, sin embargo, sus efectos contaminantes son muy importantes.

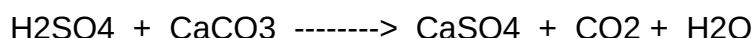
El dióxido de azufre, de la misma manera que los óxidos de nitrógeno, son causa directa de la lluvia ácida cuyos efectos son muy importantes tanto en las grandes ciudades acelerando la corrosión de edificios y monumentos, reduciendo significativamente la visibilidad como en el campo, produciendo la acidez de lagos, ríos y suelos.

El trióxido de azufre, SO₃, es un agente deshidratante poderosísimo, se obtiene por oxidación del anhídrido sulfuroso, SO₂. Por calentamiento de ácido sulfúrico se desprende SO₃. El anhídrido sulfúrico cristaliza en agujas prismáticas, tiene un punto normal de fusión de 16.8°C y un punto normal de ebullición de 44.88° C.

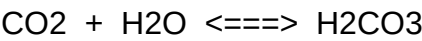
En condiciones adecuadas el azufre reacciona con el oxígeno del aire produciendo dióxido de azufre (SO₂, gas denso, incoloro con olor a azufre quemado, es muy tóxico. Es un agente muy reductor y soluble en agua.), el cual por otra oxidación produce el anhídrido sulfúrico o trióxido de azufre (SO₃) y éste puede reaccionar con el vapor de agua del aire produciendo ácido sulfúrico. Estos procesos se representan mediante las siguientes ecuaciones químicas:



El ácido sulfúrico es muy tóxico para todos los seres vivos. También daña a los edificios y monumentos, por ejemplo, al reaccionar con el carbonato de calcio (mármol) lo destruye produciendo bióxido de carbono, agua y sulfato de calcio, proceso que se representa mediante la ecuación química:



Al reaccionar el bióxido de carbono con el agua produce otro ácido que es débil, el ácido carbónico cuya reacción se representa mediante la ecuación química:



En Estados Unidos y algunos países de Europa han encontrado que la tasa de mortalidad por bronquitis crónica está asociada con la cantidad y el tiempo de exposición con contaminantes como el bióxido de azufre.

Las emisiones de SO₂ producen lesiones en el follaje y fruto de árboles y plantas, en selvas, bosques y áreas de cultivo porque altera la fotosíntesis. Su efecto se conoce como lluvia ácida.

Las erupciones volcánicas son una fuente importante de contaminación, ya que sus emisiones arrojan a la atmósfera toneladas de cenizas y vapores que afectan amplias zonas a la redonda.

2.5 Tablas de datos con alguno de los distintos agentes contaminantes estudiados, (principalmente los que tiene que ver con la combustión de combustibles fósiles).

2.5.1 Utilidades necesarias: Unidades de concentración y leyes de los gases.

- masa / volumen: µg / m³
- volumen / volumen: %, ppm, ppb, ppt (ó ppmv, ppbv, pptv)
- moléculas / volumen: n° moléculas / m³
- Unidades Dobson (ozono estratosférico)

2.5.2 Unidades de volumen / volumen

- Para componentes gaseosos mayoritarios: % en volumen
- Para componentes gaseosos minoritarios:

ppm ó ppmv → partes por millón
ppb ó ppbv → partes por billón
ppt ó pptv → partes por trillón

ppm

ppb

ppt

}

=

Volumen contaminante

Volumen total de aire

×

{

10⁶

10⁹

10¹²

}

2.5.3 Unidades masa / volumen

- Se utilizan tanto para componentes sólidos (partículas) como Gaseosos
- La más utilizada es $\mu\text{g} / \text{m}^3$

Unidades Dobson (UD) es la unidad que se utiliza para medir el espesor de la capa de ozono.

$1 \text{ UD} = \text{capa de ozono puro de } 0.01 \text{ mm de espesor a } 1 \text{ atm y } 273 \text{ K}$

Por ejemplo, la cantidad de ozono típica en latitudes templadas es del orden de 350 UD. Eso significa que si todo el ozono se concentrase sobre la superficie de la tierra, formaría una capa de 3 milímetros y medio a 1 atm y 273 K.

A continuación se mostraran 3 tablas con los datos de los contaminantes del aire por carbono (tabla 2), luego datos con los contaminantes con azufre (tabla 3) y finalmente contaminantes con nitrógeno (tabla 4).

Tabla de datos de contaminantes típicos con carbono. *Tabla 2.*

Compuesto	Fuentes principales	Concentración típica		Tiempo de Vida
		Natural	Contaminado	
<u>Dióxido de carbono</u> (CO2)	Océano, Biosfera, Combustibles fósiles,	350 ppmv	380 ppmv	50-200 años
<u>Monóxido de carbono</u> (CO)	Quema de biomasa, Transporte, Fotoquímica	<50 ppbv	150-200 ppmv	1-2 meses
<u>Metano</u> (CH4)	Animales, Vegetación en putrefacción, Humedales	1650 pptv	>1800 pptv	10 años
<u>Hidrocarburos (no metano) (NMHC)</u>	Vegetación, Origen humano	few ppv	variable	variable
Partículas de Carbono Orgánico (POC)	Fotoquímica secundaria	0.1 μ g/m3	>2 μ g/m3	1 semana
Elemento Carbono (EC)	Quema de biomasa, Origen humano	0.02 μ /g3	>1 μ g/m3	1 semana

Fuente: De Global Air Pollution. Datos de trabajos de 1982 a 1988.

Esta tabla muestra los contaminantes con azufre. *Tabla 3.*

Compuesto	Fuentes principales	Concentración típica		Tiempo de Vida
		Natural	Contaminado	
Sulfuro de carbonilo (COS)	Suelos, Quema de biomasa	500 pptv	Indeterminado	44 años
Disulfuro de carbono (CS2)	Océanos, Suelos	15-30 pptv	100-200 pptv	12 días
Disulfuro de dimetilo DMS ((CH3) 2S)	Descomposición de algas en el océano	<10 pptv	100 pptv	0.6 días
Sulfuro de hidrógeno (H2 S)	Reducción bacteriana, Suelos y humedales	30-100 pptv	330-810 pptv	4.4 días
<u>Dióxido de azufre</u> (SO2)	Origen humano, Volcanes, Oxidación de H2S	24-90 pptv	>5 ppbv	2-4 días
Sulfato (SO4-2)	Superficie mar Oxidación desde SO2	0.01 μ gs/m3	>2.5μ gs/m3	1 semana

Fuente: De Global Air Pollution. Datos de trabajos de 1982 a 1988.

Esta tabla muestra los contaminantes con nitrógeno. *Tabla 4.*

Compuesto	Fuentes principales	Concentración típica		Tiempo de Vida
		Natural	Contaminada	
Amoniaco (NH3)	Animales, Suelos, Combustión de biomasa	0.1 pptv	>6 pptv	6 Días
Ión amonio (NH4+)	Conversión desde NH3	0.05 µ g/m3	>1.5 µ g/m3	5 días
<u>Oxido nitroso</u> (N2O)	Suelo, Océano	310 ppbv	350 ppbv	170 años
<u>Oxido nítrico (NO) y Dióxido de nitrógeno</u> (NO2) = NOx	Combustibles fósiles Iluminación, Incendio de biomasa, Suelos Oxidación de NO a NO2	<100 pptv	100 ppbv	<2 días
Nitrato (NO3-)	Secundario desde NO	0.5 µ g/m3	>10 µ g/m3	5 días

Fuente: De Global Air Pollution. Datos de trabajos de 1982 a 1988.

2.6 Organismos no deseados en el agua de lastre.

El lastre se define pues como todo sólido o líquido colocado en un buque para aumentar su calado, o modificar el asiento, regular la estabilidad o mantener las cargas de tensión dentro de unos límites aceptables.

El agua se ha utilizado como lastre a partir de 1880, evitando así la carga de materiales sólidos, que lleva tiempo, y la posible peligrosa inestabilidad del buque al desplazarse el lastre durante la travesía.

Algunos tipos de buques exigen grandes volúmenes de agua de lastre, especialmente para las travesías en que el buque va vacío, incluidos los transportes de carga seca a granel, transportes de mineral, buques tanque, transportes de gas licuado, o los buques que transportan hidrocarburos o minerales a granel.

Otros buques exigen cantidades de lastre más pequeñas en casi todas las condiciones de carga, para controlar la estabilidad, el asiento y la escora. Entre ellos figuran los portacontenedores, transbordadores, buques que transportan carga general, buques de pasaje, buques de transbordo rodado, buques pesqueros, buques factoría y los buques militares.

Se calcula que en todo el mundo se transfieren unos 10 mil millones de toneladas de agua de lastre cada año. Cada buque puede transportar desde varios centenares de litros hasta más de 100 000 toneladas de agua de lastre, según las dimensiones y finalidades del buque. Esta agua de lastre, probablemente recogida y bombeada a los tanques de lastre en el puerto en que se ha entregado la carga o en sus proximidades, puede contener organismos acuáticos en todas sus etapas vitales. Se ha calculado que el agua de lastre puede transportar 3000 especies de microorganismos y plantas al día en todo el mundo.

La tasa de supervivencia de las especies después de la descarga depende de las condiciones de la zona receptora, habiendo especies que tienen más probabilidades de arraigar cuando las condiciones son parecidas a las de su procedencia, como por ejemplo la salinidad y la temperatura. Los estudios realizados indican que normalmente menos del tres por ciento de las especies transportadas llegan a establecerse en las nuevas regiones, pero tan sólo una especie de peces depredadores podría dañar gravemente el ecosistema local.

✓ **Algunos ejemplos.**

Una de sus primeras consecuencias fue la llegada a Europa del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), un pequeño bivalvo de agua dulce – aunque también resiste aguas salobres- originario de la cuenca del mar Caspio. El mejillón cebra colonizó los muelles de Londres en los años veinte del siglo XIX, introducido por la navegación fluvial, y desde allí se extendió poco a poco por todo el continente. En 1988 fue visto por primera vez en América del Norte, en un pequeño lago de Detroit (Estados Unidos), y desde los Grandes Lagos ha penetrado en diversos ríos norteamericanos. En el año 2001 Quercus publicó la aparición de esta especie en España, concretamente en el curso bajo del Ebro, seguramente a causa de una embarcación que traía aguas de lastre infestadas con larvas de mejillón cebra. A pesar de su pequeño tamaño, este Bivalvo provoca graves desequilibrios ecológicos, y que es muy prolífico, se alimenta de fitoplancton y compite con ventaja frente a otras especies. Además se adhiere a todo tipo de superficies sumergidas, como tuberías, buques, boyas.

▪ **Alga asesina.**

Entre los polizones problemáticos que pueden introducirse con las aguas de lastre figuran también los dinoflagelados, un extenso grupo de protistas –fundamentalmente planctónicos- que pueden vivir tanto en aguas dulces como saladas. También producen potentes toxinas que, en algún caso, sí llegan a afectar a la salud humana. Estos organismos son los responsables de las mareas rojas, un fenómeno conocido desde tiempos remotos y que podría explicar el célebre relato bíblico que describe cómo las aguas del Nilo se teñían de sangre. Además, estas toxinas de los dinoflagelados se acumulan en peces y moluscos, con el consabido efecto sobre toda la cadena trófica. Por otro lado, una plaga de dinoflagelados puede provocar asimismo una disminución del oxígeno en el agua. Las plagas más peligrosas son las causadas por los géneros *Gymnodinium* y *Alexandrium*, que han afectado a las costas de Noruega y el Reino Unido. Una de estas especies, *Alexandrium minutum*, fue observada por primera vez en la costa occidental de Suecia y desde allí se extendió al mar del

Norte, luego a la costa oriental de Estados Unidos y por fin a Australia y a Nueva Zelanda.

Otro dinoflagelado (organismos unicelulares) a tener en cuenta es *Pfiesteria piscicida*, especie descubierta en 1988 por científicos de Carolina del Norte. Existen veinticuatro formas distintas de este microorganismo, algunas de las cuales producen una serie de toxinas inocuas para el ser humano, pero asociadas a lesiones y a mortandades de una gran cantidad de peces, como la que tuvo lugar en Carolina del Norte y en la bahía de Chesapeake tras haber sido introducida en las aguas de lastre.

De regreso a las algas, *Undaria pinatifida* también ha provocado invasiones importantes. Conocida popularmente como alga Wakame, es anual y tiene un ritmo de crecimiento desmesurado, que le lleva a alcanzar tamaños entre uno y tres metros. Además es muy prolífica, pues el número de esporas que libera puede llegar incluso a los cien millones. Originaria de Japón, donde se cultiva para uso gastronómico (ensaladas, sopas, guarniciones de pollo y pescado, condimento para arroces y vegetales...en el mundo se consumen anualmente 20.000 toneladas de Wakame), fue introducida de forma accidental en las costas francesas en el año 1971. Desde entonces se han producido varias invasiones, como la de Argentina en 1992, donde llegó a través de las aguas de lastre de los buques procedentes de Corea.

- **Gymnocephalus cernuus.**

Ya en el terreno de la salud humana, otro grave problema es el causado por la bacteria *Vibrio Cholerae*, responsable de la enfermedad del cólera. Esta bacteria produce una enterotoxina que origina diarreas, vómitos y una fuerte deshidratación, capaz de provocar incluso la muerte si no se aplica rápidamente el tratamiento adecuado. La mayor parte de los individuos infectados por el cólera no presentan síntomas de ningún tipo, aunque la bacteria puede permanecer en las heces por un período de tiempo que oscila entre los siete y los catorce días. Sólo un 10% desarrollan la enfermedad y padecen los típicos síntomas de deshidratación. El cólera causa unas 120.000 muertes al año y en África hay 79 millones de personas que corren el riesgo de padecerlo. La bacteria puede sobrevivir en el agua durante largos periodos de tiempo, incluso cincuenta días cuando se asocia con algas o crustáceos marinos, lo que la convierte en una buena candidata al transporte en aguas de lastre. Entre 1991 y 1992 se localizó la presencia de *Vibrio Cholerae* en el agua de lastre de cinco cargueros atracados en Estados Unidos, concretamente en el golfo de México. Actualmente también se hacen controles en Australia para evitar la introducción accidental de esta peligrosa bacteria.

2.6.1 Legislación de las aguas de lastre en Chile.

La DGTM y MM “Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante”, establece procedimientos y recomendaciones a seguir para la adopción de medidas preventivas con el objeto de reducir al mínimo los riesgos de introducción de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos por los buques que ingresan a los puertos nacionales. Dentro de estas medidas podemos destacar dos: la de Naves procedentes

del extranjero con aguas de lastre sin cambiar y las de naves procedentes de puertos nacionales con aguas de lastre sin cambiar.

La DGTM Y M.M. establece lo siguiente con respecto a las naves procedentes del extranjero con aguas de lastre sin cambiar:

a.- Si la nave recala y no se ha efectuado cambio de lastre durante su navegación, antes de recalar a puertos chilenos, por razones operativas, de seguridad u otras, el Capitán de la Nave deberá retener el agua de lastre a bordo, no pudiendo descargarlo. En la situación antes señalada, si el Capitán de la Nave requiere deslastrar por razones operacionales, deberá solicitar la autorización al Capitán de Puerto respectivo para hacerlo, el que le asignará un punto de fondeo a la gira para deslastrar, que cumpla los siguientes requisitos:

- 1)** Estar lo más alejado de la costa, que la seguridad de la nave lo permita.
- 2)** Que sea profundo y que el efecto dispersante de las mareas o corrientes sea rápido.
- 3)** Que esté alejado de todo tráfico marítimo.
- 4)** Que esté alejado de tomas de aguas submarinas.
- 5)** Que sea seguro para los tripulantes y la nave.

b.- Si por razones operacionales propias del tipo de buque, estructurales, de seguridad, sistemas de lastre, condiciones climáticas adversas u otras de fuerza mayor, la nave debe atracar sin alcanzar a efectuar el cambio de aguas de lastre, se deberá agregar, sólo a los estanques que deslastrará, 11 gramos de Hipoclorito de Sodio en polvo o 14 gramos de Hipoclorito de Calcio en polvo por tonelada de agua de lastre.

c.- El tratamiento indicado, deberá ser efectuado con a lo menos cuatro horas antes de iniciar el deslastrado, de tal forma que los movimientos internos del agua de lastre, permitan homogeneizar la mezcla.

d.- Se debe tener presente al efectuar estas acciones, que siempre debe tener en consideración, la seguridad de las tripulaciones y personas involucradas, junto con la seguridad de la nave.

e.- En todo momento el Capitán de la nave debe adoptar procedimientos seguros y eficaces para la descarga del agua de lastre de su nave, debiendo tener presente lo siguiente:

- 1)** Ser acucioso en el registro de datos del formulario de "Notificación del Agua de Lastre".
- 2)** Facilitar los planos del buque y registros relativos al lastre.
- 3)** Señalar detalles sobre la ubicación de los puntos de muestreo de los tanques y/o registro.

La DGTM Y M.M. establece lo siguiente con respecto a las naves procedentes de puertos nacionales con aguas de lastre sin cambiar:

a.- Cuando no sea posible cambiar “a lo menos una vez el agua” de lastre navegando entre puertos nacionales, por más de veinticuatro horas, ni queden otras opciones, por poner razones de seguridad de la Nave y su tripulación u operativas, el Capitán de la Nave deberá retener el agua de lastre en los tanques o bodegas respectivos, sin poder descargarla en puerto.

b.- Si durante la navegación se pudo cambiar sólo parte del agua de lastre, se autorizará la descarga del agua cambiada solamente, siempre y cuando sea posible manejarla separadamente del resto del agua de lastre.

c.- Las naves que en forma permanente efectúan navegación Regional o cabotaje, en zonas cuyo itinerario no supera las veinticuatro horas en la mar y cuando el agua de lastre transportada es una cantidad fija y sólo se descarga eventualmente, quedan exentas de efectuar el cambio de aguas de lastre y de presentar el formulario de “Notificación del Agua de Lastre” en el puerto de recalada.

2.7 Pinturas antiincrustantes tóxicas.

Los buques navegan por el agua con más rapidez y consumen menos combustible cuando disponen de cascos limpios y libres de organismos incrustantes, como ciertos crustáceos, algas o moluscos. En los primeros tiempos de la navegación se utilizaron la cal y, después, compuestos de arsénico y mercurio y DDT (Diclorodifeniltricloroetano: plaguicida prohibido en la agricultura en los Estados Unidos desde 1973 y en la mayoría de los demás países) para revestir los cascos de los buques, como sistemas antiincrustantes. Durante la década de los sesenta la industria química elaboró pinturas antiincrustantes eficaces y económicas utilizando compuestos metálicos, en particular, el compuesto de organoestaño conocido como tributilestaño (TBT). En la década de los setenta, la mayoría de los buques de navegación marítima habían revestido sus cascos con pinturas a base de TBT.

2.7.1 El problema del TBT.

El TBT se ha descrito como la sustancia más tóxica que jamás se haya introducido de forma deliberada en el medio marino. Se sabe que su uso como fungicida, bactericida, insecticida y preservante de las maderas es perjudicial para una amplia gama de organismos acuáticos, entre los que se incluyen las microalgas, los moluscos y crustáceos, los peces y algunos invertebrados.

Como biocida en las pinturas antiincrustantes, demostró ser muy eficaz al mantener los cascos de los buques y botes limpios y pulidos. Cuando se introdujo en las pinturas antiincrustantes, se consideró menos perjudicial que los biocidas entonces en uso, como el DDT y el arsénico.

Como biocida, era necesario que el TBT fuese tóxico para poder destruir los organismos que se fijasen al casco de los buques. El principal problema fue su persistencia en el medio marino.

Cuando el TBT empezó a usarse de forma generalizada en las pinturas antiincrustantes, los científicos empezaron a encontrar concentraciones cada vez más elevadas de TBT en las zonas donde existían grandes aglomeraciones de botes y buques, como los puertos deportivos y comerciales. En el mar abierto y las aguas oceánicas, la contaminación por TBT no se consideró un problema importante, aunque estudios posteriores demostraron que existía acumulación de TBT en peces y mamíferos.

Los científicos hallaron las primeras pruebas de contaminación con TBT en las ostras. En la bahía de Arcachón, en la costa oeste de Francia, la contaminación ocasionada por los botes se vinculó al alto índice de mortalidad de las larvas de ostras durante la década de los setenta y a graves deformaciones en las conchas de los ejemplares adultos que los hacía invendibles.

En la costa sudoeste de Inglaterra, el envenenamiento por TBT se relacionó con el declive de la población del caracol púrpura (*Nucella lapillus*) en la década de los ochenta. Los estudios realizados mostraron que las hembras de dicha especie habían experimentado el fenómeno conocido como imposexo tras el envenenamiento por TBT: las hembras desarrollan órganos sexuales masculinos y pueden llegar a ser estériles.

Durante la década de los ochenta, se notificaron altas concentraciones de TBT en las zonas costeras de todo el mundo. Como consecuencia de ello, varios países han introducido controles para limitar el uso de TBT en las pinturas antiincrustantes en los buques pequeños. En 1982, Francia prohibió el uso de TBT en los buques con una eslora inferior a 25 m, y otros países siguieron su ejemplo, entre ellos el Japón, que en 1990 impuso reglas estrictas en cuanto al uso de TBT en las pinturas antiincrustantes y prohibió la producción de tales pinturas en 1997. En la *tabla 5* se muestra los efectos perjudiciales del TBT sobre el medio ambiente.

El TBT y sus efectos perjudiciales para el medio ambiente. *Tabla 5.*

El tributilestaño (TBT) y sus efectos perjudiciales para el medio ambiente	
Aguas y sedimentos	El tributilestaño (TBT) es un algicida, fungicida, insecticida y acaricida con un amplio espectro de acción, y que se utiliza en las pinturas antiincrustantes desde la década de los sesenta. El TBT es tóxico para los seres humanos. Puede descomponerse en el agua por el efecto de la luz (fotólisis) y los microorganismos (biodegradación) y convertirse en di- y monobutilestaño de menor toxicidad. Su vida media varía desde unos cuantos días hasta varias semanas, aunque la descomposición es más lenta cuando el TBT se ha acumulado en los sedimentos; si falta el oxígeno por completo, la vida del tributilestaño puede alcanzar varios años. Por tanto, en las aguas cuyos fondos están muy sedimentados, como es el caso de los puertos y estuarios, existe el riesgo de que la contaminación por TBT dure varios años.
Deformaciones de las conchas	El tributilestaño hace que aumente el grosor de las conchas de las ostra, ya que produce trastornos en el metabolismo del calcio.
Imposexo	Se ha observado en caracoles marinos: las hembras desarrollan órganos sexuales masculinos. Este fenómeno se ha registrado en 72 especies marinas. Una concentración de tan sólo 2,4 nanogramos de TBT por litro es suficiente para provocar cambios sexuales en el caracol púrpura que pueden llegar a producir esterilidad.
Mamíferos marinos	Se han encontrado cantidades mínimas de TBT en ballenas, delfines y miembros de la familia de las focas en los Estados Unidos, sudeste asiático, Mar Adriático y Mar Negro. El tributilestaño se absorbe a través de la cadena alimenticia.
Menor resistencia a las infecciones	Los estudios realizados han mostrado que el tributilestaño reduce la resistencia a las infecciones en peces como la platija y otros peces planos que habitan en el fondo del mar y que están expuestos a niveles relativamente altos de TBT, en particular en las zonas con sedimentos limosos como es el caso de puertos y estuarios.

Fuente: TBT in antifouling paints: National Institute for Coastal and Marine Management/RIKZ.

2.7.2 nuevas pinturas antiincrustantes desarrolladas por las industrias Ceresita, según regulaciones OMI.

Con el propósito de proteger el medio ambiente marino, manteniendo un sistema que permita evitar las incrustaciones en cascos de buques, que ayuden en forma considerable a disminuir el consumo de combustible, y por ende la emisión de contaminantes, se han propuesto restricciones en el uso de pinturas antiincrustantes con TBT. El protocolo que legislara sobre este tema fue ratificado el 01 de febrero del 2003 con lo cual ya para el 2008, ningún buque deberá tener como compuesto en las pinturas antiincrustantes el compuesto TBT y deberán tener el nuevo Certificado Internacional del sistema antiincrustante.

Industria Ceresita S.A., cumpliendo con todo lo anterior y de las directrices de su licenciador, Jotun Paints, dejo de vender a contar del 01 de enero del 2003 pinturas antiincrustantes con contenidos de estaño en su formulaciones y lanzo al mercado la línea Antifoulings Tin-Free Libres de estaño, las cuales ya esta siendo aplicado en chile y el mundo. Se entrega en la *tabla 6*, las características de los Antifoulings Tin-Free, fabricados por Cerecita.

Características de los Antifoulings Tin-Free, fabricados por Cerecita. *Tabla 6.*

	Sea Quantum Ultra	Sea Quantum Plus	Sea Quantum Classic	Sea Quantum FB	Sea Queen	Sea Prince	Sea Guardian
Tipo	Hydrolysabl e Tin Free Sefpolishing	Hydrolysable Tin Free Sefpolishing	Hydrolysabl e Tin Free Sefpolishing	Tin Free Sefpolishing	Tin Free Sefpolishing	Tin Free Sefpolishing	Tin Free Sefpolishing
Velocidad de desgaste	Rapida	Lenta	Media	Media	Media	Media	Lenta
Periodo entre carenas	Hasta 60 meses	Hasta 60 meses	Hasta 60 meses	Hasta 60 meses	Hasta 36 meses	Hasta 30 meses envertical, 36 en fondos planos	Hasta 36 meses.
Cantidad días mínimos de navegación anual	0	185	185	185	185	185	185
Velocidad del buque	Bajo 12 nudos, exposición estática	Sobre 18 nudos	12-20 nudos	12-20 nudos	10-22 nudos	10-22 nudos	6-22 nudos
Área de uso	Verticales y fondos planos	Verticales y fondos planos	Verticales y fondos planos	Fondos planos	Verticales y fondos planos	Verticales y fondos planos	Verticales y fondos planos
Recomendación	Nuevas construccion es y mantencion	Nuevas construcciones y mantencion	Nuevas construccion es y mantencion	Nuevas construcciones y mantencion	Nuevas construcciones y mantencion	Nuevas construcciones y mantencion	Nuevas construccion es y mantencion
segmento	FPSO's, Storage Vessels, lay-up vessels	Container Vessels, LNG/LPG	Oil Tankers,Bul k Carriers, Cruise Vessels	Uso general	Uso general	Uso general	Uso general

2.8 Generalidades sobre los reglamentos según Marpol para la disminución de la contaminación.

2.8.1 Contaminación por hidrocarburos.

Si es necesario prevenir los accidentes aún es mayor la necesidad de prevenir los vertidos operacionales. Como respuesta internacional a la necesidad de evitar la contaminación de los océanos entraron en vigor, en 1983, la International Convention for the Prevention of Pollution from Ships 1973 y su Protocolo 1978 (MARPOL 73/78).

Siendo el transporte marítimo de vital importancia para el comercio internacional, MARPOL 73/78 trata de encontrar un término medio entre la necesidad de preservar el medio marino y la necesidad de imponer leyes que no hagan prohibitivo dicho transporte. Además, MARPOL 73/78 tiene que hacer frente al conflicto entre los estados de abanderamiento y los estados costeros. Históricamente, los primeros, tratan de preservar una jurisdicción exclusiva sobre sus buques, mientras los segundos desean ejercer la autoridad del convenio MARPOL sobre los buques de otras naciones.

En 1992, se adoptaron enmiendas al convenio concernientes al proyecto tanto de los petroleros existentes como de los nuevos. Estas enmiendas entraron en vigor en 1993. Con la intención de reducir los daños por derrames, esas enmiendas exigen que los petroleros se equipen con doble casco o una alternativa igualmente efectiva. Dichos cambios crearon controversia por sus elevados costes, los armadores cuestionaron la eficacia del doble casco argumentando que había otras soluciones que deberían haberse tenido en cuenta. Las enmiendas finales reflejan un compromiso entre los intereses en conflicto. En la *tabla 7* se muestra una estimación de los hidrocarburos que entran al océano en el año 1979, los valores están en toneladas métricas por año.

Cantidades estimadas de los hidrocarburos que entraron en los océanos en 1979 (valores en toneladas métricas por año). *Tabla 7.*

Buques	1 500 000
Accidental	257 000
Operacional/intencional de los cuales:	1 243 000
Deslastre y lavado de tanques - de cargas sobre residuos	105 000
Deslastre y lavado de tanques - sin cargas sobre residuos	529 000
Lavado del tanque antes del mantenimiento	360 000
Bombeo de sentinas	23 000
Graneleros/petroleros	46 000
Otros buques	180 000
Operaciones mar adentro	
Accidental	80 000
Operacional/intencional	insignificante
Otras fuentes	
Operaciones de buques tanque en terminales	70 000
Efluentes de refinería	300 000
Tuberías y manipulación del derrame	40 000
Lubricantes desechados	1 300 000
Total	3 290 000

fuente: The Impact of Marine Pollution. Douglas J. Cuise and John P. Grant Croom Helm Ltd. Londres 1980.

2.8.1.1 Descargas Operativas.

Hay dos operaciones que son fuentes de polución: lastrado y limpieza de tanques de carga. El lastrado se produce tras la descarga del tanque rellenando con agua salada un tercio de su capacidad para compensar calados.

El problema de polución va asociado al agua de lastre que se mezcla con los restos de petróleo adheridos a las paredes y fondo del tanque. Este lastre contaminado se descarga antes de la llegada al puerto de carga. Como suele quedarse un 0.35% de la carga original embarcada, 700 toneladas será el contenido de petróleo en una operación de deslastre de un buque de 200,000 toneladas.

La otra fuente contaminante es la limpieza de tanques. Al mismo tiempo que el buque almacena un lastre equivalente a un tercio de su capacidad, dicha agua se utiliza para limpiar el resto del tanque. Con este lavado se prepara el tanque para se cargado nuevamente. Igual que el agua de lastrado, las descargas procedentes de la limpieza de tanques es contaminante.

Si son necesarias las operaciones de lastrado y limpieza de tanques también debe serlo la limpieza de esas descargas. Existen varios procedimientos para reducir o eliminar la polución debidas a las descargas operativas. MARPOL 73/78 exige el empleo de alguno o todos métodos siguientes: LOT (Load on Top), COW (Crude Oil Washings) y SBT (Segregated ballast tanks).

✓ **Método LoT.**

Es un procedimiento en el que se permite que el agua se asiente durante el viaje de retorno al puerto de carga. Tras un periodo de tiempo, la mezcla de agua y petróleo se separan, el petróleo, más ligero, sube gradualmente a la superficie. Mediante este procedimiento el agua se extrae del fondo, dejando un residuo de petróleo que es transferido a un tanque de residuos que se descarga en puerto. La dificultad de este procedimiento reside en la necesidad de una tripulación preparada que siga el procedimiento correcto. Como el proceso lleva considerable tiempo, este método no funciona bien en viajes cortos.

✓ **Método COW.**

Esta técnica utiliza petróleo en lugar de agua para limpiar tanques. Debido al poder disolvente del crudo es el mejor método para reducir lodos y residuos. Al eliminar el agua en la operación de lavado se evita la polución debida al lavado.

✓ **Método SBT.**

Los tanques de lastre segregado se disponen para llevar solamente lastre con lo que se eliminan los problemas de las descargas contaminadas. La única posibilidad de contaminación se produciría cuando el buque necesitase una cantidad de lastre superior a la capacidad de los tanques SBT. El hecho de que estos tanques compartan el mismo circuito que los tanques de carga suscita el temor de que la tripulación llenen éstos últimos sin aislar los tanques de lastre.

2.8.1.2 Anexo I.

Este anexo contiene las reglas que afectan a la polución. El convenio enfoca la cuestión de la polución generada por el buque desde dos direcciones, una de procedimiento y otra técnica. Primero, se trata de reducir la contaminación regulando las operaciones a bordo que pueden producirla. Con ese fin, se estipulan procedimientos y restricciones que deben observarse en descargas de agua y otros residuos.

MARPOL trata también de reducir la polución exigiendo un proyecto especial o una configuración que elimine o reduzca la contaminación operativa. A diferencia del primer procedimiento, que confía en la tripulación la vigilancia de que las descargas sean lo más limpias posible y en los países de abanderamiento la detección y penalización de la violación de las reglas, el segundo procedimiento cuenta con que sean las soluciones estructurales y la tecnología las que reduzcan y controlen la polución.

2.8.1.3 Regulación técnica.

El Anexo I adopta una escala gradual para definir criterios sobre los buques. Para nuevas construcciones las exigencias son rígidas: todas deben equiparse con tanques SBT. Para buques existentes, las exigencias son menos estrictas: la solución COW o CBT pueden sustituir a la SBT. Las exigencias exactas, resumidas a continuación, dependen del tipo de buque, su edad, y del peso muerto.

En buques de nueva construcción: los que transportan productos químicos y tienen más de 30,000 DWT deben llevar SBT. Si transportan crudo y tienen más de 20,000 DWT, SBT y COW.

En buques ya existentes que transportan crudo, entre 40,000 y 70,000 DWT, SBT o COW o CBT. Esta última opción se excluye tras cuatro años. En petroleros de más de 70,000 DWT, lo mismo. Los que transportan productos químicos y tienen más de 40,000 DWT: SBT o CBT.

Más allá de la exigencia de SBT, el Anexo I también exige el equipo necesario para operar el sistema LOT y la retención a bordo de los residuos oleaginosos hasta que puedan ser descargados en puerto. Este equipo incluye tanques de residuos, separador de agua, medidores de contenidos de petróleo y tanques de lodos.

Finalmente el Anexo I exige que los buques vayan equipados con sistemas de hardware que puedan controlar las descargas oleaginosas, como si fuera una caja negra. Todos los registros deben mantenerse durante tres años.

2.8.1.4 Exigencias Operativas.

La razón que subyace tras la exigencia del software de control, es la de asegurar que las descargas operativas cumplen las normas precisas del Anexo I. Para los petroleros esas normas son: 1) un buque no puede perder en el océano más de un 1/30,000 de su capacidad total de carga; 2) la proporción en la que puede descargarse el petróleo no debe ser superior a sesenta litros por milla navegada; y 3) no puede descargarse, en absoluto, petróleo dentro de las 50 millas próximas a la costa ni dentro de ciertas áreas especiales (Mar Mediterráneo, Mar Negro, Mar Rojo, Golfo de Persia etc.)

Para otros buques las normas son algo más relajadas: 1) el contenido de petróleo de los vertidos debe ser menor que 100 partes por millón; y 2) no puede hacerse en absoluto descarga alguna dentro de las 12 millas próximas a la costa ni en áreas especiales.

Bajo el Anexo I, los petroleros y otros buques están obligados a usar el sistema LOT para extraer residuos oleaginosos de las aguas operativas. Estos restos deben retenerse a bordo en tanques de vertidos hasta ser descargados en puerto.

Los países firmantes del acuerdo están obligados a proporcionar las instalaciones adecuadas para la recepción de residuos en las terminales de carga, puertos de reparación y otros puertos frecuentados por buques que tengan residuos que descargar. Es más, dichos buques deben llevar y mantener un libro de registro en el que se anoten todas las operaciones referentes a la carga y descarga de petróleo; éste libro puede ser inspeccionado por las autoridades de cualquier Estado miembro de la Convención.

2.8.1.5 Régimen de Aplicación.

Las partes firmantes de MARPOL 73/78 pueden aplicar el acuerdo de tres maneras: a través de: 1) inspecciones que aseguren que los buques cumplen las normas mínimas, 2)

controlando el cumplimiento de las normas de descargas y 3) penalizando a los buques que no cumplan las normas.

La responsabilidad de que las normas técnicas requeridas por MARPOL 73/78 se cumplan descansa sobre los países bandera. Aunque generalmente estos países son muy discretos acerca de la mejor forma de llevar a cabo esa tarea, están obligados a inspeccionar periódicamente los petroleros (>150 GT) y los buques grandes (>400 GT).

La Convención exige que los países bandera lleven a cabo inspecciones antes de que el buque se ponga en servicio o cuando se expida un certificado IOPP (International Oil Pollution Prevention Certificate) por cinco años.

De la autoridad portuaria depende dicho certificado puesto que si un buque no lo posee, dicha autoridad puede llevar a cabo un reconocimiento completo y, si en cambio, el buque posee un certificado válido esa misma autoridad debe reconocerlo como propio.

2.8.1.7 Control.

Un segundo componente del régimen de aplicación es el control de las descargas del buque. Si un país firmante del convenio tiene evidencias sobre la violación de las normas por parte de algún buque debe enviar sus pruebas al país de abanderamiento responsable del buque.

Pero, mientras se carga sobre los estados la tarea de vigilancia de los océanos, la mayoría de las violaciones en alta mar quedan impunes por diversas razones. En primer lugar por la imposibilidad de patrullar millones de millas. Segundo, una vez descubierta una mancha de petróleo, es difícil acumular evidencias que la relacionen con un barco en particular. Sin fotos de una larga mancha de petróleo tras la estela de un barco, el método usual de detección de una violación al Convenio es el de observar una descarga mientras el buque está atracado. No obstante, una foto puede que no sea suficiente prueba como lo demuestra el hecho de que en 1978 Francia utilizó fotografías para documentar 44 violaciones y en ningún caso se impusieron multas.

MARPOL 73/78 da a las autoridades portuarias el control de las descargas de los buques atracados en sus instalaciones. En una inspección de descargas, la autoridad del puerto controlará el libro de registro de todos los movimientos de petróleo durante el viaje. Si el buque tiene instalado un equipo de control de descargas, sería también una evidencia importante. Finalmente, si un buque no tiene una cantidad normal de lastre sucio, o residuos oleaginosos almacenados en el tanque correspondiente, sería una evidencia de una descarga ilegal. En 1980 las autoridades escocesas notificaron a todos los petroleros que rechazarían el atraque de aquellos que llegasen a puerto con menos lastre sucio del normal.

2.8.1.8 Penalización.

Es el último componente del régimen de aplicación. Cuando el país bandera recibe noticia de la de la violación de MARPOL 73/78 por parte de uno de sus barcos, debe abrir obligatoriamente una investigación. Si de esta investigación se deducen evidencias suficientes para ejercer una acción en contra del buque, entonces el país de abanderamiento debe iniciar un procedimiento legal que juzgue los hechos.

Dentro del espíritu de cooperación, deberá informarse con prontitud al país que informó sobre la violación de las acciones emprendidas. A la hora de penalizar, el país bandera debe imponer multas suficientemente severas y disuasorias.

2.8.1.9 Logros de la aplicación del anexo I.

En 1990, el Consejo Nacional de Investigación Marina de los Estados Unidos dijo de MARPOL 73/78 que había tenido un impacto sumamente positivo en la disminución de la cantidad de hidrocarburos que entran en el mar.

El Consejo realizó un estudio y mostró que en 1981 aproximadamente 1.470.000 toneladas de hidrocarburos entraron en los océanos de todo el mundo como resultado de operaciones de transporte marítimo. La mayor parte proviene de operaciones rutinarias, como pueden ser las descargas de desechos procedentes de maquinaria y de las aguas de lavado de los tanques de los petroleros (sólo estas últimas supusieron unas 700 000 toneladas). La contaminación accidental contribuyó menos de un 30% del total.

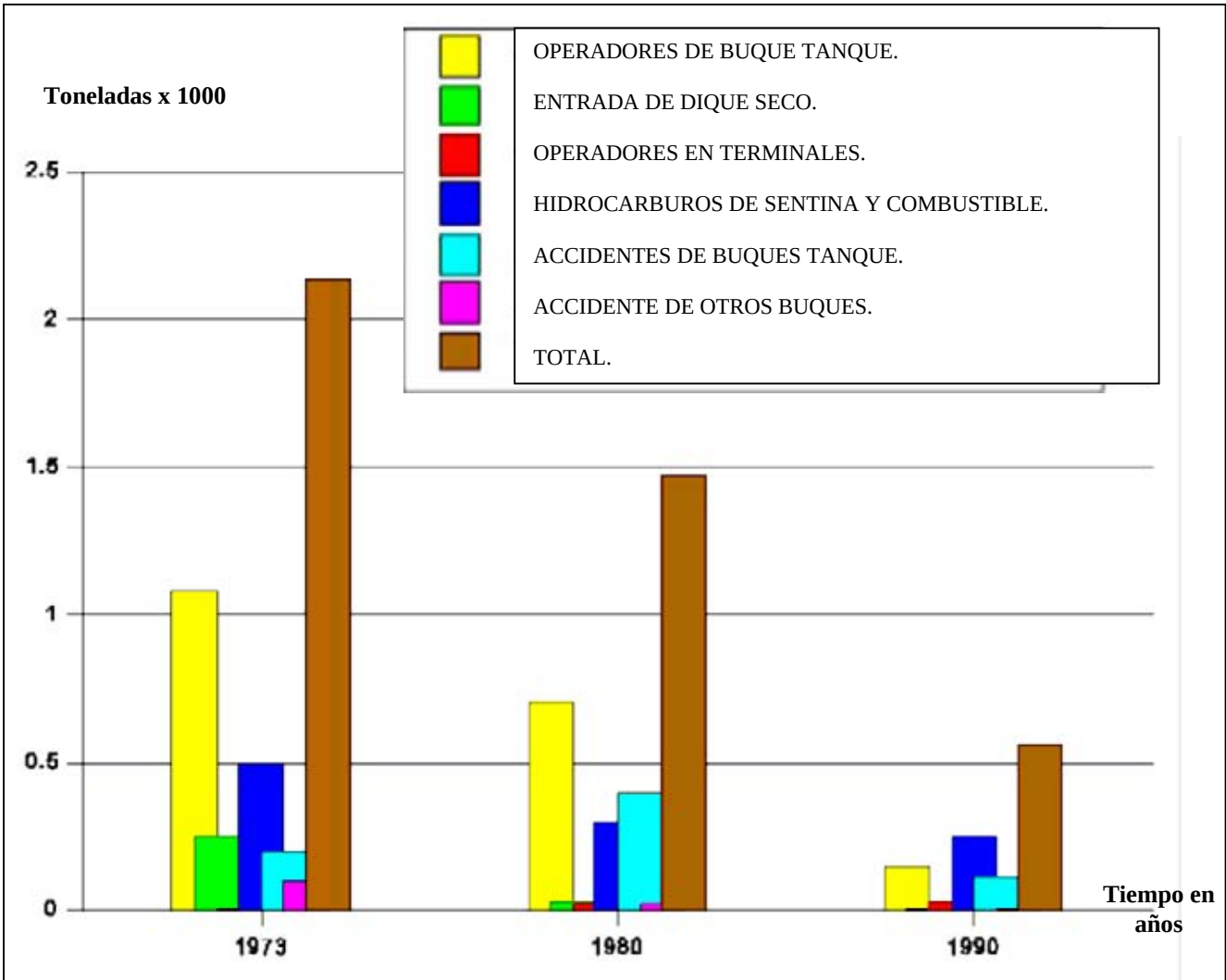
Se estima que para 1989 la contaminación de hidrocarburos procedentes de los buques quedó reducida a 568 800 toneladas. Las operaciones de los buques tanque contribuyeron solamente unas 158 000 toneladas del total.

Es más, aunque el Protocolo de 1978 no entró en vigor hasta 1983, ya se habían implantado muchas de sus prescripciones. El "sistema de carga sobre residuos", por ejemplo, fue implantado en 1978 y se instaló en muchos buques tanque ya que reducía la cantidad de hidrocarburos que se desperdiciaban durante las operaciones rutinarias y por tanto aumentaba los beneficios. Las definiciones de "buque nuevo" y "buque tanque nuevo" incluidas en el Convenio original de 1973 y el Protocolo de 1978, implicaban que todos los buques tanque construidos después de esas fechas ya cumplían con las prescripciones de MARPOL 73/78.

Hoy en día, los buques tanque transportan aproximadamente 1 800 millones de toneladas de petróleo crudo por mar en todo el mundo, que incluyen el 50% de las importaciones de hidrocarburos de Estados Unidos (petróleo crudo y producto refinado). La mayor parte del tiempo los hidrocarburos se transportan de forma segura y tranquila.

Las medidas de MARPOL introducidas tras accidentes importantes han contribuido a que en la actualidad sea más probable que un buque tanque esté bien construido y opere satisfactoriamente. El hecho de que las medidas de MARPOL se han adoptado tras graves accidentes no es necesariamente algo negativo. El impacto de la opinión pública sobre las manchas por hidrocarburos o los conglomerados de alquitrán en las playas ha llevado a que los principales transportistas de crudo en el mundo deseen invertir en medidas de seguridad y prevención contra la contaminación, ya que un accidente, además de sus costos en términos de vidas humanas o físicos, puede costarles mucho en mala publicidad. La *figura 21* muestra grafica de la disminución de la contaminación en el tiempo por derrames de petróleo desde la aparición de MARPOL 73/78, valores en toneladas.

Grafica que representa los valores en el tiempo de las toneladas de derrames de hidrocarburos al mar por la operación de los buques desde la aparición de MARPOL.



Los estudios realizados por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos muestran claramente en la grafica que la OMI ha tenido un papel muy importante en la reducción de la contaminación por los buques: la cual ha pasado de más de dos millones de toneladas en 1973 a poco más de 500 000 toneladas en 1990. Tal vez la mayor mejora haya consistido en reducir la contaminación operacional, a través de medidas como el sistema de carga sobre residuos y el lavado con crudos. **Figura 21.**

2.8.2 Reglas para prevenir la contaminación ocasionada por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel.

El transporte por mar de productos químicos líquidos a granel se desarrolló en paralelo al número cada vez mayor de derivados de petróleo producidos por las refinerías.

Los buques quimiqueros se han desarrollado a la par de la industria química desde la Segunda Guerra Mundial. En un principio, los petroleros se adaptaron para transportar

productos químicos líquidos, mediante la instalación de tanques especiales, doubles fondos y medios estructurales y de tuberías.

Pero a medida que la gama de productos químicos aumentó, los quimiqueros se hicieron más complejos. A principios de la década de 1960, aparecieron los primeros quimiqueros construidos especialmente para ese propósito: proyectados para ofrecer máxima protección a la carga y a la tripulación, dada la naturaleza de los productos químicos que transportaban. Los quimiqueros son por regla general más pequeños en tamaño que los petroleros, y su arqueo bruto puede variar desde 500 a 40 000 toneladas, son a menudo de construcción muy compleja y están proyectados para transportar diferentes sustancias a un mismo tiempo, cada una con propiedades distintas y a las que es preciso manipular de forma diferente.

Los productos principales químicos que se transportan a granel incluyen los productos químicos pesados, melazas y alcoholes, aceites vegetales y grasas animales, productos petroquímicos y productos de alquitrán de hulla.

2.8.2.1 Desarrollo del código.

Mientras que el código CIQ (Código para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel), abordó los aspectos del proyecto y la construcción de los quimiqueros para garantizar el transporte seguro de estas sustancias, el Anexo II del Convenio MARPOL de 1973 se ocupó de prevenir o de reducir al mínimo las descargas operacionales y accidentales de estas sustancias al mar.

Estas reglas fueron las primeras en abordar las cuestiones relacionadas con la descarga operacional de productos químicos resultantes de operaciones tales como el lavado de tanques. No obstante, las reglas estipulaban que los Gobiernos garantizaran la idoneidad de las instalaciones de recepción para recibir los residuos químicos - aspecto éste que se percibía como un problema incluso cuando los Estados adoptaron el Convenio en la Conferencia de 1973.

Aunque el Anexo I estaba basado en la premisa de que todos los hidrocarburos son sustancias perjudiciales y debe evitarse a toda costa que entren en el mar, el Anexo II reconoció la amplia diversidad de propiedades biológicas y físicas de las sustancias que abarcaba. Como resultado de ello, se clasificaron las sustancias en cuatro categorías, de la A a la D, según el grado de peligrosidad que presentaban para los recursos marinos, la salud humana o para los atractivos naturales.

- ✓ **Categoría A:** Sustancias nocivas líquidas que si fueran descargadas en el mar, procedentes de operaciones de limpieza o deslastrado de tanques, supondrían un riesgo grave para la salud humana o para los recursos marinos, o irían en perjuicio grave de los alicientes recreativos o de los usos legítimos del mar, lo cual justifica la aplicación de medidas rigurosas contra la contaminación. Ejemplos: cianhidrina de la acetona, disulfuro de carbono, cresoles, naftaleno y tetraetilplomo.
- ✓ **Categoría B:** Sustancias nocivas líquidas que si fueran descargadas en el mar, procedentes de operaciones de limpieza o deslastrado de tanques, supondrían un riesgo para la salud humana o para los recursos marinos, o irían en perjuicio de los alicientes recreativos o de los usos legítimos del mar, lo cual justifica la aplicación de medidas especiales contra la

contaminación. Ejemplos: acrilonitrilo, tetracloruro de carbono, dicloruro de etileno y fenol.

- ✓ **Categoría C:** Sustancias nocivas líquidas que si fueran descargadas en el mar, procedentes de operaciones de limpieza o de deslastrado de tanques, supondrían un riesgo leve para la salud humana o para los recursos marinos, o irían en perjuicio leve de los alicientes recreativos o de los usos legítimos del mar, lo cual exige condiciones operativas especiales. Ejemplos: benceno, estireno, tolueno y xileno.
- ✓ **Categoría D:** Sustancias nocivas líquidas que si fueran descargadas en el mar, procedentes de operaciones de limpieza o deslastrado de tanques, supondrían un riesgo perceptible para la salud humana o para los recursos marinos, o irían en perjuicio mínimo de los alicientes recreativos o de los usos legítimos del mar, lo cual exige alguna atención a las condiciones operativas. Ejemplos: acetona, ácido fosfórico y sebo.

El Anexo también enumeraba "otras sustancias líquidas" que no entraban dentro de las categorías A, B, C o D y que por lo tanto no representan ningún perjuicio al ser descargadas al mar tras la limpieza de los tanques o las operaciones de lastre. Estas sustancias incluyen el aceite de coco, el alcohol etílico, las melazas, el aceite de oliva y el vino.

El Apéndice II al Anexo contenía una lista de 250 sustancias líquidas nocivas con la categoría correspondiente.

El modo en que se pueden descargar estas sustancias varía según el riesgo que presentan. Las sustancias de la categoría A sólo se pueden descargar en instalaciones receptoras - ni siquiera se pueden descargar al mar los residuos procedentes de la limpieza de los tanques, lo cual está permitido para otras categorías pero solamente bajo controles estrictos: las sustancias de la categoría B, por ejemplo, nunca pueden descargarse en cantidades mayores de un metro cúbico. Se prohíbe la descarga de residuos que contengan sustancias nocivas a menos de 12 millas de la tierra más próxima y en aguas de una profundidad menor de 25 m. En el mar Báltico y en el mar Negro se aplican restricciones aún más rigurosas.

Las operaciones relacionadas con sustancias a las que sea aplicable el Anexo II se anotarán en el Libro Registro de Carga, el cual podrá ser examinado por las autoridades de cualquiera de las Partes en el Convenio.

Como algunos observadores lo habían predicho, las prescripciones del Anexo II hacían difícil que algunos Gobiernos ratificaran el Convenio. Por ello, la Conferencia Internacional sobre Seguridad de los Buques Tanque y Prevención de la Contaminación de 1978 acordó que el Anexo II entraría en vigor tres años después de que lo hiciera el Anexo I. Esto alentó a los Gobiernos a ratificar el Convenio, que entró en vigor el 2 de octubre de 1983, con lo que las Partes en el Convenio tuvieron hasta el 2 de octubre de 1986 para implantar las reglas.

No obstante, pronto se vio que el Anexo II no sólo se había quedado desfasado en algunos aspectos, sino que también presentaba dificultades considerables para su implantación.

Uno de los problemas principales de la implantación del Anexo II surgió de la premisa original en la que estaba basado, es decir que la cantidad de productos químicos de

categoría B o C que permanece en el tanque tras el desembarque de la carga se podía calcular tomando en consideración el área de las superficies verticales y horizontales y las propiedades físicas relevantes de la sustancia a la temperatura correspondiente, es decir, su gravedad y viscosidad específicas.

Siempre que la cantidad calculada fuera menor al límite superior establecido por el Convenio se podía descargar el residuo en la estela del buque, con la condición de que las concentraciones resultantes en el mar no excedieran de un cierto límite. La aplicación de este último criterio requería otros cálculos para poder determinar la velocidad y el régimen adecuado de descarga submarina para el producto químico pertinente.

Pero esto significaba que la operación de un quimiquero que transportase volúmenes de diferentes productos químicos, de propiedades físicas y en condiciones de temperatura ambiental de una variabilidad considerable, necesitaría de un tripulante dedicado prácticamente a tiempo completo a calcular las cantidades de residuo y a determinar los parámetros de descarga.

La experiencia demostró que este procedimiento tan complicado podía evitarse si se obligaba a agotar los tanques de forma eficaz hasta alcanzar un nivel de residuos relativamente insignificante durante la descarga. En cuyo caso se podrían descargar al mar esas cantidades pequeñas de residuos sin límites o régimen de descarga, etc.

Otro problema importante del Anexo II estaba relacionado con las instalaciones receptoras, ya que sin ellas no era posible implantar las reglas de forma eficaz. Las instalaciones receptoras para los productos químicos son más caras y complicadas que las diseñadas para la recepción de desechos de hidrocarburos, ya que la gama de desechos es más amplia. Hay poca oportunidad para reciclarlos (al contrario de los desechos de hidrocarburos). Por ello, los gobiernos y las autoridades portuarias se mostraban reacias a proporcionar dichas instalaciones, en particular, porque el Convenio mismo era ambiguo en cuanto a si las instalaciones se debían habilitar en los puertos de carga o de descarga, según la percepción que tuvo la OMI de las partes afectadas a cumplir con estas nuevas normas.

Otros aspectos de la implantación también eran motivo de preocupación, por ejemplo, había que contar con equipos de vigilancia que garantizaran la dilución adecuada de los productos químicos antes de proceder a su descarga al mar. Por ello, era necesario elaborar ciertos procedimientos de transporte que limitasen el régimen de descarga para minimizar el perjuicio causado al medio marino.

En octubre de 1982, se depositó con el Secretario General de la OMI el instrumento de la última ratificación necesaria para la entrada en vigor del Protocolo de MARPOL de 1978 y el Convenio entró en vigor el 2 de octubre de 1983. Esto significaba que el Anexo II sería obligatorio para las Partes tres años después, es decir el 2 de octubre de 1986 y por ello era imperativo hacer algo que garantizara cuanto antes la posibilidad de implantación del Anexo.

En 1983, la Asamblea de la OMI adoptó procedimientos y medios para la descarga de sustancias líquidas nocivas estipulados en varias reglas del Anexo II, y un número de Estados Miembros de la OMI los aplicaron con carácter experimental. Estas pruebas pusieron de relieve ciertas dificultades para implementar el Anexo II, la mayor parte de ellas asociadas con los problemas ya descritos en los párrafos anteriores. Entre ellas cabe mencionar las siguientes:

1. Las prescripciones eran demasiado complejas y suponían una difícil tarea para la tripulación.
2. Las medidas de control eran muy limitadas y el cumplimiento de las normas dependía totalmente de la buena voluntad de la tripulación.
3. Faltaban instalaciones receptoras para los desechos procedentes de productos químicos. Y aunque proveerlas no presentaba grandes dificultades ya que se trataba de una cantidad pequeña comparada con las de desechos de hidrocarburos, lo que sí era un problema era el tratamiento de los desechos y su eliminación definitiva.

Por lo tanto, la OMI preparó diversas modificaciones importantes al Anexo II que se adoptaron formalmente en un periodo de Sesiones "Ampliados" del Comité de Protección del Medio Marino de la OMI que se celebró en diciembre de 1985.

Las enmiendas de 1985 tenían por objeto alentar a los propietarios de buques a mejorar la eficacia de las operaciones de agotamiento de los tanque de carga, y contenían una serie de prescripciones concretas que garantizaba que tanto los buques graneleros químicos nuevos como los existentes reducirían la cantidad de residuos que debían eliminarse.

Al mismo tiempo, las enmiendas hicieron posible la adopción de procedimientos simplificados para la descarga de residuos.

Las enmiendas también estaban encaminadas a reducir las cantidades de sustancias B y C descargadas al mar, con la introducción de una nueva regla 5A sobre *Medios de bombeo, medios para el trasiego por tuberías y medios para desembarcar la carga*, según la cual los buques construidos con posterioridad al 1 de julio de 1986 estarían provistos de medios de bombeo y para el trasiego por tuberías, de modo que el residuo remanente en el tanque una vez vaciado quedaría reducido al mínimo especificado. Los buques construidos con anterioridad al 1 de julio de 1986 también tenían que garantizar que los medios de bombeo y para el trasiego por tuberías reducían a límites específicos la cantidad de residuos.

Así pues, las enmiendas de 1985, al generar una reducción importante en la cantidad de desechos resultantes de las operaciones de los buques, no sólo tendrían como resultado una disminución de la contaminación del mar por sustancias nocivas líquidas procedentes de los buques, sino también una atenuación radical de los problemas ambientales en tierra que entraña el tratamiento y la eliminación definitiva de los desechos de los buques. Además, las enmiendas contenían disposiciones encaminadas a mejorar la capacidad del Estado rector del puerto a ejercer una supervisión eficaz, con lo cual se lograra el pleno cumplimiento de las disposiciones del Anexo.

También se decidió en 1985, que la fecha de implantación del Anexo II existente (fijado en un principio a tres años a partir de la entrada en vigor de MARPOL 73/78 como un todo) se aplazase hasta el 6 de abril de 1987, fecha en la que entrarían en vigor las enmiendas de 1985. De no haberse adoptado esta medida, el Anexo hubiera entrado en vigor en octubre de 1986 para ser modificado en aspectos decisivos, incluso en lo relativo al Certificado y al Libro Registro de Carga, apenas seis meses después. Esto hubiera sido sumamente engorroso para las Administraciones y para la comunidad marítima.

Otro aspecto importante de las enmiendas de 1985 del Anexo II consistió en hacer obligatorio el Código Internacional de Construcción y el Equipo de Buques que

Transporten Productos Químicos Peligrosos a Granel (código CIQ). Este Código fue elaborado para mejorar y poner al día el Código para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos a granel (código CGrQ) existente, el cual había adquirido carácter obligatorio en virtud del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) mediante las enmiendas al Convenio adoptadas en 1983.

El código CIQ se aplica a los quimiqueros construidos el 1 de julio de 1986 o posteriormente mientras que los quimiqueros construidos antes de esta fecha tienen que cumplir las prescripciones del código CGrQ.

El Anexo II de MARPOL (con sus enmiendas de 1985) adquirió carácter obligatorio para las Partes el 6 de abril de 1987.

El Anexo contenía las siguientes disposiciones que se muestran en la *tabla 8* para el control de las descargas.

Disposiciones para el control de descarga según el anexo II de MARPOL.

Categoría de contaminación	Cantidad máxima de descarga permitida de cada tanque	
	Buques existentes	Buques nuevos
A	Ninguna	Ninguna
B	300 litros	100 litros
C	900 litros	300 litros
D	Sin restricción (aunque la descarga está sólo permitida bajo ciertas condiciones, entre otras que la descarga se realice a una distancia no inferior a 12 millas marinas de la tierra más próxima)	Sin restricción (aunque la descarga está sólo permitida bajo ciertas condiciones, entre otras que la descarga se realice a una distancia no inferior a 12 millas marinas de la tierra más próxima)
Otras	Sin restricción	Sin restricción

Fuente: tabla sacada del informe efectuado por la OMI titulado “Veinticinco años de MARPOL”, Octubre de 1998. **Tabla 8.**

2.8.3 Prevención de la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos.

El objetivo de las reglas del Anexo III de MARPOL era identificar los contaminantes del mar para poderlos embalar o envasar, y estibarlos a bordo de forma que la posibilidad de contaminación accidental sea mínima, así como ayudar a su recuperación mediante marcas claras que ayuden a distinguirlos de otras cargas menos perjudiciales.

Las reglas sobre la descarga de mercancías perjudiciales estaba clara: "La echazón de las sustancias perjudiciales transportadas en paquetes, estará prohibida a menos que sea necesaria para salvaguardar la seguridad del buque o la vida humana en el mar".

El Anexo III señala que "se tomarán medidas basadas en las propiedades físicas, químicas y biológicas de las sustancias perjudiciales, para reglamentar el lanzamiento al mar, mediante baldeo, de los derrames, a condición de que la aplicación de tales medidas no menoscabe la seguridad del buque y de las personas a bordo".

El Anexo III es de aplicación a todos los buques que transporten sustancias perjudiciales en bultos, contenedores, tanques portátiles y camiones cisterna o vagones tanque. Las reglas prescriben la publicación de normas detalladas relativas a embalaje, marcado y etiquetado, documentación, estiba, limitaciones Cuantitativas, excepciones y notificaciones con objeto de prevenir o reducir a un mínimo la contaminación ocasionada por sustancias perjudiciales.

No obstante, en un principio la implantación del Anexo III se vio obstaculizada por la falta de una definición clara de las sustancias perjudiciales transportadas en bultos. Esto se solucionó mediante enmiendas al Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (Código IMDG) para incluir los contaminantes del mar.

La OMI adoptó el Código IMDG por primera vez en 1965, y en él se enumeran cientos de mercancías peligrosas específicas junto con disposiciones detalladas sobre su almacenamiento, embalaje/envase y transporte. Las enmiendas que hicieron extensivo el Código a los contaminantes del mar y entraron en vigor en 1991, añadieron la identificación "contaminante del mar" a todas las sustancias así clasificadas. Todos los bultos que contengan contaminantes marinos deben ir marcados conforme a la normativa aplicable.

El Anexo III de MARPOL también se enmendó al mismo tiempo, para aclarar que "sustancias perjudiciales son las consideradas como contaminantes del mar en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (Código IMDG)."

Con arreglo al Convenio de 1973 el Anexo III era opcional, es decir los Estados que habían suscrito MARPOL 73/78 no tenían que adoptar el Anexo al mismo tiempo. Los anexos opcionales (también lo eran los Anexos IV y V) entrarían en vigor 12 meses después de la fecha en que por lo menos 15 Estados cuyas flotas mercantes combinadas representaran no menos del 50% del tonelaje bruto de la marina mercante mundial, los hubiesen ratificado.

Para el año 1991 el Anexo III había recibido suficientes ratificaciones y entró en vigor el 1 de julio de 1992. Había sido ratificado por 87 Estados que representan (a 1 de octubre de 1998) el 79,13% de la marina mercante mundial.

2.8.4 Prevención de la contaminación por las aguas sucias de los buques.

La descarga en el mar de aguas sucias sin depurar puede presentar riesgos para la salud humana, y en las zonas costeras puede asimismo provocar el agotamiento de oxígeno y una contaminación estética obvia, lo que supone un serio problema para los países que tienen una importante industria turística.

Las fuentes principales de aguas sucias producidas por los seres humanos proceden de actividades terrestres, como es el caso del alcantarillado municipal o de las instalaciones para el tratamiento de las aguas sucias.

Generalmente se considera que en alta mar, los océanos pueden asimilar y tratar las aguas sucias sin depurar a través de la acción bacteriana natural y por tanto las reglas del Anexo IV de MARPOL prohíben a los buques descargar aguas sucias a una distancia inferior a 4 millas de la tierra más próxima, a menos que tengan en funcionamiento instalaciones aprobadas para el tratamiento de las mismas. Las aguas sucias habrán sido trituradas y desinfectadas previamente si se efectúa la descarga a una distancia de entre 4 y 12 millas de la tierra.

Los Gobiernos deben asegurar la provisión de instalaciones receptoras adecuadas en los puertos y en las terminales para la recepción de aguas sucias.

El Anexo, que es opcional, entrará en vigor cuando haya sido aceptado por 15 Estados cuyas flotas mercantes combinadas representen el 50% del tonelaje mundial. En octubre de 1998, 71 países con un tonelaje mundial del 42,50% ya lo habían aceptado.

Una vez en vigor, el Anexo se aplicará a los buques nuevos (construidos después de la fecha de la entrada en vigor) cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 200 toneladas o que transporten más de 10 personas. Se aplicará asimismo a los buques existentes (construidos antes de la fecha de la entrada en vigor del Anexo) 10 años después de dicha fecha.

Aunque el Anexo no ha entrado en vigor, muchos países han impuesto reglas que siguen sus prescripciones a los buques que visitan sus costas para evitar daños a la salud y a los atractivos naturales por la descarga de aguas sucias. En la práctica, parecería que todos los buques dedicados a cruceros y los buques de pasaje grandes ya disponen de instalaciones para el tratamiento de aguas sucias a bordo, por lo que los buques ya no se perciben como una fuente importante de contaminación por aguas sucias.

Mientras tanto, un Grupo de trabajo por correspondencia de la OMI está trabajando en la revisión de las reglas del Anexo IV con la intención de actualizarlas y revisarlas donde sea necesario, y fomentar nuevas ratificaciones.

Uno de los aspectos que impide la ratificación es la obligación de las partes de proporcionar instalaciones receptoras, lo cual podría resolverse prescribiendo que todos o la mayor parte de los buques tengan sus propias instalaciones para el tratamiento de aguas sucias. Otra cuestión en estudio es el tamaño de los buques a los que se deben aplicar las reglas: una propuesta es que deberían aplicarse solamente a los buques de pasaje grandes.

El Grupo de trabajo por correspondencia también está trabajando en la armonización de las normas de la OMI sobre las instalaciones para el tratamiento de las aguas sucias con las normas que viene elaborando la Organización Internacional de Normalización (ISO).

2.8.5 Prevención de la contaminación por las basuras de los buques.

Las basuras de los buques pueden ser igual de perjudiciales para la flora y fauna marinas que los hidrocarburos o los productos químicos. El mayor peligro lo constituye el plástico, que puede flotar durante años. Los peces y mamíferos marinos a veces creen que los plásticos son alimentos y quedan atrapados en cuerdas de plástico, redes,

bolsas, etc., e incluso en artículos tan insignificantes como los aros de plástico utilizados para sujetar las latas de cerveza o de refrescos.

Está claro que muchas de las basuras que aparecen en las playas provienen de gente en las orillas - turistas que dejan su basura en la playa, de pescadores que simplemente tiran la basura por la borda, o de ciudades que vierten sus basuras a los ríos o al mar. Pero en algunas zonas la mayor parte de la basura proviene de los buques que pasan por las cercanías para los que es más conveniente tirar la basura por la borda en lugar de eliminarla en los puertos. Un cálculo realizado a principios de la década de 1980 sugirió que los buques vierten al mar cada día más de seis millones de latas y 400 000 botellas.

Con el Convenio de MARPOL de 1973 se quiso eliminar y reducir la cantidad de basuras vertidas al mar desde los buques. Según el Anexo V del Convenio la basura incluye toda clase de restos de víveres, salvo el pescado fresco, así como los residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario del buque en condiciones normales de servicio, los cuales suelen echarse continua o periódicamente.

El Anexo V prohíbe totalmente tirar plásticos en cualquier lugar del mar y restringe drásticamente las descargas de otros tipos de basura desde los buques en las aguas costeras y "las zonas especiales". El anexo también obliga a los Gobiernos a garantizar la provisión de instalaciones en los puertos y terminales para la recepción de basuras.

Las zonas especiales que define el anexo son: la zona del Mar Mediterráneo, la zona del Mar Báltico, la zona del Mar Negro, la zona del Mar Rojo, la zona de los Golfos, la zona del Mar del Norte, la región del Gran Caribe y la zona del Antártico - estas zonas tienen problemas especiales debido al denso tráfico marítimo, o al escaso intercambio de aguas por el carácter cerrado que estos mares tienen.

Aunque el Anexo IV era opcional, recibió suficientes ratificaciones para que entrara en vigor el 31 de diciembre de 1988.

Las disposiciones para extender la supervisión por el Estado rector del puerto a las prescripciones operacionales por lo que respecta a la prevención de la contaminación del mar se adoptaron como nueva regla 8 al anexo en 1994 (la cual entró en vigor el 3 de marzo de 1996). Al igual que otras enmiendas similares adoptadas de los Anexos de MARPOL, la regla deja patente que los funcionarios encargados de la supervisión del Estado rector del puerto pueden inspeccionar buques de pabellón extranjero "cuando existan claros indicios para suponer que el capitán y la tripulación no están familiarizados con los procedimientos esenciales de a bordo relativos a la prevención de la contaminación por basuras".

La implantación y aplicación también fueron objeto de la nueva regla 9 adoptada en 1995, la cual establece que todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas, todo buque que esté autorizado a transportar 15 personas o más, y toda plataforma fija o flotante empleada en la exploración y explotación del fondo marino, llevará un Libro de Registro de Basuras, en el que se anotarán todas las operaciones de descarga o incineración. También se anotarán, con la debida firma, la fecha, la hora, la situación del buque, la descripción de las basuras y la cantidad estimada de basuras incineradas o descargadas. Los libros de registro se conservarán durante un periodo de dos años después de que se haya hecho la última anotación en el registro.

Esta regla no impone prescripciones estrictas pero hace que sea más fácil comprobar si se siguen las prescripciones sobre basuras, ya que la tripulación tiene que saber cuánta basura hay y cómo se elimina. También puede ser ventajoso para un buque en los

casos en que los funcionarios locales comprueban el origen de las basuras vertidas, dado que si el personal del buque puede dar debidamente cuenta de sus basuras es poco probable que se le penalice por un vertimiento de basuras que no han hecho.

La regla 9 entró en vigor el 1 de julio de 1997 para los nuevos buques, y desde el 1 de julio de 1998 todos los buques a los que se aplica esta regla, construidos antes del 1 de julio de 1997, también tienen que cumplirla, es decir: todos los buques de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas y todos los buques que estén autorizados a transportar 15 personas o más, y todas las plataformas fijas o flotantes empleadas en la exploración y explotación del fondo marino.

La regla también prescribe que en todo buque de eslora igual o superior a 12 metros, se colocarán rótulos en los que se notifiquen a la tripulación y a los pasajeros las prescripciones sobre la eliminación de basuras; los rótulos estarán redactados en el idioma oficial del Estado cuyo pabellón el buque esté autorizado a enarbolar, y, en el caso de los buques que realicen viajes a puertos o terminales mar adentro, en inglés o francés.

A pesar de la entrada en vigor del Anexo V en 1988, estudios recientes realizados cada año en Estados Unidos han calculado hasta 10 toneladas de basuras por milla de costa, magnitud que probablemente se dará en muchas otras partes del mundo. El plástico es el artículo que se encuentra con más frecuencia.

Persuadir a la gente para que no utilice los océanos como basureros es cuestión de educación: la vieja idea de que el mar puede con todo lo que se le eche todavía persiste, pero también es necesaria una observancia más rigurosa de reglas como las del AnexoV.

2.8.6 Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

Durante los trabajos que condujeron a la adopción del Convenio de MARPOL de 1973 se abordó la cuestión de controlar la contaminación atmosférica ocasionada por los buques, en particular los gases nocivos que constituyen las emisiones de éstos. Sea como fuere, se decidió no hacerlo en ese momento.

Al mismo tiempo, el tema de la contaminación atmosférica estaba siendo examinado en otros foros. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, marca el inicio de la cooperación internacional en la lucha contra la acidificación o lluvia ácida. Entre 1972 y 1977 varios estudios confirmaron la hipótesis de que los contaminantes atmosféricos pueden viajar varios miles de kilómetros antes de depositarse y provocar daños que afectan también a las cosechas y los bosques.

La mayor parte de la lluvia ácida es causada por la concentración en el aire del dióxido de azufre y el óxido de nitrógeno. Las plantas motrices de carbón e hidrocarburos son las mayores fuentes de dióxido de azufre, mientras que el óxido de nitrógeno procede de las emisiones de los automóviles, camiones y buques.

Una reunión ministerial sobre la protección del medio ambiente celebrada en Ginebra en 1979 tuvo como consecuencia que 34 Gobiernos y la Comunidad Europea firmaran el Convenio sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia, es decir, el primer instrumento internacional jurídicamente vinculante que trató el problema de la contaminación atmosférica a un amplio nivel regional.

Más tarde, se firmaron sendos Protocolos de este Convenio sobre: la reducción de emisiones de azufre (1985); el control de las emisiones de óxidos de nitrógeno (1988); el control de las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (1991) y una mayor reducción de las emisiones de azufre (1994).

Durante la década de 1980 la preocupación despertada por la contaminación atmosférica en cuestiones como el calentamiento de la Tierra y el agotamiento de la capa de ozono fueron en aumento, y en 1987 se firmó el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. El Protocolo de Montreal es un tratado internacional relativo al medio ambiente, elaborado bajo los auspicios de las Naciones Unidas, por el que las diversas naciones acuerdan disminuir el consumo y producción de sustancias que agotan la capa del ozono, entre las que figuran los CFC (clorofluorocarbonos) y los halones, con el fin de proteger la capa de ozono. En 1990 se adoptó en Londres un Protocolo que enmendaba el Protocolo original y fijaba el año 2000 como fecha límite para la eliminación gradual de los halones y los CFC que agotan la capa de ozono. En 1992 fue adoptado un segundo Protocolo en Copenhague, en el que se fijaron fechas para la eliminación acelerada de las sustancias controladas, se prohibió el uso de sustancias de transición, y se fijaron fechas para la eliminación gradual de los HCFC (los HCFC son gases refrigerantes cuyas moléculas contienen átomos de hidrógeno, cloro, flúor y carbono) y el bromuro de metilo (plaguicida gaseoso que agota la capa de ozono).

Desde la década de 1950 los CFC se han venido utilizando muy ampliamente como refrigerantes, propelentes de aerosoles, disolventes, agentes espumantes, y aislantes. En el transporte marítimo los CFC se utilizan para refrigerar el buque y la carga en los contenedores, aislar las bodegas de carga y los contenedores, en los sistemas de aire acondicionado de los camarotes de la tripulación y zonas ocupadas, así como para refrigerar los compartimientos de uso doméstico en que se almacenan alimentos.

Los halones que se fabrican a base de CFC son muy eficaces como extintores de incendios y se utilizan en los extintores portátiles y en los sistemas fijos.

En la OMI, el Comité de Protección del Medio Marino (**CPMM**) estudió a mediados de la década de 1980 la calidad del fueloil en relación a las prescripciones de descarga del Anexo I y abordó también el tema de la contaminación atmosférica. En 1988 el CPMM acordó incluir la cuestión de contaminación atmosférica en su programa de trabajo a raíz de la nota presentada por Noruega sobre la magnitud del problema. Además, la Segunda conferencia internacional para la protección del Mar del Norte, celebrada en noviembre de 1987, emitió una declaración en la que los ministros de los Estados del Mar del Norte acordaron emprender acciones en el seno de los organismos competentes, como la OMI, "con objeto de mejorar las normas de calidad de los combustibles pesados y apoyar activamente las tareas destinadas a reducir la contaminación marítima y atmosférica".

En el siguiente periodo de sesiones del CPMM, celebrado en marzo de 1989, varios países presentaron ponencias sobre la calidad del fueloil y la contaminación atmosférica, y se acordó estudiar los aspectos de la prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques, así como la calidad del fueloil, como parte del programa de trabajo a largo plazo del Comité que se inició en marzo de 1990.

En 1990 Noruega presentó varias ponencias al CPMM en las que ofrecía una visión general de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques, a saber: Las **emisiones de dióxido de azufre** de los buques se han estimado entre 4,5 y 6,5 millones de toneladas por año, o sea un 4% de las emisiones mundiales de azufre. Las emisiones en mar abierto se difunden y los efectos son moderados, pero contribuyen

significativamente a los problemas ambientales a lo largo de ciertas rutas, entre las que figuran el Canal de la Mancha, el Mar de la China Meridional y el Estrecho de Malaca.

Las **emisiones de óxido de nitrógeno** de los buques se han estimado en unos 5 millones de toneladas por año, o sea cerca del 7% del total mundial. Las emisiones de óxido de nitrógeno causan o agravan los problemas regionales, entre ellos el de la lluvia ácida, así como los problemas de salud en las zonas portuarias.

Las **emisiones de CFC** de la flota mercante mundial se han estimado en 3000 - 6000 toneladas, o sea entre el 1% y el 3% anual de las emisiones mundiales. Las **emisiones de halones** de los buques se han estimado en 300-400 toneladas o sea un 10% del total mundial.

Las deliberaciones habidas en el CPMM y el proyecto elaborado por un Grupo de trabajo llevaron a adoptar en 1991 la resolución A.719(17) de la OMI sobre la ***prevención de la contaminación del aire por los buques***.

Esta resolución pidió al CPMM que redactara un proyecto del nuevo Anexo a MARPOL 73/78 sobre la prevención de la contaminación atmosférica.

El proyecto nuevo de Anexo fue elaborado durante los seis años siguientes, adoptándose en la Conferencia de septiembre de 1997 mediante un Protocolo del Convenio en el que se incluyó el nuevo Anexo. Esto permitió establecer en el Protocolo las condiciones específicas para su entrada en vigor.

2.8.6.1 El Protocolo de 1997 (Anexo VI).

El Protocolo, con el nuevo Anexo VI de MARPOL 73/78, entrará en vigor 12 meses después de la fecha en que haya sido aceptado por 15 Estados cuyas flotas mercantes combinadas representen no menos de 50% del tonelaje bruto de la marina mercante mundial.

La Conferencia aprobó también una resolución invitando al Comité de Protección del Medio Marino (CPMM) de la OMI a examinar los obstáculos para la entrada en vigor del Protocolo, si al 31 de diciembre de 2002 no se han reunido las condiciones para ello. Se trataba de garantizar la fácil solución de cualquier problema que surgiera en la ratificación del Anexo y evitar así retrasos excesivos para su entrada en vigor.

Cuando el Anexo VI "reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques" entre en vigor, establecerá límites para las emisiones de óxido de azufre y óxido de nitrógeno procedentes de los buques y prohibirá las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono.

El nuevo Anexo VI establece un límite máximo a escala mundial de 4,5% masa/masa para el contenido de azufre del fueloil y pide a la OMI que vigile el contenido medio de azufre a escala mundial del fueloil una vez que el Protocolo entre en vigor.

El Anexo VI contiene disposiciones que permiten designar ciertas zonas especiales, "zonas de control de las emisiones de óxido de azufre" en las que el control de las emisiones es más estricto. En dichas zonas, el contenido de azufre del fueloil utilizado a bordo de los buques no debe exceder del 1,5% masa/masa. En su defecto los buques, deben contar con un sistema de limpieza de los gases de escape o bien utilizar cualquier

otro método técnico que limite las emisiones de SOx. En el Protocolo se designa al Mar Báltico zona de control de las emisiones de SOx.

El Anexo VI prohíbe las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono, lo que incluye a los halones y los clorofluorocarbonos (CFC). Se prohíben en todos los buques nuevas instalaciones que contengan sustancias que agotan la capa de ozono, excepto las que contengan hidroclorofluorocarbonos (HCGC), las cuales estarán permitidas hasta el 1 de enero de 2020.

El Anexo VI establece asimismo límites máximos de las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) en los motores diesel. El Código técnico relativo a las emisiones de NOx, de carácter obligatorio, y que define el modo de lograrlo, fue adoptado por la Conferencia bajo la resolución 2.

El Anexo prohíbe también la incineración a bordo de productos tales como los materiales de embalaje contaminados y los difenilos policlorados (PCB).

2.8.6.2 Nuevas especificaciones de los equipos que producen contaminación atmosférica.

Entre los equipos que se encuentran a bordo que producen contaminación atmosférica se encuentran:

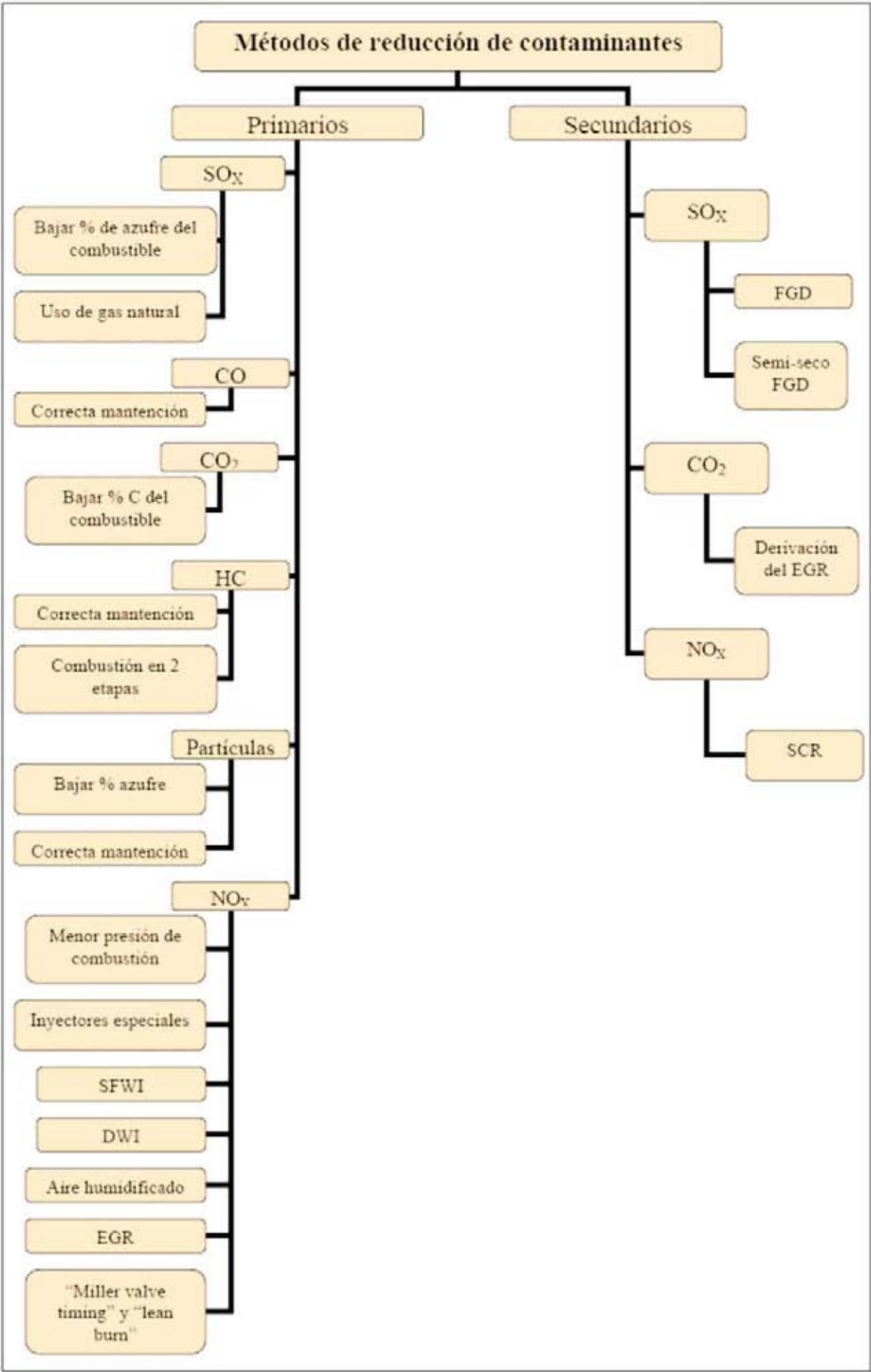
- los motores de combustión interna.
- calderas.
- incineradores.
- equipos de refrigeración y aire acondicionado.
- equipos extintores de incendio.

2.8.6.3 Motores de combustión interna

Para reducir las emisiones desde los motores diesel marinos existen dos caminos: métodos primarios y métodos secundarios. Es generalmente preferible aplicar métodos primarios para reducir las emisiones atmosféricas en sus fuentes en vez de tratar de removerlos de los gases de escape.

De lo anterior se concluye que el método primario tiene el objetivo de reducir la cantidad de contaminante formado durante el proceso de combustión, mientras que el secundario remueve al contaminante desde el gas de escape mediante un tratamiento en el recorrido de salida hacia la atmósfera. En la *figura 22* se aprecia un diagrama que presenta los métodos primarios y secundarios que existen para reducir o remover los distintos compuestos contaminantes.

Métodos de reducción de contaminantes. *Figura 22.*



2.8.6.4 Métodos primarios para reducir la formación gases contaminantes en el motor principal.

Métodos primarios de reducción de NO_x

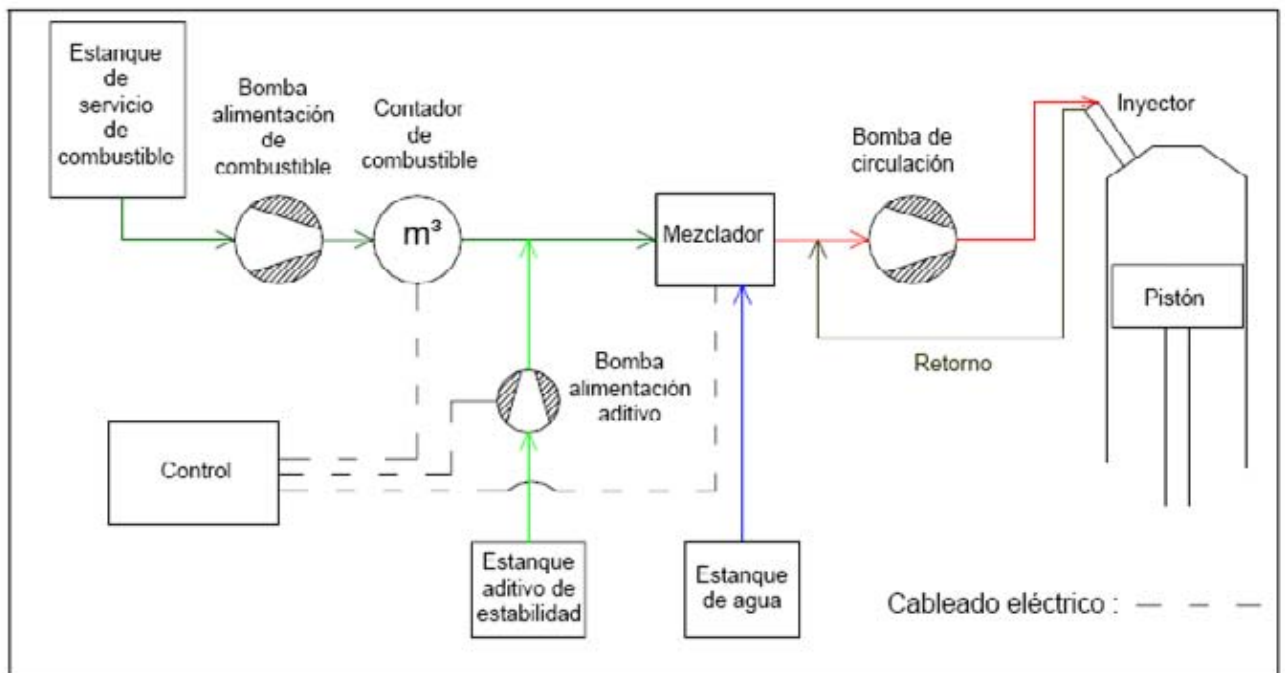
1. Reducir la presión de combustión mediante el retardo de la inyección del combustible baja la temperatura, pero también baja los rendimientos del motor, lo que conduce a un consumo más alto por lo que es sólo un método teórico y poco realizable en la práctica.
2. El uso de inyectores especiales con toberas especiales que permitan una inyección más pulverizada, así como la intensidad de la inyección tienen un gran impacto en la generación de NO_x, humo y en la emisión de hidrocarburos.
3. También existen “métodos húmedos” de reducción de NO_x, se conocen 3:
 - **El uso de un combustible emulsificado**, que también se conoce como SFWI por su nombre en inglés. Que un combustible sea emulsificado quiere decir que es inyectado ya mezclado con una cierta cantidad de agua, de estos tres éste es el de construcción más simple,
 - **Inyección directa de agua** en la cámara de combustión mediante una tobera diferente a la de combustible, método que se conoce como DWI.
 - **Humidificación del aire de alimentación** que puede ser agregando agua o vapor en el enfriador del aire o en el turbo sobrealimentador.

Combustible emulsificado

MAN B&W Diesel lleva un largo periodo de tiempo experimentando con combustibles emulsificados, método que se conoce por su abreviación en inglés como SFWI, que quiere decir: *stratified fuel – water injection*, concluyendo que un 1% de agua podría reducir hasta en un 15% los NO_x. El mismo fabricante de motores ha concluido que un motor estándar permite un 15% de agua a máxima carga, pero se debe destacar que en relación a este tema las diferentes empresas aún se encuentran en un periodo de pruebas por lo que no existen verdades absolutas al respecto.

En la *figura 23*, se puede apreciar que anterior a la mezcla combustible – agua es realizada antes de que el flujo de retorno desde el inyector se conecte al sistema alimentador de combustible para poder controlar de una manera más eficaz el flujo de agua, el que también puede ser controlado mediante un monitoreo continuo de los NO_x en el escape.

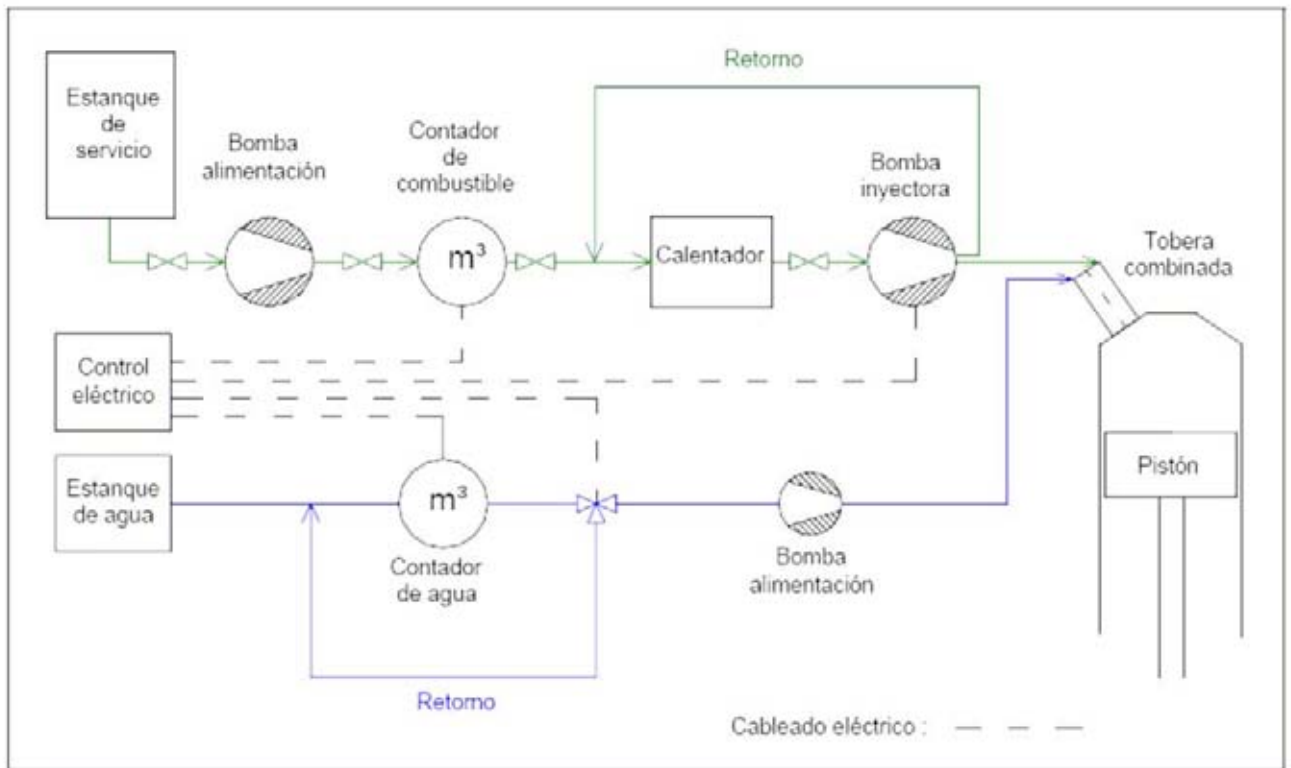
La inyección segregada y estratificada de agua y combustible es desde la misma tobera, aunque han llegado a ella desde caminos diferentes. El efecto de la adición del agua sobre el combustible trae consigo una disminución del gran calor latente de evaporación (cantidad de calor necesaria para producir un cambio de fase) y el calor específico del agua (cantidad de calor necesaria para aumentar en un grado la temperatura de una unidad de masa de una sustancia). Se cree que la temperatura de combustión baja por estos efectos en la cámara de combustión, lo cual contribuye a una disminución de la generación de NO_x.

Circuito de inyección de un combustible emulsificado con agua. *Figura 23.*

Inyección directa de agua

La inyección directa de agua (DWI) reduce las emisiones típicamente entre un 50 a 60%, lo que para un combustible marino (MDO) son emisiones entre los 4 y 6g/kWh de NO_x y para combustibles pesados (HFO) emisiones entre 5 y 7 g/kWh, sin afectar adversamente la potencia de salida del motor. Su mejor rendimiento es logrado cuando se utilizan combustibles bajos en contenido de azufre y esta tecnología no se recomienda para combustibles con contenido de azufre sobre 3%.

Los sistemas de seguridad incorporados en el caso de corriente de agua excesiva cierran automáticamente o bien, fugan la corriente y el motor puede operar sin inyección de agua sin ningún problema o, si es requerido, puede ser transferido manualmente al modo operacional "sin agua" a cualquier carga. La red de agua está completamente separada de la del sistema del combustible. Este sistema ocupa muy poco espacio y puede ser instalado en cualquier instalación. en la *figura 24* se muestra el circuito de inyección directa de agua DWI.

Circuito de inyección directa de agua DWI. Figura 24.

Humidificación del aire de alimentación

El otro sistema “húmedo” al que Wärtsilä ha llamado CASS (*Combustion AirSaturation System*) consiste en introducir el aire de alimentación humidificada al cilindro, esto se realiza agregando agua presurizada después del turbo soplador. Debido a la alta temperatura del aire comprimido el agua ingresa al cilindro evaporada, bajando la temperatura de combustión y, por lo tanto, la formación de NO_x, que se ha reducido en un 50% con un consumo de agua de alrededor de 2 veces el consumo de combustible. Este método de reducción ha sido probado en motores Wärtsilä 20, 32 y 46, entregando mejores resultados que el sistema DWI, lo que llevó a que el año 2003 fuera encargada la primera instalación piloto de este tipo.

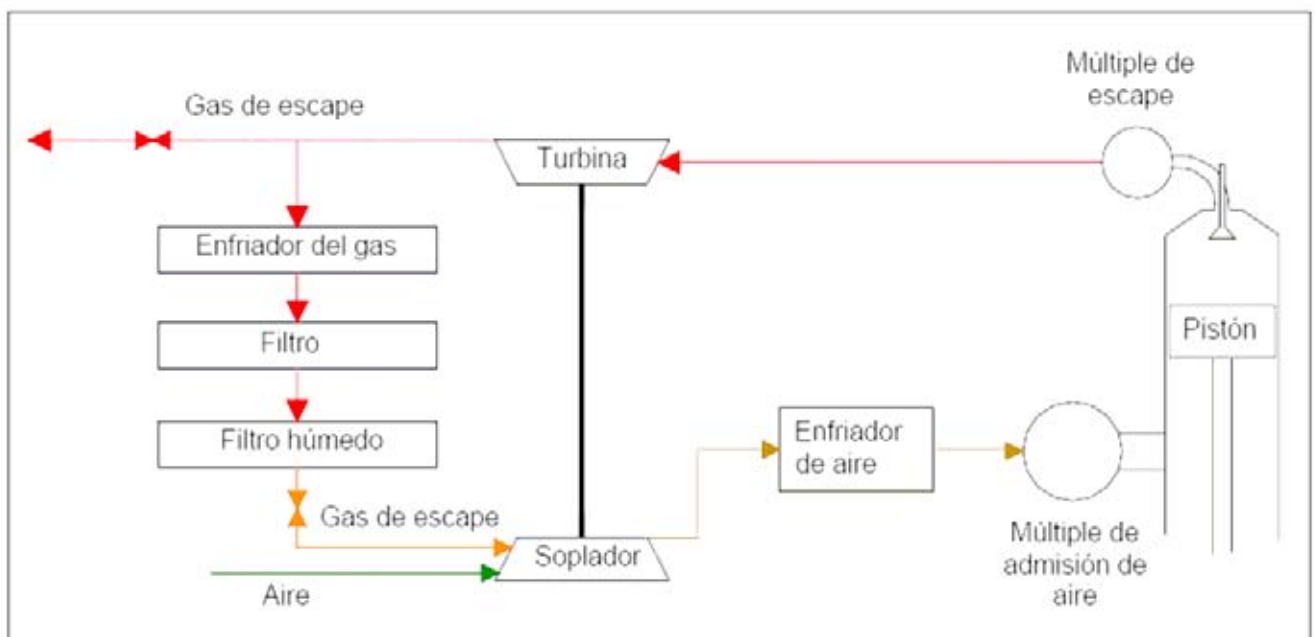
4. Otros 2 métodos que ayudan a la reducción de la emisión de los óxidos de nitrógeno son:

- La recirculación de los gases de escape, que se conoce como EGR por sus siglas en inglés, que significa *exhaust gas recirculation*, y
- La reducción del aire de alimentación.

Recirculación de los gases de escape

La EGR puede ser aplicada para regular la entrada de aire y con esto reducir las emisiones de NO_x , esta técnica es muy utilizada en los automóviles. Como se ve en la *figura 25*, después de haber pasado por la turbina del turbo sobrealimentador una parte de los gases son enfriados, filtrados y se les extrae las partículas de agua para a continuación ser llevados al soplador, por lo que ingresan al motor mezclados con reducción de la temperatura en la zona de combustión porque el aire de admisión tendrá menor cantidad de oxígeno, además de agua y dióxido de carbono ya que estos 2 constituyentes tienen un alto calor específico, con lo que se reduce la temperatura de combustión trayendo consigo una disminución en la generación de los óxidos de nitrógeno. Además de que la mezcla que ingresará tendrá menos concentración de O_2 en relación al N_2 en comparación de que si fuese aire puro, lo que provoca menos ppm de NO .

Sistema de recirculación de los gases de escape, EGR. *Figura 25.*



Con este método de reducción se consiguen disminuir los óxidos de nitrógeno, pero se aumenta el monóxido de carbono y las partículas, así como levemente el consumo de combustible. Estas emisiones han sido disminuidas con un catalizador en motores bencineros, no así en los diesel ya que estos pueden oxidar el SO_2 a SO_3 y el catalizador podría quedar desactivado. Por lo que si el objetivo es sólo la reducción de los NO_x este método es muy efectivo, no así si además se desea disminuir el CO y el material particulado.

Reducción del aire de alimentación

La reducción del aire de alimentación hasta ahora existe sólo como un método teórico y no se ha realizado porque, si bien, provocaría una disminución de los óxidos de nitrógeno emitidos, se podría producir una combustión incompleta del combustible, lo que traería consigo mayores emisiones de hidrocarburos y de material particulado, además de monóxido de carbono.

Método de reducción primario de óxidos de azufre (SO_x)

El método primario es el más efectivo y de fácil aplicación para la reducción de la emisión de óxidos de azufre, este consiste en utilizar combustibles con bajo contenido de azufre, ya que la formación de SO_x es una relación casi directamente proporcional con la cantidad de azufre en el combustible empleado en la combustión y, en segundo lugar, casi despreciable, con el azufre del lubricante. Otro método primario es usar gas natural, combustible que contiene una cantidad despreciable de cenizas.

Método de reducción primario de monóxido de carbono (CO)

Los métodos primarios para que estas emisiones sean bajas son básicamente realizar una mantención normal y mantener el perfil de operación de la maquinaria.

Método de reducción primario de dióxido de carbono (CO₂)

Las emisiones de este compuesto dependen casi exclusivamente de la cantidad de carbono que contenga el combustible, por lo que el método primario de reducción de CO₂ es consumir combustibles de menor contenido carbonoso, pero esto implica un cambio del combustible utilizado y sin embargo siempre será el carbono el mayor componente de los combustibles fósiles.

Método de reducción primario de Hidrocarburos (HC)

Al igual que lo que ocurre con el monóxido de carbono, las emisiones de hidrocarburos son bajas debido a la alta relación aire – combustible que hay en los motores diesel, por lo que no se ha invertido tiempo ni dinero en el desarrollo de métodos para evitar su formación. Por lo mismo, los métodos primarios fundamentales para mantener estas emisiones bajas son:

A.- Principalmente realizar una correcta mantención y mantener un buen perfil de operación de la maquinaria.

B.- También es posible evitar la formación de HC mediante la realización de la combustión en 2 etapas para que se realice de forma completa: consiste en realizar una primera etapa de la combustión rica en combustible y la segunda rica en aire, esto se conoce en los motores como carga estratificada, esta técnica se ha utilizado en motores de tipo otto con irregular éxito, aunque se sigue perfeccionando y en motores diesel se encuentra en etapa de ensayos.

Método de reducción primario de Material particulado

El método primario para reducir el material particulado es el mismo que para evitar la formación de dióxidos de azufre, este es utilizar combustibles de bajo índice de azufre o también el uso de gas natural como combustible. También se reducen estas emisiones mediante una correcta mantención y operación de la maquinaria, evitando la formación de partículas tales como cenizas, hollín y humo.

2.8.6.5 Métodos secundarios para reducir la formación gases contaminantes en el motor principal.

Métodos de reducción secundarios de NO_x

La reducción catalítica selectiva (SCR, que quiere decir *selective catalytic reduction*) es el único método secundario que puede reducir los niveles de NO_x y lo hace entre un 85 y un 95%. Este contaminante se reduce a productos menos ofensivos como lo son el nitrógeno y el vapor de agua, además de que algo de hollín e hidrocarburos también son reducidos por oxidación en el reactor. Este método es el más efectivo, pues reduce los niveles de NO_x fácilmente hasta 2 g/kWh.

En este método secundario mostrado en la *figura 26*, donde los gases de escape pasan primero a través de una o varias capas de un catalizador especial (catalizador es una sustancia que produce una reacción química y que no se altera químicamente durante la reacción), generalmente urea, que se inyecta a una temperatura entre 290 y 450° C para que posteriormente la mezcla se transforme en amoníaco (NH₃), una parte, y la otra salga a través del conducto de escape. El límite menor de temperatura con que funciona este sistema es determinado por el contenido de azufre del combustible: a temperaturas bajo los 270° C el amoníaco reacciona con los óxidos de azufre y se deposita como sulfato amónico y a temperaturas excesivamente altas, alrededor de los 450° C, el catalizador no cumple correctamente su función, condición que se debe tener muy presente ya que es común encontrar motores diesel en los que esta temperatura es sobrepasada.

Cuando las condiciones del sistema están fuera del área que puede ser controlada por este reactor existe un *by – pass* a menos que se instale un sistema de control de temperatura más integral. Esto ocurre, por ejemplo, cuando el motor trabaja a menos de un 30% de la carga, caso en que el sistema no trabaja correctamente.

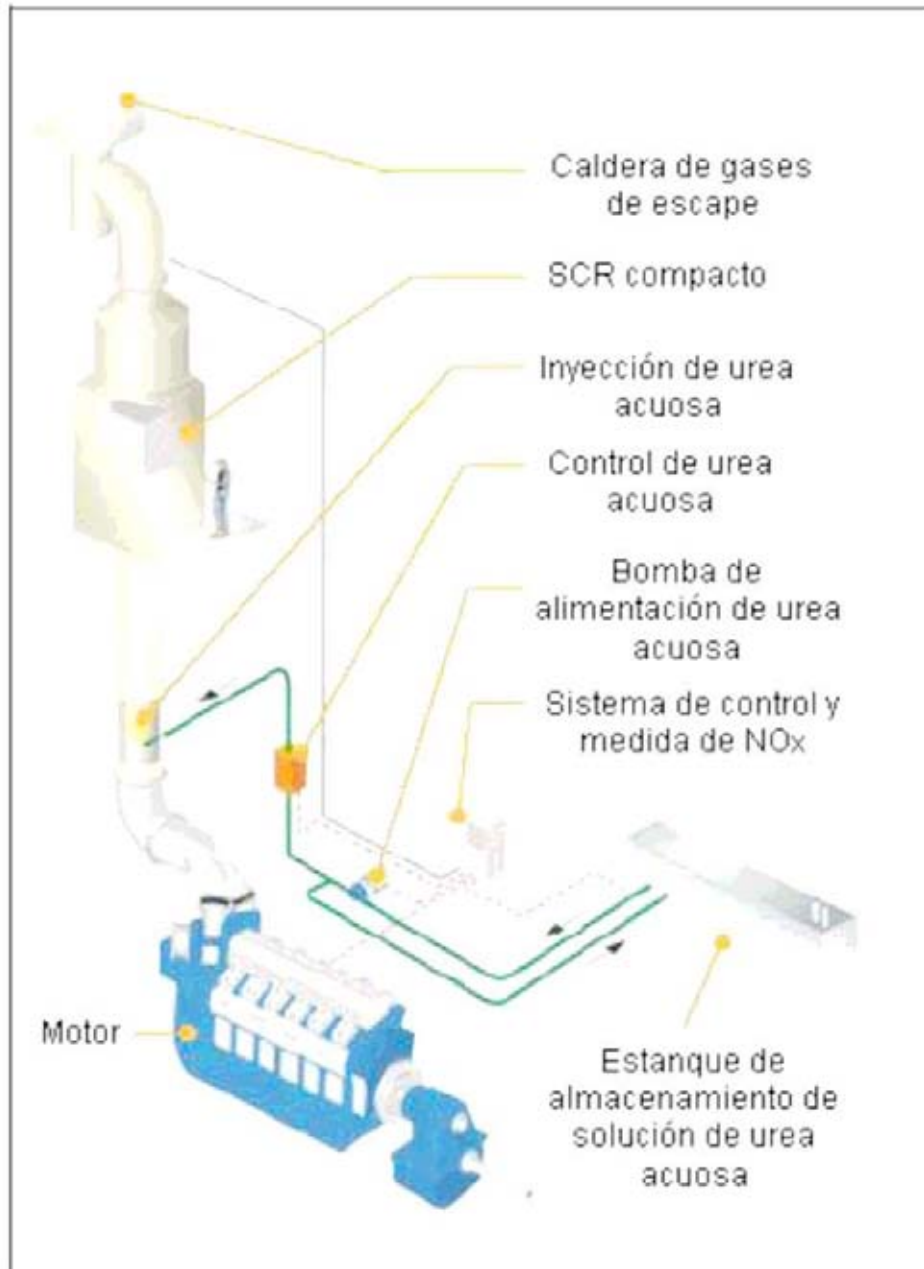
El gas que se evapora es controlado mediante un computador que envía al gas a la sala de máquinas por una cañería doble para prevenir las fugas de amoníaco, que también es contaminante. El amoníaco se guarda generalmente como un gas-líquido a una presión entre 5 y 10bar (tiene una presión de ebullición de 8,6bar) en un estanque de almacenamiento en cubierta protegido para prevenir su recalentamiento. De lo anterior se desprende que este equipo consiste de un reactor con varias capas de catalizador, un estanque de almacenamiento y dosificación para el agente y un sistema de control. Este sistema puede utilizar: amoníaco en estado líquido, amoníaco libre de agua bajo presión, una solución acuosa de amoníaco a presión atmosférica o en forma de urea (CO (NH₂)₂) transportada de forma seca y disuelta en agua antes de su utilización.

El catalizador tiene una duración que va entre 3 y 5 años para combustibles líquidos y más si trabaja con gas. El tipo de agente utilizado y su consumo, que depende de la carga del motor, determinarán el costo del catalizador, que dependerá de los límites de NO_x establecidos. El consumo de la urea es alrededor de 15 g/kWh. Para el uso de este elemento se deben tener los siguientes cuidados:

- Se necesita un mínimo de temperatura para evitar la formación de sales en sus elementos.
- Algunos combustibles contienen metales que pueden actuar como “venenos catalizadores” y desactivar al catalizador.

- En el SCR compacto se debe instalar un sistema soplador de hollín, especialmente cuando se opera con combustibles líquidos.

Unidad de reducción catalítica selectiva de NO_x (SCR). Figura 26.



Método de reducción secundario de óxidos de azufre (SO_x)

En caso de que no sea posible usar un combustible bajo en porcentaje de azufre o cambiar durante la navegación a uno de menor concentración, se deberá utilizar un método secundario de tratamiento de óxidos de azufre que puede ser alguno de los que se nombran a continuación aunque todos estos han sido usados sólo en plantas estacionarias.

La unidad desulfuradora húmeda del gas en la chimenea FGD remueve principalmente el SO₂. Otra posibilidad es utilizar un equipo que además de remover el SO₂ remueva el material particulado, este equipo se conoce como semi – seco FGD.

Otros procesos funcionan haciendo pasar el dióxido de azufre por distintas “trampas químicas”, como por ejemplo de carbonato cálcico. También está en estudio el empleo de agua de mar como trampa de SO_2 , ambos compuestos reaccionan produciendo sulfato, después de lo cual esta agua es retornada al océano, principal reservorio de azufre del planeta en forma de sulfato inorgánico.

Método de reducción secundario de monóxido de carbono (CO)

En los motores bencineros se utilizan catalizadores para disminuir las emisiones de CO, lo que no se recomienda para motores diesel de 2 tiempos ya que debido al uso de combustibles que contienen azufre el catalizador podría oxidar una gran cantidad de SO_2 a SO_3 y el catalizador podría quedar desactivado. Es por esto que este método no es útil en motores diesel de 2 tiempos y es el motivo por el cual no existen métodos secundarios efectivos y comprobados que reduzcan estas emisiones.

Método de reducción secundario de dióxido de carbono (CO_2)

Un método similar al EGR puede ser utilizado para extraer al CO_2 desde los gases de escape. Tal como en ese sistema los gases son enfriados, filtrados y extraídas las partículas de agua y luego, en vez de ser llevados al soplador como ocurre en el EGR, son liberados a la atmósfera.

Método de reducción secundario de Hidrocarburos (HC)

El uso de un convertido catalítico de tres vías es común en los motores de tipo otto, se llaman así porque eliminan las emisiones de monóxido de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos que son reducidos a N_2 , CO_2 y H_2O . Pero no son de gran utilidad en motores de gran tamaño porque el convertidor resulta poco eficaz con temperaturas de funcionamiento sobre 300°C .

Método de reducción secundario de Material particulado

El control de la emisión de partículas es un tema de gran complejidad, ya que antes de crear un sistema recolector se deben estudiar las características de las partículas que se desea remover, lo que incluye su comportamiento físico y, lo más importante, su tamaño. Este análisis da como resultado equipos voluminosos y de gran costo operacional, el que se puede ampliar cuando son utilizados agentes reductores especiales. Estos factores explican que la mayoría de los sistemas que se encuentran en funcionamiento y en etapa de estudio sean para plantas estacionarias y no móviles, como lo es una embarcación. Es por esto que los métodos secundarios están en funcionamiento en tierra o bien son prototipos.

2.8.6.6 Emisiones de gases procedentes de una caldera

Una caldera es cualquier artefacto que genera vapor del agua a una presión mayor que la atmosférica, absorbiendo calor de los productos de la combustión de un combustible. Las calderas navales tienen por objeto generar el vapor necesario para el servicio de un buque. Las calderas navales se clasifican en 2 grandes grupos: las que son utilizadas exclusivamente para propulsar un buque y las que proporcionan el vapor para los servicios del buque: como cocina, calefacción de espacios para habitabilidad, calefacción de estanques, pito, etc.

Las emisiones procedentes de una caldera dependen fundamentalmente del tipo de combustible que se queme, proceso en el que se producen, principalmente, partículas sólidas y líquidas y gases más o menos tóxicos muy similares a los que se producen en la combustión de un motor diesel naval, ya analizado. La temperatura final alcanzada en un fogón de una caldera depende del calor de combustión, del peso de los productos de combustión formados, de la razón de combustión y de la razón de pérdida de calor al medio ambiente. Cuando esta última es pequeña el equilibrio químico puede controlar la temperatura final de combustión. La temperatura que se alcanza en una caldera es alrededor de 1.580°C y aproximadamente un 10 a 20% del calor es perdido en el ambiente o en la atmósfera.

Para que exista una combustión apropiada por una libra de combustible (0,453 kg) se necesitan alrededor de 225 pies³ (6,37 m³) de aire a la presión atmosférica estándar.

En la actualidad existen una gran variedad de tipos de caldera en cuanto al combustible que utilizan para la combustión, pero para buques las más adecuadas son, obviamente, las calderas que queman petróleo pesado o diesel debido a que estos combustibles presentan mayores facilidades para el almacenamiento y a la vez se usan en los motores para propulsión, generación de energía eléctrica e incineradores.

Las emisiones de las calderas que funcionan con combustibles fósiles (gas y petróleo) son importantes y similares a las que producen los motores de combustión interna. Estas emisiones pueden ser reducidas a través de una construcción más efectiva de quemadores y de las mismas calderas y por el uso de sistemas de control precisos.

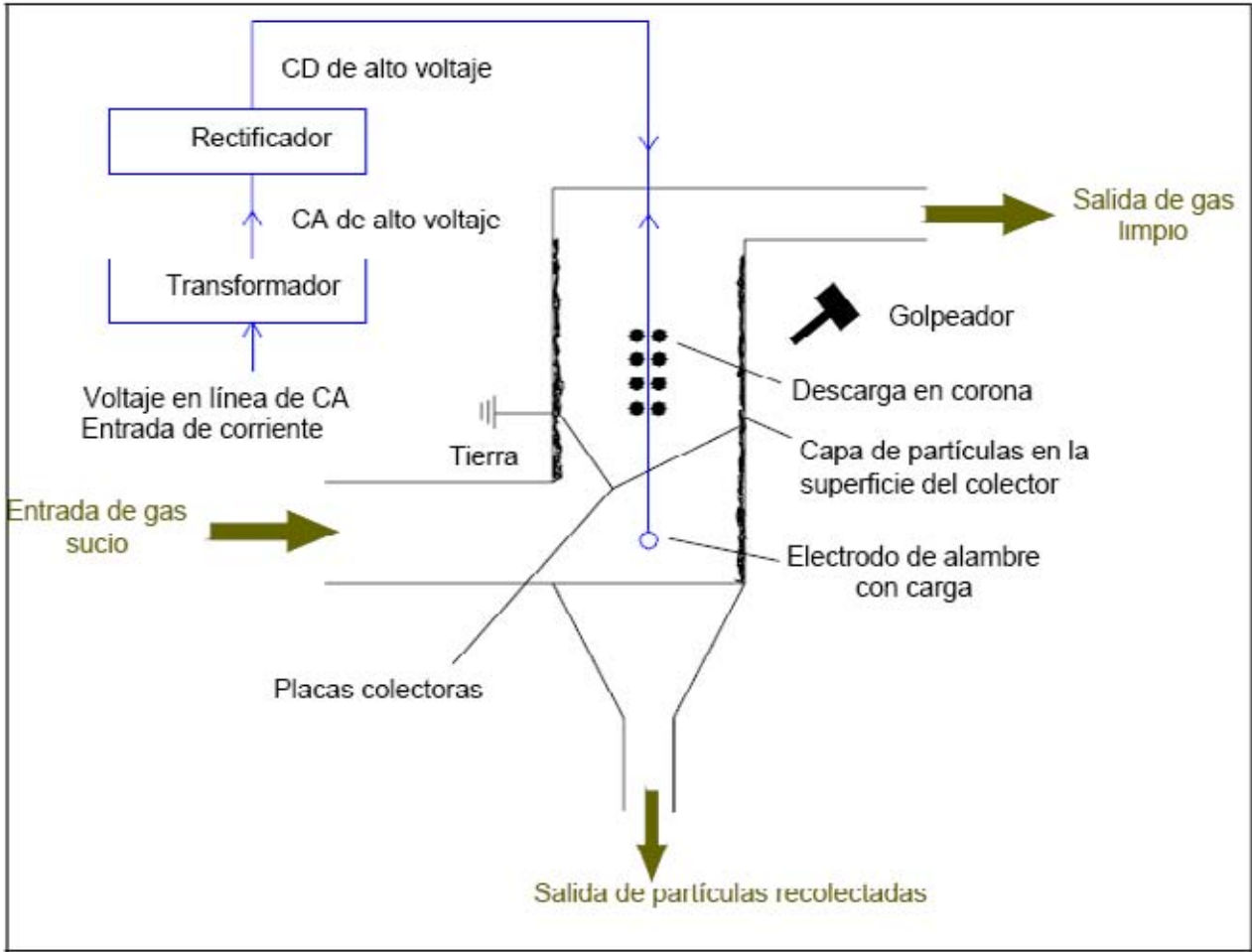
Los NO_x producidos por la combustión que sucede en una caldera pueden ser reducidos controlando el tiempo que demore la reacción y optimizando la estequiometría de las reacciones (la estequiometría es la ciencia que mide las proporciones según las cuales se deben combinar los elementos químicos). Las emisiones de CO pueden ser mantenidas bajas con una temperatura estable y suficientemente alta, esto se puede lograr utilizando robustos materiales refractarios para cubrir la cámara de combustión y extender la mezcla de combustión entre el aire y el gas de escape, las emisiones de este gas están siempre bajo los 0,5 g/kWh, mientras que los hidrocarburos están típicamente bajo los 0,072 g/kWh. El CO y el NO_x pueden ser minimizadas controlando el flujo de aire a la cámara de combustión lo que es posible lograr haciendo ingresar el aire en varias etapas. Métodos secundarios para reducir estos gases no son generalmente necesarios, pero en caso de serlos se puede utilizar el sistema de reducción catalítica selectiva (SCR).

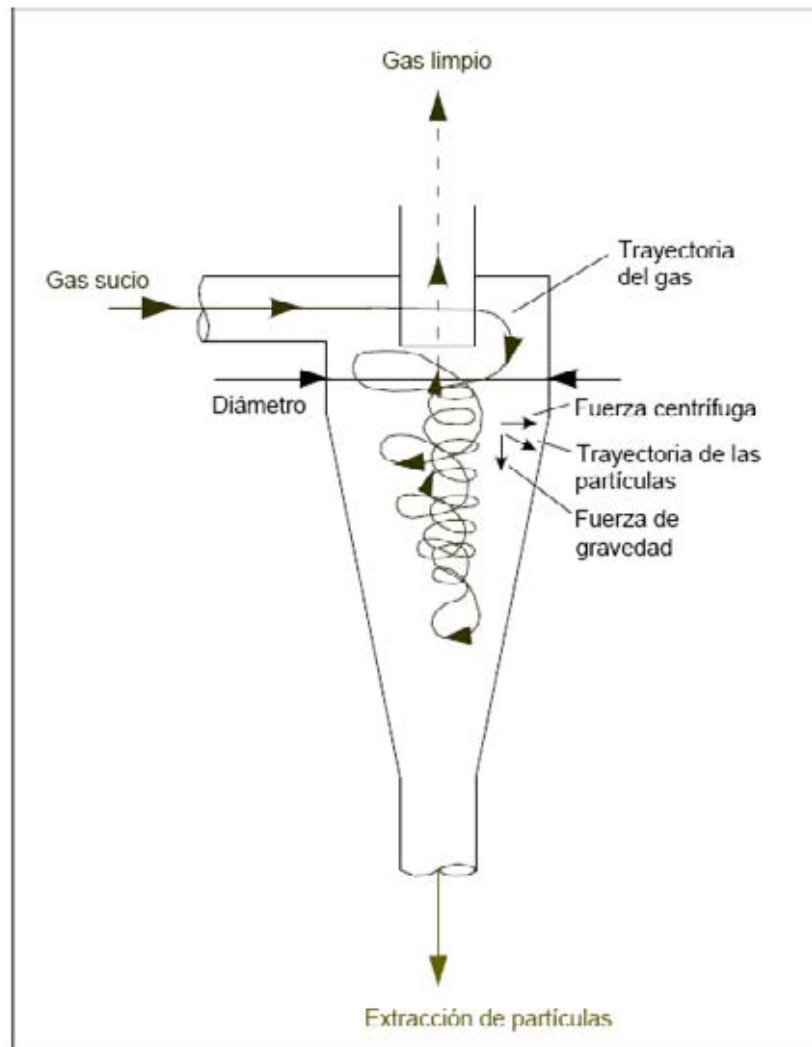
Los SO_x dependen directamente del contenido de azufre que actúa como comburente, pero son generalmente bajos y no se requieren sistemas especiales para evitarlos. Este no es el caso del material particulado, que usan diferentes técnicas de acuerdo a las normas que se deben cumplir. Los elementos pueden ser un precipitador electrostático (ESP) cuando se necesita disminuir las concentraciones bajo 0,18 g/kWh, como el que se usa en los motores de combustión interna o cuando la normativa es un poco menos exigente se pueden usar el sistema de multiciclones, con lo que se obtienen emisiones de partículas de 0,72 g/kWh.

El ESP es un sistema que evita que las partículas salgan a la atmósfera provocando una diferencia de voltaje en su interior entre el electrodo y las placas colectoras, como se ve en la *figura 27*. El electrodo desprende electrones, en una descarga en corona, que se adhieren a las partículas cargándolas con iones de la misma polaridad que el electrodo y haciendo que el material particulado emigre hacia la superficie conectada a tierra.

El sistema de multiciclones se basa en dos principios: eliminar las partículas por la diferencia de densidad de éstas respecto a la del gas de escape y, por la fuerza centrífuga, que es necesaria para separar las partículas más pesadas de aquellas moléculas de gas que son más ligeras, como se ve en la *figura 28*.

Precipitador electrostático elemental. *Figura 27.*



Extracción de partículas en un multiciclón. Figura 28.

2.8.6.7 Emisiones de gases procedentes de una planta incineradora.

El incinerador es una planta industrial en la que diversos tipos de residuos producidos a bordo son eliminados mediante la combustión. El proceso puede ser con o sin sistema de recuperación de calor, para motivos de la reducción de las emisiones es mejor que exista esta recuperación. En un buque el incinerador quema desperdicios del combustible producidos a bordo como líquido de sentinas, fango, combustible limpio y también sólidos inflamables tales como desperdicios de ropa, derivados de madera, papel, fango duro.

La quema de residuos como los antes nombrados produce más sustancias contaminantes peligrosas como metales pesados y ácidos por unidad de energía generada que cualquier otro combustible. Para no generar residuos peligrosos, en especial para determinado grupo de éstos (cianuros sólidos, líquidos orgánicos no halogenados, entre otros) la incineración se debe realizar a altas temperaturas, esto es a unos 900°C y debe contar además con unas cámaras de postcombustión que trabajen entre 1.000 y 1.100°C , con técnicas de lavado de gases. Las cámaras de postcombustión controlan la emisión de subproductos orgánicos no quemados (derivados del carbono) y los lavadores de gases les retiran la materia que quede en forma de

partículas, gases ácidos y compuestos orgánicos residuales. Los gases que escapan a la atmósfera tienen una temperatura que está alrededor de los 400° C. En los incineradores de buques se produce la combustión por la inyección de combustible, que puede ir desde diesel hasta un combustible pesado (incluso algunos incineradores pueden ser operados con ambos combustibles), y por efecto de un electrodo de ignición, como las calderas.

Antes de quemar los desechos del combustible, éste se debe calentar en el estanque en que es almacenado con el fin de evaporar el agua que contiene, para que sean más fácilmente controlada la temperatura y la presión del gas de escape. También se remueve la suciedad desde el combustible haciéndolo pasar por un estrangulador antes de que ingrese al incinerador. Sustancias que se desean quemar como el aceite lubricante, que no es combustible, son mezcladas con los desechos del petróleo, sin exceder el 10% de éste, para que este material incombustible sea disminuido en algunos grados.

La ventaja de los incineradores es que reducen considerablemente el volumen de residuos y se logra una recuperación de energía que se puede destinar a producción de electricidad o de calefacción. Las desventajas son que generan considerables malos olores y partículas en suspensión, fundamentalmente cenizas, además de otros contaminantes, dependiendo de la concentración y tipo del petróleo quemado.

2.8.6.8 Emisiones de gases procedentes de una planta refrigeración y de aire acondicionado.

En los equipos de refrigeración y de aire acondicionado se emplean fluidos que se conocen como refrigerantes, los que tienen como objetivo absorber calor, en el primer caso, o ser un agente enfriador, en el segundo. Algunas aplicaciones de estos fluidos en el área naval son trabajar como enfriadores de agua, solventes limpiadores de cañerías, en sistemas de aire acondicionado, refrigeración y congelación de alimentos.

Refrigerantes como el R-11, R-12, R-22 y el R-114 son los más usados en sistemas de aire acondicionado y de refrigeración en el área naval. El R-12 y el R-22 son usados en compresores recíprocos para los dos sistemas: refrigeración y aire acondicionado, mientras que el R-11 y el R-114 son usados en compresores centrífugos para plantas de aire acondicionado. Otros refrigerantes son el amoníaco, hidrocarburos (propano, etano, etileno, etcétera), dióxido de carbono, aire (en el acondicionamiento de aire de aviones) e incluso agua (en aplicaciones arriba del punto de congelación).

Para seleccionar el refrigerante a utilizar se deben tener en cuenta una serie de características como la volatilidad, la transferencia de calor, su estabilidad, punto de congelación, punto de evaporación, puntos de condensación y vaporización con las respectivas presiones, toxicidad y los efectos ambientales que pueda ocasionar. Es en este sentido que ha surgido preocupación por el uso del refrigerante más utilizado, los clorofluorcarbonos o CFC, que ocupan más del 90% del mercado en Estados Unidos (ref. 12) y son más conocidos con el nombre comercial de Freón, siendo algunos de ellos el R-11, R-12, R-502, R-113, R-115, R-114, todos los que una vez liberados van a la estratosfera destruyendo a la capa de ozono y exponiendo a la Tierra a grandes radiaciones ultravioletas (para mayor información ver el capítulo I).

Para revertir los daños provocados por los CFC se ha ratificado el Protocolo de Montreal (ver 1.7), tratado que impuso estrictos límites a la fabricación de estos compuestos y que presionó a que se diseñen sistemas que usen hidroclorofluorcarbonos (HCFC) o hidrofluorcarbonos (HFC), como el R-134^a que se espera sustituya al R-12, u

otros más “exóticos” como el fluorcarbono E-134, que antes no eran considerados por su mayor costo frente a los CFC. Los HCFC tienen un efecto menos dañino hacia la capa de ozono, cerca del 5% de la capacidad de destrucción de los CFC, mientras que el E-134 no tiene este efecto. Es por esto que los HCFC están en una etapa en que pueden ser utilizados, pero hasta ciertas fechas, por ejemplo, de acuerdo al Protocolo de Montreal hasta el año 2.030 y de acuerdo al Anexo VI de MARPOL 73/78 hasta el 1 de enero del año 2.020 después de lo cual deberán ser reemplazados por los HFC o por los fluorcarbonos.

Otra posibilidad ante las nuevas normativas internacionales es el amoniaco, refrigerante muy utilizado durante comienzos del siglo XX y que se dejó de utilizar por ser muy tóxico, pero tiene mayor detectabilidad en el caso de una fuga y no daña a la capa de ozono.

2.8.6.9 Emisiones de gases procedentes de equipos extintores de incendio.

En un buque existen elementos portátiles y fijos contra incendio. Los fijos utilizan en su gran mayoría CO₂, mientras que los portátiles pueden funcionar a base de agua: agua pura; agua húmeda o agua liviana (espuma o AFFF), a base de polvo químico seco: forfatomonoamonio; bicarbonato de potasio; cloruro sódico; bicarbonato de sodio; grafito o carbonato de sodio o a base de gas: dióxido de carbono; halón 1211 o halón 1311. En los extintores de polvo químico seco se utiliza como propelente un gas, que es generalmente nitrógeno o dióxido de carbono, en los de agua se utiliza como propelente aire comprimido y los de halón utilizan al nitrógeno con este fin.

Los halones tienen un enorme efecto contaminante por estar formados por bromo (Br), flúor (F) y carbono (C) (ver 2.4.2) con una enorme capacidad destructora del ozono. Técnicamente todos los compuestos que contienen esos tres elementos son halones, pero en muchas partes se les llama halón, por haber sido registrado el nombre, a aquellas sustancias extinguidoras de incendios. Algunos halones son el 1311 (que es el bromotriclorometano, CF₃Br), el halon 1301 o el halon 1211.

En el mencionado Protocolo de Montreal se concordó en que los halones no sean usados después del año 2000 y dejados de fabricar al año 1995. Ante esto en el año 1991 la IMO planteó lo siguiente:

- Que no se instalen en nuevas máquinas después de julio del año 1992.
- Al año 1992 sean probados los sistemas prohibidos en espacios requeridos.
- La confección de un registro del stock de Halones.
- Que los sistemas existentes de Halón dejen de ser usados al año 2000.

Con respecto al segundo punto, las pautas indican que ese Halón debe ser sólo utilizado como un medio de lucha contra el fuego en un espacio donde no hay otros medios convenientes para extinguir el fuego y proteger al personal y a la propiedad. Esta pauta fue válida sólo hasta enero del 2000, después de lo cual este compuesto está fuera de uso. También se llamó a las compañías a reemplazar el Halón con una alternativa conveniente, que puede ser alguna de las nombradas al comienzo de este punto, siendo un requisito que cuenten con un método alternativo al sistema. Todo lo anterior ya está

realizado y se espera que este causante de problemas ambientales ya no se esté utilizando por lo que este problema se asume como superado.

2.8.7 Posibles anexos futuros de MARPOL 73/78.

El Comité de Protección del Medio Marino de la OMI trabaja hoy en día en otras dos cuestiones que afectan el medio marino. Se están redactando sendos proyectos de reglas para prevenir la propagación de organismos acuáticos no deseados que pueda haber en el agua de lastre y para prohibir el uso de pinturas antiincrustantes tóxicas. Ambas cuestiones podrían plasmarse en nuevos anexos de MARPOL 73/78, aunque es posible que el CPMM decida proponer que sean objeto de convenios independientes.

2.8.7.1 Organismos acuáticos no deseados en el agua de lastre.

El agua de lastre se utiliza para estabilizar los buques cuando ya han desembarcado la carga y navegan para recibir la carga en el próximo puerto. A lo largo de los años, los buques han transportado de forma involuntaria cientos de especies por los océanos. Cuando se descargan dichas especies a un hábitat que no es autóctono, éstas pueden causar estragos en el ecosistema local.

A principios de este siglo se reconoció la presencia de especies no autóctonas en el agua de lastre, aunque no fue hasta la década de 1970 cuando realmente se vio como problema.

La Conferencia de 1973 en la que se adoptó el primer Convenio de MARPOL, aprobó una resolución según la cual "puede darse el caso de que el agua de lastre tomada en aguas que tal vez contengan bacterias de enfermedades epidémicas cree, al ser descargada en otro lugar del mar, el peligro de que dichas enfermedades se propaguen a otros países". La resolución solicitó a la OMI y a la Organización Mundial de la Salud que "emprendan estudios relativos a este problema basándose en datos concretos y en propuestas que pueda presentar cualquier Gobierno".

Durante la siguiente década se introdujeron y observaron cada vez más especies no autóctonas por todo el mundo. A finales de la década de 1980, el Canadá y Australia, dos de los países que sufrían problemas sobre el particular, expusieron sus preocupaciones al CPMM.

Directrices relacionadas con las aguas de lastre 1991: El CPMM, en su 31º periodo de sesiones de 1990, creó un grupo de trabajo que se ocupara del agua de lastre, y que elaboró directrices sobre el problema de las especies no autóctonas. La resolución del CPMM **-Directrices internacionales para impedir la introducción de organismos acuáticos y agentes patógenos indeseados que pueda haber en el agua de lastre y en los sedimentos descargados por los buques-** fue aprobada en 1991.

El objetivo de las Directrices era proporcionar a las Administraciones y Estados rectores del puerto la información relacionada con los procedimientos para reducir al mínimo los riesgos producidos por la introducción de organismos acuáticos no deseados procedentes de las aguas de lastre y sedimentos de los buques.

Posteriormente las Directrices fueron aprobadas mediante la resolución A.774(18) de la Asamblea, y a versión revisada lo fue en 1997 como resolución A.868(20). Esta última incorpora otras recomendaciones sobre cómo tratar el problema, por ejemplo, la forma de reducir el riesgo de llevar a bordo organismos dañinos en el agua de lastre.

Las recomendaciones incluyen informar a los agentes locales y/o a los buques sobre las zonas y situaciones en las que se reducirá al mínimo la toma de agua de lastre, como por ejemplo en zonas donde es sabido que existen poblaciones de agentes patógenos perjudiciales o en zonas cercanas a los desagües de aguas sucias. Los buques deben adoptar medidas preventivas, evitando la toma de aguas de lastre en aguas poco profundas o en zonas donde las hélices pudieran perturbar los sedimentos. Se evitará asimismo la descarga innecesaria de agua de lastre.

A este respecto, los procedimientos operacionales incluyen el cambio del agua de lastre en el mar y su descarga en instalaciones receptoras, y también apuntan las Directrices que en un futuro los Estados rectores del puerto podrían aceptar tratamientos con calor o rayos ultravioleta.

El CPMM y el Comité de Seguridad Marítima ya han aprobado directrices de seguridad relacionadas con el cambio del agua de lastre en el mar, que subrayan los procedimientos para el cambio de agua de lastre y los aspectos de seguridad a considerar, como puede ser evitar el exceso o la falta de presión en los tanques de lastre y la necesidad de tener en cuenta las condiciones meteorológicas.

2.8.7.2 Pinturas antiincrustantes tóxicas.

Las pinturas antiincrustantes se usan para dar una capa al fondo de los buques y evitar que los organismos marinos como las algas y moluscos se adhieran al casco, hecho éste que disminuye la velocidad del buque y aumenta el consumo de combustible. En los primeros tiempos de la navegación se utilizaba cal y más tarde arsénico para recubrir a los cascos de los buques, hasta que la industria química moderna desarrolló pinturas antiincrustantes eficaces empleando compuestos metálicos.

Pero estos productos pueden dañar la vida marina. Los compuestos se "lixivian" lentamente en las aguas del mar, y destruyen los percebes y otros organismos marinos que se adhieren al buque. Los estudios realizados han mostrado que estos compuestos persisten en el agua, destruyen organismos marinos, dañan el medio y posiblemente entran en la cadena alimentaria. Una de las pinturas antiincrustantes más eficaces que se desarrolló en la década de 1960 contiene tributilestaño, compuesto orgánico de estaño que está probado causa deformaciones en las ostras y cambios de sexo en los buccinos (buccinos: Tipo De caracol de mar).

El interés del CPMM en relación a las pinturas antiincrustantes se remonta a 1988, cuando la Comisión de París en su 26º periodo de sesiones solicitó a la OMI que considerara la necesidad de arbitrar medidas, en el marco de los instrumentos jurídicos pertinentes, para restringir el uso de tributilestaño en los buques de navegación de altura, y poder así complementar las medidas adoptadas en otros foros con el fin de eliminar la contaminación ocasionada por dichos compuestos.

Para entonces ya había pruebas definitivas en todo el mundo de que el tributilestaño y otros compuestos orgánicos del estaño eran perjudiciales para los organismos acuáticos. Basándose en los resultados obtenidos de estudios de evaluación de tales compuestos, ciertos Gobiernos, bien individualmente o bien sobre la base de acuerdos regionales,

adoptaron medidas para reducir los efectos perjudiciales del uso de pinturas antiincrustantes a base de tributilestaño.

No obstante, se reconoció que para poder resolver este problema era necesario elaborar una norma internacional que regulara el uso de pinturas antiincrustantes. En abril de 1990, se celebró en Mónaco el Tercer Simposio internacional sobre organoestaño en el cual se reconoció que la OMI era el organismo apropiado para regular a nivel internacional el uso de compuestos orgánicos de estaño.

En 1990 el CPMM aprobó una resolución recomendando a los Gobiernos la adopción de medidas destinadas a eliminar el empleo de pinturas antiincrustantes que contengan tributilestaño en los buques de eslora inferior a 25 metros y cuyo casco no sea de aluminio a eliminar el empleo de pinturas antiincrustantes cuya tasa media de lixiviación sea superior a 4 microgramos de tributilestaño por cm² y por día. Algunos países, como el Japón, ya han prohibido las pinturas antiincrustantes a base de tributilestaño para la mayoría de los buques.

En sus ulteriores periodos de sesiones, el CPMM recibió los resultados de un estudio de control del tributilestaño que volvía a confirmar la toxicidad de estos compuestos para los organismos marinos y subrayaba la eficacia de las medidas de control al reducir la concentración de tributilestaño en la columna de agua y en los tejidos de los organismos acuáticos. El Comité también recibió información sobre sistemas alternativos de pintura antiincrustante existentes, así como acerca de su eficacia y los riesgos que presentan para el medio marino.

A raíz de ello, el CPMM creó en 1996 un Grupo de trabajo por correspondencia que examinó los estudios de investigación actual en este campo, y exploró la posibilidad de elaborar proyectos de reglas para la eliminación gradual del uso del tributilestaño como biocida en los sistemas antiincrustantes.

En marzo de 1998 el CPMM acordó crear un Grupo de trabajo que empezara a redactar las reglas obligatorias a fin de prohibir el tributilestaño en los biocidas de los sistemas antiincrustantes.

CAPITULO III

Equipos e instalaciones para la disminución de la contaminación.

3.1 Los equipos que están diseñados para la disminución de la contaminación los buques según Marpol son:

- El equipo separador de aguas aceitosas.
- El equipo Tratamiento de Aguas Servidas (sewage)
- y el equipo incinerador.

3.2 Tratamiento de aguas de Sentina (aguas aceitosas).

A bordo de la nave, el tratamiento de aguas oleosas es de suma importancia debido a la contaminación que puede provocar a la fauna marina y terrestre, en los buques por normativa de la OMI a través de Marpol 73/78 en el anexo I “reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos” establece y norma todo lo referente a los hidrocarburos y sus derivados, donde entra en especial importancia los procedimientos y equipos que tienen relación con estos líquidos, y en especial el separador de sentina.

Según Marpol establece una serie de áreas donde se puede achicar sentina con separador de agua oleosa pero en general a bordo se establece que no se pueden achicar sentinas de ningún tipo a una distancia menor a 12 millas de la costa, esto se comprueba entre el Oficial de Guardia de Puente y el Ingeniero de Servicio.

Antes de iniciar achique se pide posición de la nave. También Marpol establece una serie de zonas especiales donde no se puede achicar sentina.

Ejemplo de anotaciones en bitácora de Puente, de Máquina y libro de Registro de Hidrocarburos:

Día	Hora	Maniobra	Latitud	Longitud
30-10-02	08:20	Inicia achique Sentina por Separador de 15 P.P.M. desde estanque Sentinas Sala de Máquinas. Sonda inicial sentina 0,52 cm = 6.4 m ³	45° 90 NE	76° 49 N
	14:45	Finaliza achique Sentina. Sonda final sentina 0,0 cm = 0,0 m ³ . Total Achicado 6.4 m ³	42° 18 NE	74° 67 N

Fuente: anotaciones de libro de *Registro de Hidrocarburos “MN TATIO”*.

3.2.1 Datos de placa de registro de una planta de separación de aguas oleosas.

De la *figuras 29 y 30*, se indican en la *tabla 9* los detalles de la placa de registro de una planta de separación de aguas oleosas.

Datos de placa de registro de la plata de separación de aguas oleosas.

Separador de Sentinas (Oil Filtering Equipment)		
Fabricante	:	Sasakura Oily Water Separador. Certified AS 15 ppm. Oily Water – Separating Equipment. In accordance With IMO A 393 (x)
Marca	:	
Tipo	:	TFU 2 (B) ET – 30 A
Serie N°	:	45942
Capacidad	:	2 M³/h
Presión máx. Trabajo	:	2,6 kg/cm²
Presión de prueba	:	4,0 kg/cm²
Peso total Equipo	:	445 kg

Fuente: datos obtenidos del separador de sentinas que se tenia a bordo del buque granelero MN TATIO. *Tabla 9.*

Fotografías tomadas del separador de sentina.



Figura 29.



Figura 30.

El separador cuenta con dos estados, para la separación de los líquidos y el hidrocarburo, los cuales se detallarán a continuación:

- a) **Primer estado:** se produce una separación debido a la diferencia de densidad los líquidos aprovechando el efecto de decantación. El aceite al ser más liviano que el agua va a estar en la parte superior del tacho del separador primer estado, en el cual existe un detector de este aceite con un sensor de nivel, lo que acciona una válvula solenoide de drenaje de el elemento aceitoso, el cual descarga al Estanque de Aceite Separado, este detector actúa eléctricamente ya que los líquidos poseen una constante dieléctrica propia, con lo cual se puede saber con exactitud la interfase entre el agua y los hidrocarburos.

- b) **Segundo estado:** el agua ingresa por la parte inferior desde el primer estado. Este estado tiene elementos de filtros desechables y desde aquí sale la muestra que va al censor de 15 ppm. Si la muestra tiene más de 15 ppm, suena la alarma General en la sala de máquinas y se cierra en forma automática la descarga por una válvula de 3 vías que recibe una señal neumática y cambia la descarga del líquido hacia el estanque de aceite Separado, y detiene la bomba de achique de sentina en forma inmediata evitando así la posibilidad de contaminación.

3.2.2 Recorrido que hacen los líquidos por el separador de sentina.

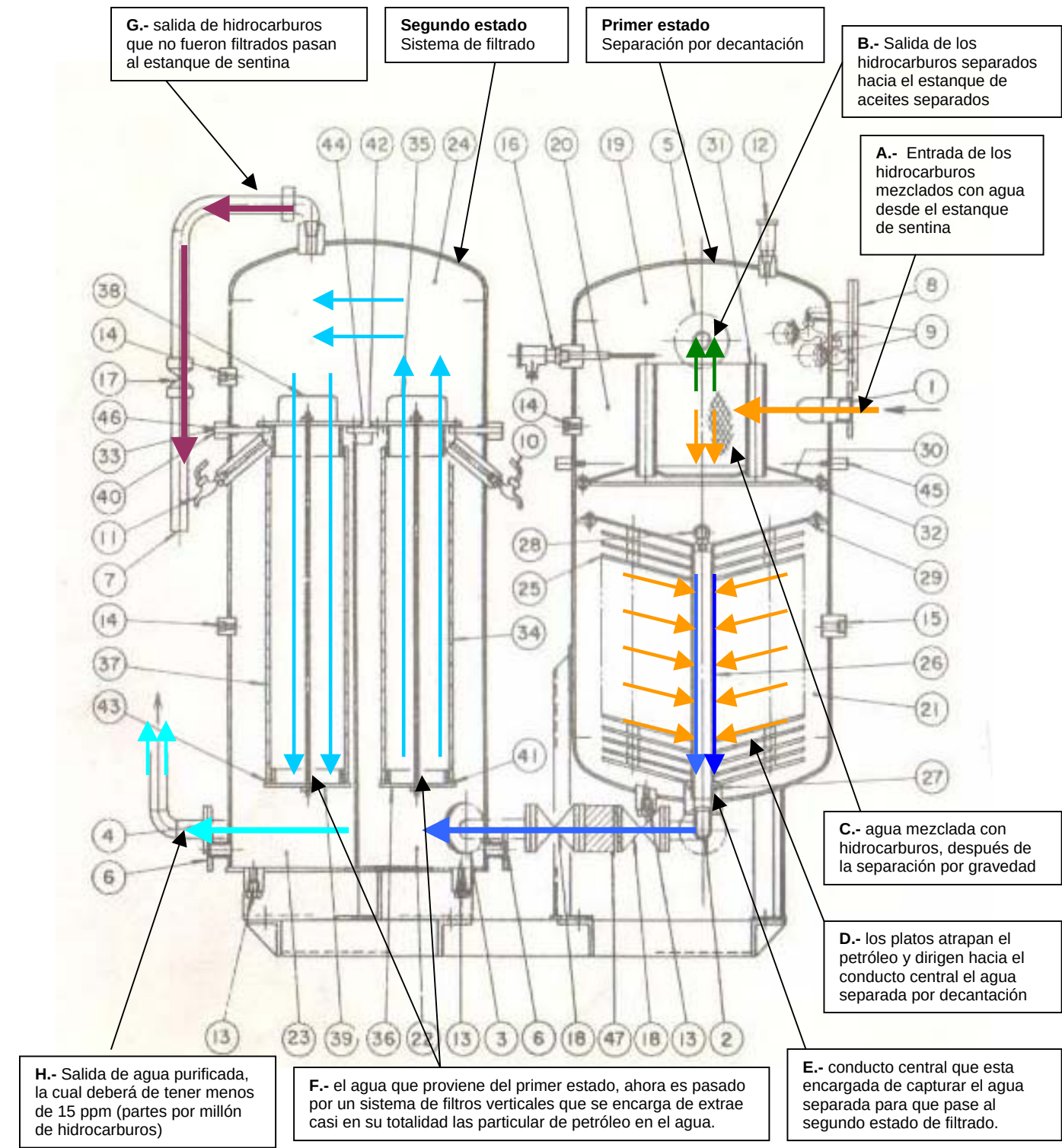
El recorrido de los líquidos que pasan por el separador de sentina es esquematizado por la *figura 24*.

La designación de los distintos elementos de la *figura 31* están en la *tabla 10*.

Explicación del Recorrido que efectúan los líquidos por el separador de sentina:

- A. Entrada de los hidrocarburos mezclados con agua desde el estanque de sentina, para que pasen por el Primer estado del separador de sentina, en el cual separa los hidrocarburos del agua por diferencia de densidad.
- B. Salida de los hidrocarburos separados hacia el estanque de aceites separados, estos corresponden a los separados por diferencia de densidad. los hidrocarburos que se almacenan en el estanque de aceites separados posteriormente serán incinerador para su eliminación.
- C. El agua mezclada con hidrocarburos que no se pudo separar en primera instancia por la diferencia de gravedad, es enviada a los platos para que se realice la separación por decantación.
- D. Los platos que atrapan el petróleo y dirigen hacia el conducto central el agua separada por decantación.
- E. Conducto central que esta encargada de capturar el agua separada por decantación la cual aun no esta totalmente libre de hidrocarburos, por lo que pasa al segundo estado de filtrado.
- F. El agua que proviene del primer estado, ahora es pasado por un sistema de filtros verticales que se encarga de extrae casi en su totalidad las particular de petróleo en el agua.
- G. Salida de hidrocarburos que no fueron filtrados pasan al estanque de sentina.
- H. Salida de agua purificada, la cual deberá de tener menos de 15 ppm (partes por millón de hidrocarburos), Esta agua podrá ser descarga al mar.

Esquema del recorrido de los líquidos por el separador de sentina. *Figura 31.*



Identificación de fluidos

→ Agua e hidrocarburos mezclados.

→ Hidrocarburos separados.

→ Agua separada por decantación.

→ Agua limpia.

→ Agua filtrada.

→ Residuos de hidrocarburos

Enumeración y designación de los distintos elementos del separador de sentina. *Tabla 10.*

Nº	Designación	Nº	designación	Nº	designación	Nº	designación
1	Entrada del aceite con aceite	13	Toma de drenaje	25	Platos capturadores de aceite	37	Segundo escenario de filtrados de elementos
2	Salida agua tratada	14	Conexión indicadora	26	Conducto colector del agua	38	Fijación superior del segundo escenario de filtrado
3	Entrada del agua tratada	15	Conexión válvula de seguridad	27	“o” ring ó sello.	39	Fijación inferior del segundo escenario de filtrado
4	Salida agua purificada	16	Detector del control de nivel	28	Cello para el levantamiento de los platos	40	Embalaje de Plato de fijación de los filtros
5	Salida aceite separado	17	Válvula de residuos de aceites separados	29	Cerrojo de los platos capturadores	41	1º escenario Embalaje de Plato de fijación de los filtros
6	Salida drenaje	18	válvula	30	Amortiguador de los paltos	42	Embalajes de partes de fijación 1º escenario filtrado
7	Salida residuos aceite separados	19	Cámara colectora de aceite	31	Conducto de acenso del aceite	43	2º escenario Embalaje de Plato de fijación de los filtros
8	Agujero de inspección	20	Cámara de separación gruesa	32	cello del Amortiguador de los paltos	44	Embalajes de partes de fijación 2º escenario filtrado
9	Llave de pruebas	21	Cámara de separación fina	33	Plato de fijación de los filtros	45	Flange de la primera columna
10	1º muestra llave de pruebas	22	1º escenario donde se atrapan los aceites en la cámara	34	Primer escenario de filtrados de elementos	46	Flange de la segunda columna
11	2º muestra llave de pruebas	23	2º escenario donde se atrapan los aceites en la cámara	35	Fijación superior del primer escenario de filtrado	47	colador
12	Válvula de desahogo de aire	24	Cámara de separación por gravedad	36	Fijación inferior del primer escenario de filtrado		

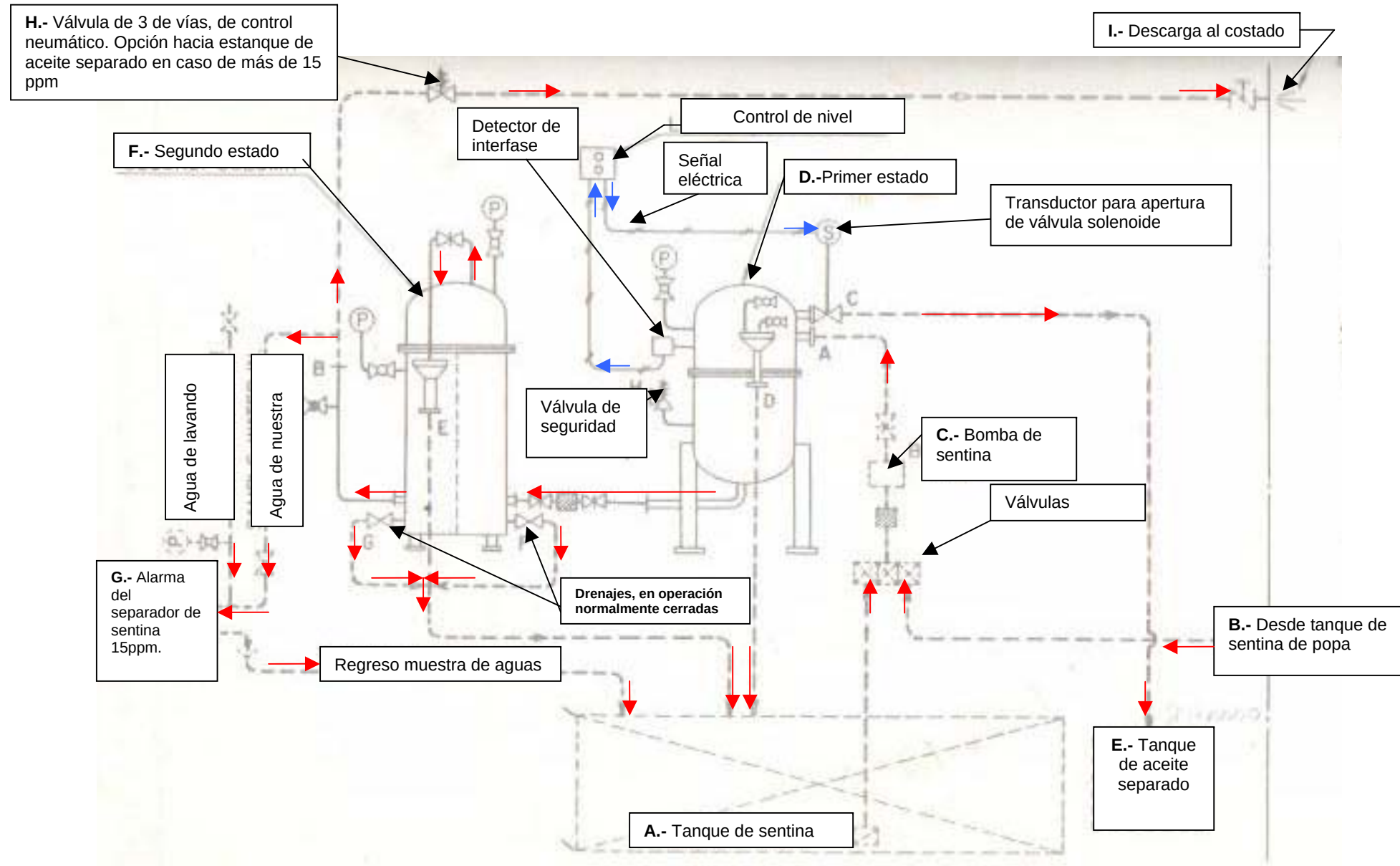
3.2.3 Circuito básico del separador de sentina.

En la *figura 25* se muestra el circuito que sigue los líquidos que están contaminados con hidrocarburos y que pasan por el separador de sentina.

Explicación del circuito del separador de sentina. *Figura 32:*

La bomba de sentina “C” aspira los hidrocarburos mezclados con agua, desde los tanques de sentina “A” y sentina de popa “B”, para que se produzca la separación por el separador de sentina, en la cámara del primer estado “D”. Los hidrocarburos separados por diferencia de gravedad en el primer estado “D”, son enviados al estanque de aceites separados “E”. El agua que se pudo separa de los hidrocarburos por decantación desde el primer estado “D”, es enviado al segundo estado “F”, donde se filtran las partículas de hidrocarburos, que aun pudiera tener el agua decantada. Al salir el agua filtrada por el segundo estado “F”, parte de ella es testada por la alarma del separador de sentina de 15 ppm “G”, que cuando la muestra presenta más de 15 ppm, se activa la alarma en la sala de maquinas y actúa sobre la válvula de 3 de vías de control neumático “H”, la cual redirige el flujo del agua hacia estanque de aceite separado, en caso contrario, seguirá el flujo normalmente hacia la descarga al costado “I”.

Circuito básico del separador de sentina. Figura 32.



3.2.4 Control de nivel.

3.2.4.1 Principio de operación.

El detector de nivel de la interface, detecta el desplazamiento de la interfase entre el aceite y el agua produciendo una variación de capacidad electrostática que manda una señal de oscilación al transductor.

Esto opera debido a la gran diferencia que existe entre el valor primitivo del aceite y el agua, es decir el valor electrostático de capacidad entre la barra detectora insertada en el interior, ubicada en la superficie de la pared del separador actúa cambiando drásticamente y sustancialmente cuando la interfase entre el agua y el aceite toca la barra detectora.

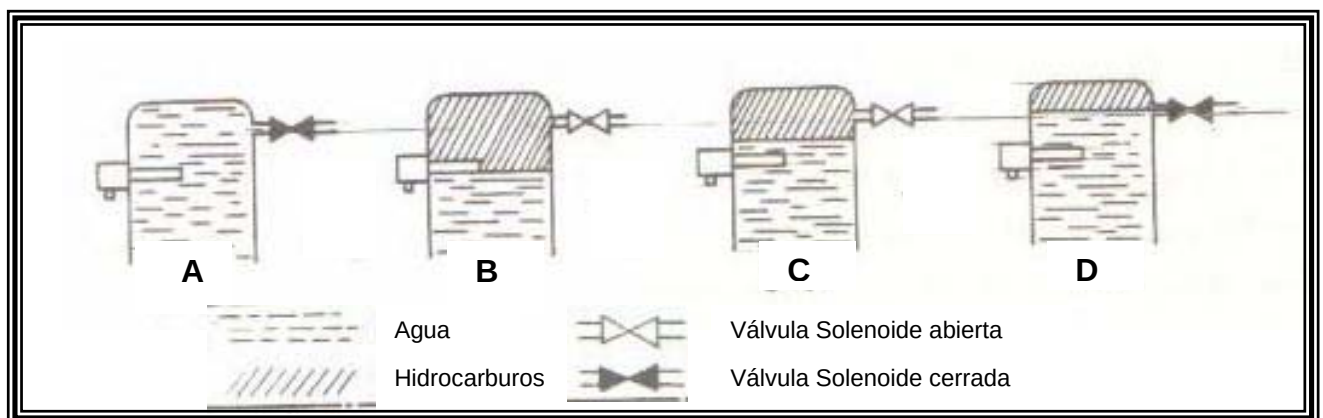
Este valor de capacidad al cambiar es convertido en un voltaje en el circuito de oscilación, mandando una señal al relay de abrir ó cerrar la válvula solenoide.

El drenaje de aceite puede repetir la operación de abrir o cerrar la válvula solenoide cuando la barra detectora del límite de nivel inferior detecta la separación del aceite y cierra cuando la barra detectora del límite de nivel superior detecta agua de mar.

3.2.4.2 Esquema del funcionamiento del detector de interfase y como actúa sobre la válvula solenoide de descarga de los hidrocarburos separados.

En la *figura 33* se aprecia en forma esquemática el funcionamiento del detector de interfase y la válvula solenoide que le da la apertura para la descarga de los hidrocarburos hacia el estanque de aceites separados. La explicación del funcionamiento es el siguiente:

- A. Cuando el detector de interfase esta en contacto con solo agua, la válvula solenoide esta cerrada.
- B. Cuando el detector de interfase se encuentra en contacto con el hidrocarburo, la válvula solenoide esta abierta.
- C. Luego que el detector ya no se encuentra en contacto con el hidrocarburo, la válvula se encuentra abierta durante un lapso de tiempo predeterminado para que evacue el máximo de hidrocarburos sobre el detector de interfase.
- D. Cuando este lapso de tiempo ya paso se produce el cierre de la válvula de la válvula solenoide impidiendo que pase agua al estanque de aceite separados.



Esquema del funcionamiento del detector de interfase y como actúa sobre la válvula solenoide. **Figura 33.**

3.3 Tratamiento de Aguas Servidas (sewage).

Esta unidad es adoptada y extendida mediante un sistema de aeración para activar los residuos fecales en el tratamiento de aguas servidas desde los baños, diseñado acorde con las reglas del Coast Guard de los Estados Unidos.

Todas las aguas negras provenientes de baños y las aguas grises de duchas, lavadoras, lavaplatos y cocina, son tratadas antes de descargar al mar, así se controla la polución de las aguas costeras, aguas interiores y en zonas especiales como el mediterráneo. Este sistema de tratamiento de aguas servidas están basados en su construcción según los estándares internacionales, exigidos por la OMI a través de Marpol 73/78, en el cual esta establecido en el anexo IV “reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques”, en la figura 27 se muestra una fotografía de la planta de aguas servidas, tomada del buque granelero MN TATIO.

La planta de aguas servidas (sewage) consta de un estanque dividido en cuatro secciones:

- Estanque colector.
- Aireación-mezcla.
- Decantación.
- Desinfección.



3.3.1 Datos técnicos.

En la tabla 11 se muestran los principales datos técnicos de la planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

Sewage Treatment Plant		
Marca	:	Sasakura – Hamworthy Sewage Treatment Plant
Tipo	:	Super Trident
Model	:	ST-4
Capacidad	:	40 personas aproximadamente.
Corriente	:	AC
Voltaje	:	440 V
Amperaje	:	60 Hz
Fases	:	3
Certificado Coast Guard N°	:	159.15 / 1035 / 2 / II
Compresor	:	3 Lobes Spur – Roots Blower
Flujo	:	269 l/min
Presión	:	0,35 kg/cm ²
Motor Compresor	:	TEFC 0,75 kW; 1,7 A; 1.700 R.P.M
Bomba de descarga	:	Centrífuga 7 M ³ x 16 Maq, TH
Motor Bomba descarga	:	TEFC 2,2 kW; 4 A; 3.500 R.P.M.

Datos técnicos de la planta de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas. **Tabla 11.**

3.3.2 Explicación del proceso de las aguas servidas que pasan por el Sewage.

De la *figura 35*, se muestra el proceso de las aguas servidas que pasan por el Sewage, donde las aguas servidas o aguas negras, ingresan por “**A**” a la sección del estanque colector “**B**”, todos los materiales pesados tales como vidrios, porcelanas y materiales similares decantan en el fondo. Las aguas negras y la mezcla de excrementos son aireados a través de un extractor de aire “**K**”, al mismo tiempo una turbulencia que transporta aire comprimido desde el compresor “**E**”, mezcla las partículas en el estanque colector “**B**”, proceso denominado “aireación bajo superficie”. Este proceso deja una óptima cantidad de oxígeno dentro del estanque y simultáneamente mezcla el contenido interior.

Los excrementos orgánicos en la sección del estanque de aireación-mezcla “**B**”, están conformados principalmente por hidrógeno, carburo y sulfuro. Las bacterias aeróbicas entran en la de los excrementos y así el dióxido de carbono es transformado en agua.

Las bacterias aeróbicas pueden existir solamente donde hay una suficiente cantidad de oxígeno presente, de este modo los elementos orgánicos encontrados en los excrementos son eliminados y las bacterias multiplicadas.

El dióxido de carbono acumulado en el estanque colector “**B**”, escapa al exterior a través de un tubo de venteo en cubierta del buque donde sea instalado. En el estanque de aireación-mezcla “**B**” el oxígeno requerido para la descomposición, es suministrado por un compresor de aire “**E**” y homogéneamente distribuido en pequeñas burbujas en la cámara de aireación y mezcla “**B**”, por los difusores de aire “**C**”.

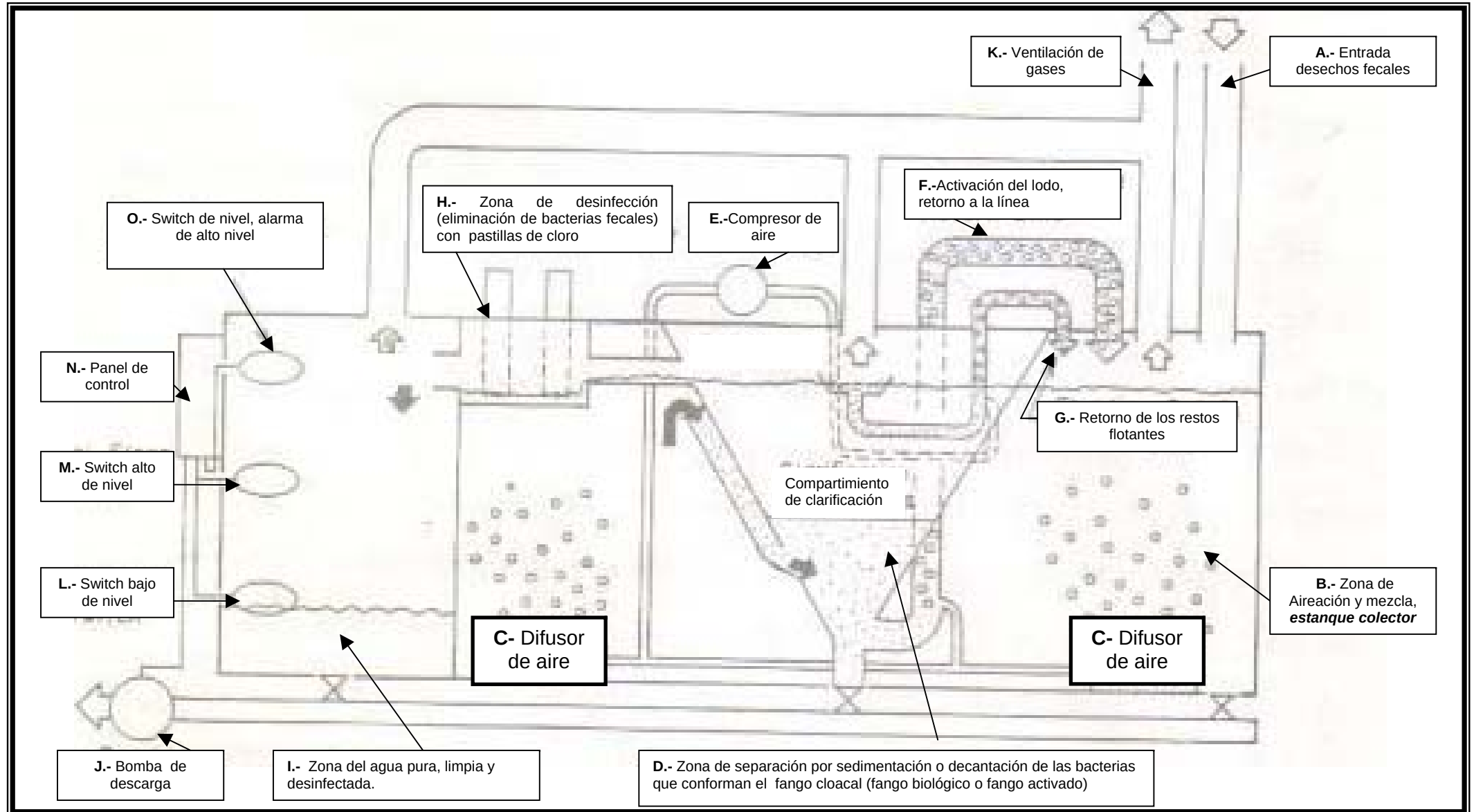
Ahora en el estanque de decantación “**D**” el agua negra es saturada con oxígeno atmosférico y continuamente inunda con desechos. En el estanque de decantación “**D**” las bacterias se multiplican en los sedimento, causando de este modo la llamada activación del sedimento, el cual retorna a través de un conducto “**F**” al estanque colector, este retorno constante saca el sedimento desde el fondo del estanque de decantación “**D**” por medio de una derivación del ramal de aire comprimido, que va a los difusores de aire “**C**”.

Las aguas negras quedan en el colector aireación-mezcla “**B**” y en la sección del estanque decantación “**D**” por un total de 18 a 24 horas. Las aguas negras son ahora biológicamente clarificadas y pueden ser dirigidas la zona de desinfección “**H**”, donde las pastillas de cloro terminan eliminar cualquier vestigio de infección bacteria.

Las aguas que ya fueron desinfectada por las pastillas de cloro, son almacenadas en la zona de agua pura, limpia y desinfectada “**I**”, esta zona cuenta con una serie de flotadores que activan los switch de bajo nivel “**L**”, alto nivel “**M**” y de alarma de alto nivel “**O**”, que a su vez estos actúan sobre la bomba de descarga al costado “**J**”, que tiene como vaciar las aguas que se encuentran en la zona de agua pura limpia y desinfectada “**I**”.

Cuando se activa el switch de bajo nivel “**L**”, se detiene la bomba “**J**”. Si se activa el switch de alto nivel “**M**”, se pone en funcionamiento la bomba “**J**”. Si se activa el switch de alarma de alto nivel “**O**”, suena la alarma en la sala de maquinas de alto nivel de la zona de agua pura, limpia y desinfectada “**I**” y se pone en funcionamiento la bomba “**J**”.

Esquema de funcionamiento del Sewage. Figura 35.



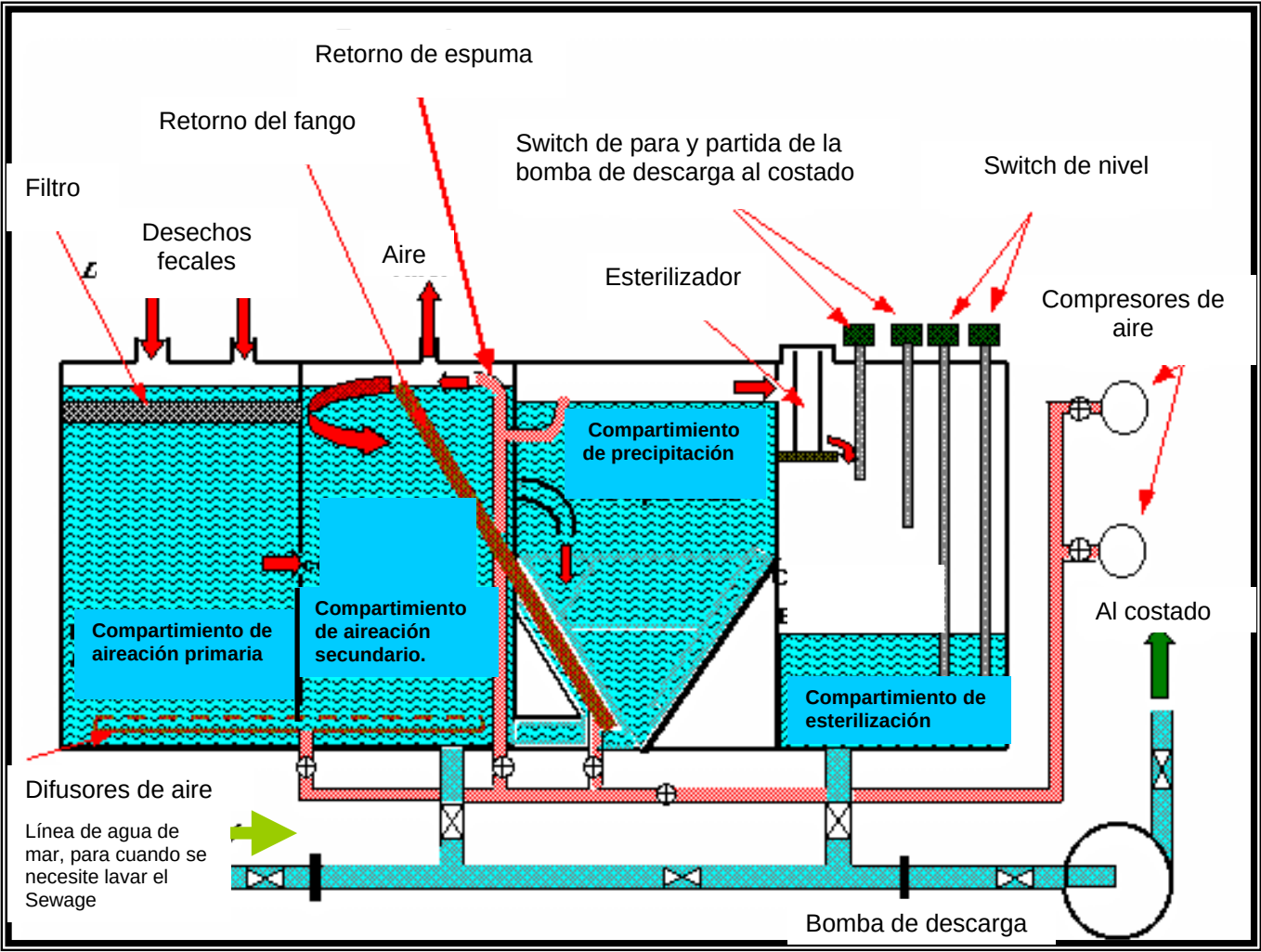
3.3.3 Otro modelo de una planta de tratamiento de aguas servidas.

La unidad mostrada en la *figura 36*, es del tipo que cuenta con el sistema de aeración para activar los residuos fecales, en el tratamiento de aguas servidas desde los baños, diseñado acorde con las reglas del Coast Guard de los Estados Unidos, el cual cumple con las normas impuestas por MARPOL 73/78.

Este tipo es usado para descargar la agua clarificada, al costado, excepto en áreas no permitidas que están debidamente especificadas en MARPOL 73/78. Esta unidad de tratamiento posee los siguientes elementos: un compartimiento primario de aireación, un compartimiento secundario de aireación, otro de precipitación, y por último uno de esterilización.

El agua clarificada es descargada al costado automáticamente con la bomba descarga del Sewage.

Planta de tratamiento de agua servidas Sewage. *Figura 36.*



3.3.4 Descripción general alguna las partes principales de la planta de tratamiento de aguas servidas. *Figura 36.*

✓ **Compartimiento de Aireación Primaria:**

Los elementos no deseados que pueden llevar consigo los desechos fecales en la entrada del compartimiento de aireación primaria, y que pudieran detener el proceso de clarificación de los desechos fecales, son capturados por la malla filtradora. En esta cámara los desechos fecales son aireados para que se empiece el proceso de activación de las bacterias.

✓ **Compartimiento de Aireación Secundario:**

Los desechos fecales son nuevamente aireados, aquí se optimiza la mezcla de aire y desechos para que las bacterias aeróbicas descompongan estos desechos en forma eficiente.

✓ **Compartimiento de Precipitación:**

Las aguas servidas contienen una gran cantidad de residuos y fangos activados los cuales son separados a través de la precipitación. El fango es precipitado y la espuma que flota retorna al compartimiento secundario de aireación por medio de una derivación de aire comprimido.

✓ **Compartimiento de Esterilización:**

El agua ya clarificada biológicamente por las bacterias aeróbicas, pasa por la zona donde están dispuestas las pastillas de cloro, para eliminar cualquier indicio de bacterias infecciosas. Esta agua es almacenada en compartimiento de esterilización, antes de ser evacuadas al costado por la bomba de descarga al costado, activada por los switch de nivel.

✓ **Compresores de Aireación:**

Los compresores de aire cumplen una función fundamental en la planta de tratamientos de aguas servidas, ya que debe de airear los desechos fecales y las bacterias, además de cumplir la función de recircular los desechos desde el compartimientos de precipitación a el compartimiento aireación secundario.

✓ **Bomba Descarga:**

La bomba de descarga, que esta encargada de evacuar el agua al costado, del compartimiento de esterilización, es activada por los switch de nivel, los cuales le darán la partida ó la parada según si se encuentra muy alto ó muy bajo el nivel del compartimiento.

3.3.5 Especificaciones de la Planta de Aguas Servidas.

La planta de aguas servidas de la *figura 36*, se muestra en la *tabla 12* las principales especificaciones técnicas.

Especificaciones técnicas de la planta de aguas servidas. *Tabla 12.*

Número Nominal de Personas:	40 hombres/día.
Vol. de Aguas Servidas Demanda Bioquímica de Oxígeno:	13.5 g/hombres Día
Volumen de Aguas Servidas:	60l/hombre día.
Demanda Bioquímica de Oxígeno:	Máx. 50 ppm.
Sólidos en Suspensión:	Máx. 150 ppm.
Coliformes:	200 por 100 ml.

3.4 Instalación incineradora.

La planta incineradora, también es un equipo establecido por Marpol 73/78 en el Anexo I, ya que establece que todos los desechos de hidrocarburos pasados por el separador de sentina deberán almacenarse en estanques dentro del buque para su posterior eliminación en instalaciones portuarias que reciban dichos líquidos o de lo contrario quemarse. Debido a que pocas instalaciones portuarias reciben estos desechos, es mucho más viable quemarlos, es hay la importancia del incinerador que evita los problemas de almacenamiento y descarga en puerto, que cuenten con las instalaciones adecuadas.

El consumo de combustible (IFO.) del Motor Principal del buque granelero MN TATIO es de 20.000 litros por día lo que produce una cantidad de Sludge (sedimentos, borra) que es el 0,5 % del combustible consumido, que corresponde a 100 litros diarios, esta borra o Sludge va a estar almacenada en los estanques Dirty (estanque sucio) que .

El estanque de Aceite Separado que almacena la separación de las aguas aceitosas provocadas al achicar sentinas por el separador mas el Sludge almacenado en los estanques Dirty, todo esto es trasvasiado por una bomba hacia el estanque Decantación del Incinerador con una capacidad de 500 litros. En este estanque el Sludge es drenado para sacar los posibles restos de agua que puedan tener esta borra (Sludge), para luego quemarlo en el Incinerador.

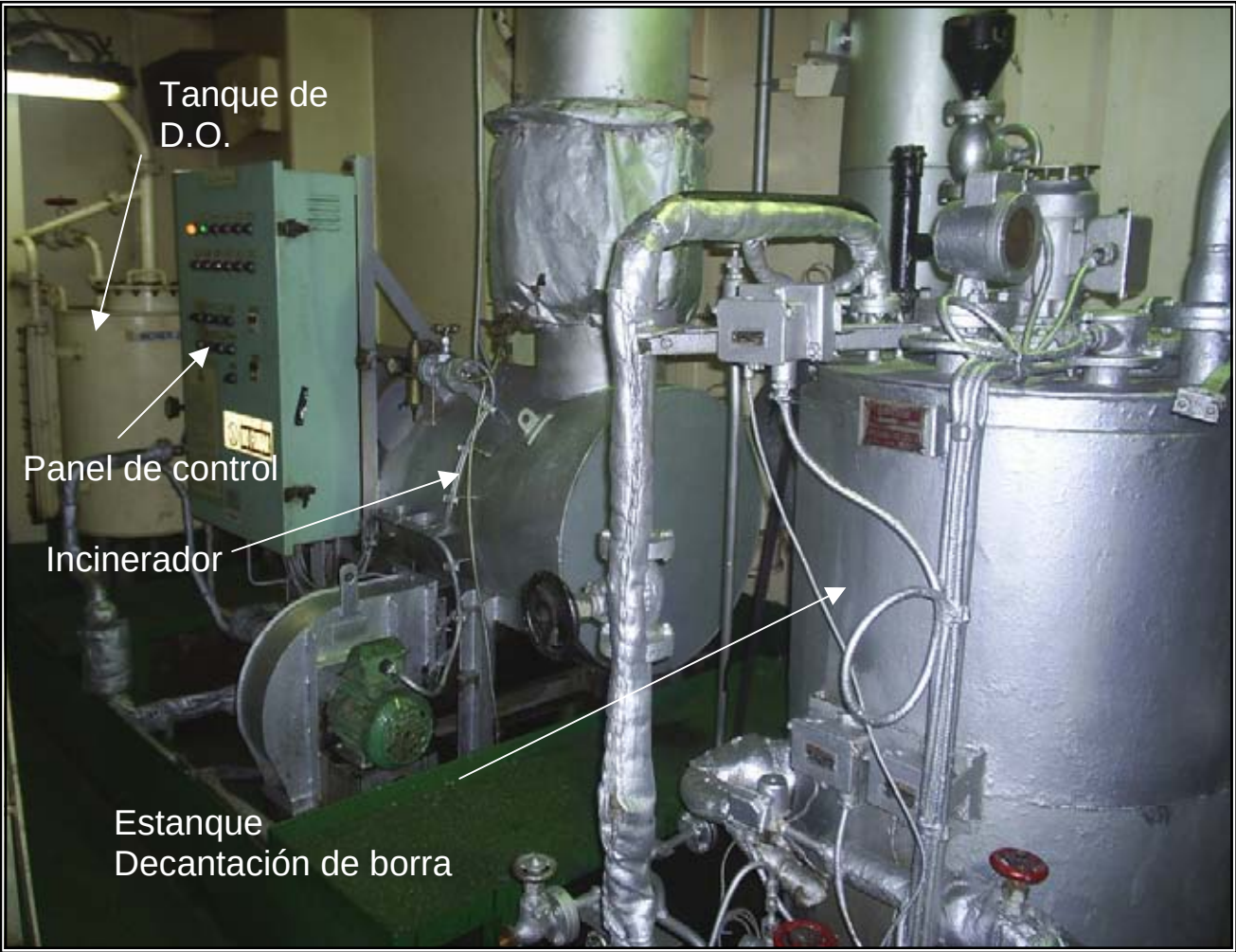
El incinerador podrá quemar 50 litros / horas con un porcentaje de agua de un 40%. También el incinerador cuenta con un estanque de combustible DO (Diesel Oil) con capacidad aproximada de 250 litros, que es mezclado con el sludge para aumentar el poder calorífico de este ultimo y así poder mantener la llama del incinerador encendida.

La temperatura de los gases del incinerador, según el fabricante, debe mantenerse alrededor de los 400°C, con este parámetro debemos de regular la cantidad de combustible DO (Diesel Oil) que le agregaremos al sludge, abriendo o cerrando la válvula de entrada del DO (Diesel Oil).

La quema del sludge también debe de quedar registrado en el bitácora de la máquina y en el libro de registro de hidrocarburos, anotando principalmente la hora de comienzo y termino de la quema y también la cantidad incinerada. La cantidad incinerada

durante este lapso de tiempo debe de coincidir con lo que establece el fabricante de la planta incineradora, ver la *figura 37*.

Instalación incineradora.



Fotografía de la planta incineradora del buque granelero MN TATIO. **Figura 37.**

3.4.1 Características del Incinerador de Sludge.

Las características técnicas de la planta incineradora de Sludge, es mostrada en la *tabla 13*.

Características técnicas del Incinerador de Sludge. *Tabla 13.*

Capacidad de quema	: 50 Litros / Hora
Temperatura gases Escape	: 400 ° C
Máximo poder calorífico de sludge	: 30 x 10^4 Kcal / hora
Waste oil Burner. Tipo	: JHM high pressure air jet
Burning Pressure	: 2.4 Kg / cm2
Presión aire atomización	: 2.0 Kg / cm2
Revoluciones Ventilador	: 3.400 RPM.
Waste Oil Pump. Tipo	: Top – 203 HV B 6
Estanque decantación Waste Oil	: WOT – 05 SN
Volumen (capacidad Estanque)	: 0,5 m3.
Bomba trasvasije Sludge	: Horizontal Gear Pump – HNP 301

3.4.2 Otro modelo de incinerador de Sludge.

Esta otra estalación incineradora, es agregada la anterior, para tener una mayor cantidad de referencias y así poder tener un mayor conocimiento de estas instalaciones.

3.4.2.1 Características.

Puede quemar aceites sucios con un porcentaje hasta con 40 % de agua mediante el atomizador de quemador.

Los aceites con mas de 40 % de agua, pueden ser quemados en combinación con el quemador auxiliar diesel oil.

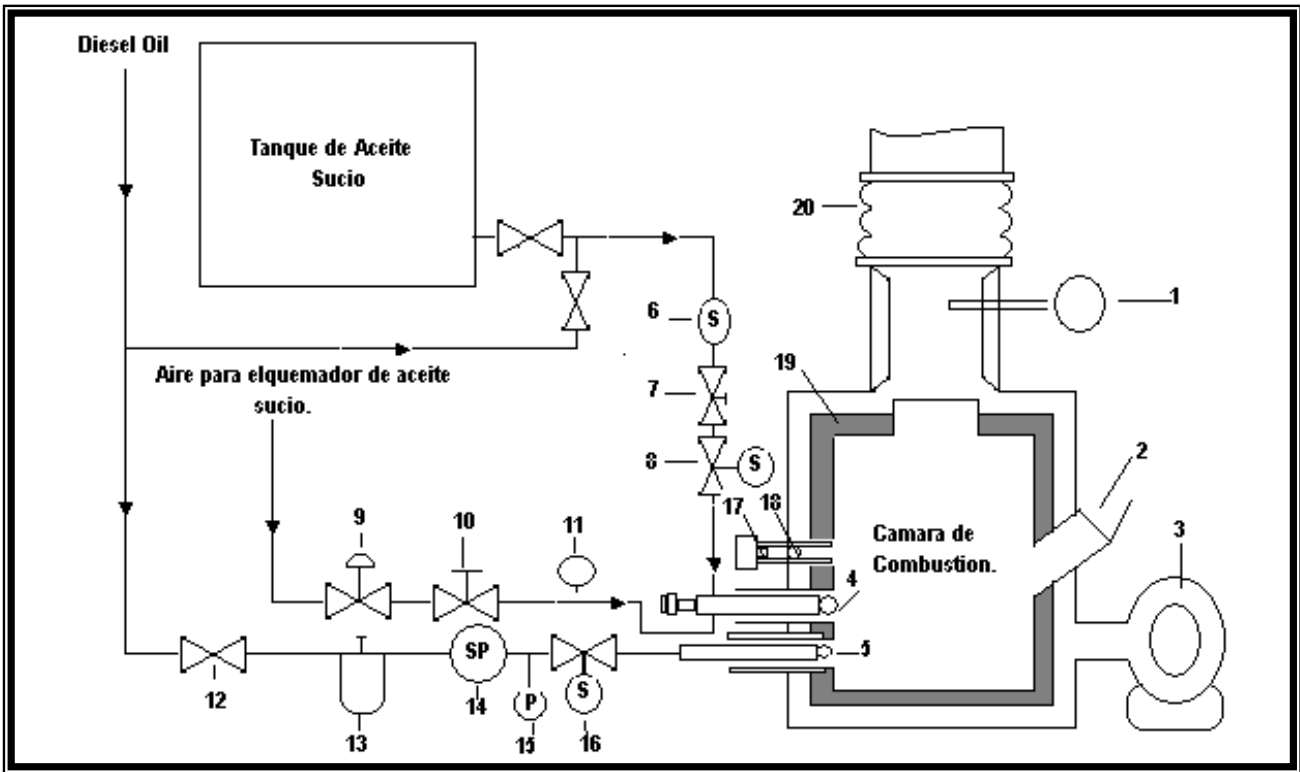
El quemador de aceite tiene una tobera de diámetro de 4 mm para evitar la posibilidad de obstrucción.

3.4.2.2 Sección del incinerador.

El incinerador esta dividido en dos partes mayores: carcaza exterior y carcaza interior; el espacio entre ambos es enfriado con aire conducido por el ventilador. Este aire de enfriamiento desplaza el flujo de gas por efecto de un eyector ubicado en la parte superior de la carcaza exterior manteniendo la cámara de combustión con una presión negativa y una combustión segura del aceite. La carcaza interior esta totalmente revestida con un concreto refractario para proteger el cuerpo exterior.

Debido a que la cámara de combustión siempre se mantiene bajo vacío, el aceite sólido puede ser fácil y seguramente inducido e incinerado. El flujo de gas es diluido y enfriado directamente con el aire enviado por el ventilador y su temperatura nunca aumentara más de la regulación del “termostato de seguridad” (300° C). En la *figura 38* se muestra la instalación incineradora y la identificación de cada una de sus partes se encuentra en la *tabla 14*.

Planta Incineradora. *Figura 38.*



Identificación de partes de la plata incineradora. *Tabla 14.*

1. Termostato de Seguridad	11. Manómetro de Presión de Aire
2. Lampa para Sólidos	12. Válvula de Retención
3. Ventilador de Enfriamiento	13. Filtro Limpiador de Combustible
4. Quemador de Aceite Sucio	14. Bba Solenoide para Quemador Aux.
5. Quemador Auxiliar	15. Manómetro de Combustible
6. Filtro de Aceite Sucio.	16. Vva Solenoide para Combustible
7. Válvula de Aguja	17. Ojos de Llama
8. Válvula Solenoide de Aceite Sucio	18. Lente Ojo de Llama
9. Regulador de Aire de Combustión	19. Cámara de Combustión (Refractario)
10. Válvula de Aguja	20. Junta de Expansión.

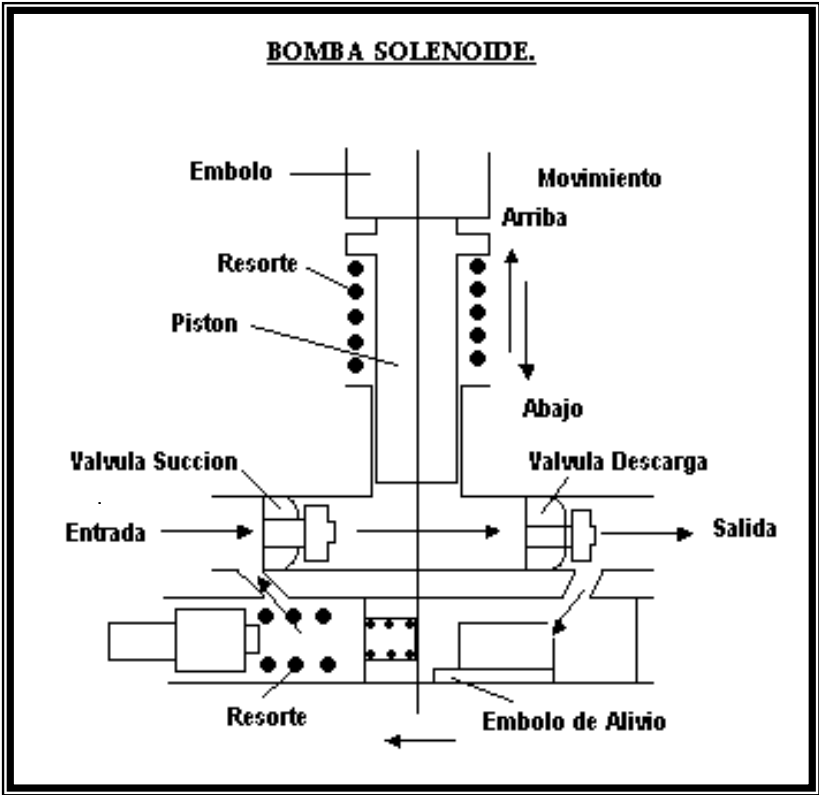
3.4.2.3 **Bomba Solenoide.**

Esta bomba es usada para el propósito de alimentar con DO (Diesel Oil) el quemador auxiliar. Su principio es el siguiente: cuando se suministra 100 V (o 200 V), el elemento rectificador para la bomba solenoide desarrolla señales cortadas, las cuales, en el giro de la bobina energizan la bobina solenoide para forzar él embolo arriba y abajo. Este movimiento de ascenso y descenso del embolo es convertido en un movimiento recíproco del pistón abajo de el, abriendo y cerrando las válvulas de aspiración y descarga alternativamente para descargar el combustible al quemador auxiliar, ver *figura 39.*

Esta bomba esta dotada de una “válvula de alivio” incorporada en la parte inferior para retroalimentar la presión de descarga en exceso de la regulada 8.0 (Kg. / cm.2) que se desarrolla cuando la tobera o cañería de descarga está bloqueada.

La cañería hacia arriba del embolo abre la válvula de succión y cierra la válvula de descarga, captando el combustible en la cámara. La carrera hacia abajo permite el proceso inverso descargando el combustible a la salida

Bomba solenoide. *Figura 39.*



3.4.2.4 **Dispositivos de seguridad.**

Los principales dispositivos de seguridad que cuenta el sistema incinerador de Sludge son los que se enumeran acontinuacion:

- 1. Si el quemador auxiliar y el quemador de aceite encienden malamente, son forzados a parar. Al mismo tiempo, encienden la luz piloto y la alarma.
- 2. Cuando aumenta anormalmente la temperatura de los gases de descarga, los quemadores son desmagnetizados y se activa la alarma.
- 3. Cuando el ventilador se atasca, los quemadores son desmagnetizados y la unidad se detiene completamente.
- 4. En caso de problemas en las proximidades del incinerador, este puede ser parado por un interruptor de emergencia a distancia, instalado en la consola de la sala de control.
- 5. Si la presión del combustible del quemador auxiliar cae, el quemador es apagado y se activa la alarma.
- 6. Si la presión de aire del quemador de aceite disminuye, igualmente el quemador para y se activa la alarma.

3.4.2.5 **Especificaciones técnicas.**

Las características técnicas de la planta incineradora de Sludge, es mostrada en la *tabla 14*.

Características técnicas del Incinerador de Sludge. *Tabla 15.*

Modelo	IM & B – 20.
Capacidad de Quemado	20 Lt / Hr.
Pº descarga permitido en la base de la chimenea	30 mm aq.
Poder eléctrico	440 V AC 60 Hz 3P.
Capacidad eléctrica total	2.9 KW.
Sistema de control	Automático.
Presión en el quemador	1 – 5 Kp / cm2.
Combustible del quemador	Diesel Oil.
Dimensiones generales	1980 * 1420 * 1200.
Peso	760 Kg.
Fabricante	MIURA CO, Ltd.
Capacidad en la cámara de combustión	0.22 m3.

CAPITULO IV

Documentación y procedimientos exigidos a bordo según convenio internacional.

Dentro del buque existen una serie de procedimientos y documentación exigida para mitigar la contaminación, dentro de estos procedimientos uno de los más importantes es que está referido a la contaminación por hidrocarburos. Se presentará en este capítulo la documentación más importante y procedimientos abordado.

4.1 Contaminación por hidrocarburos.

En Marpol 73/78 hace referencia a la posesión por parte de los buques de un certificado internacional de prevención de la contaminación por hidrocarburos, también conocido por sus siglas en inglés IOPP (International Oil Pollution Prevention Certificate), el cual esta encargado de certificar los buques mercantes, que cuenten con todas las instalaciones exigidas por la OMI, que prevengan la contaminación por hidrocarburos, como por ejemplo el Separador de Sentina.

La vigencia de dicho certificado nunca excederá los 5 años. Para su correcta verificación los buques se someterán a una serie de reconocimientos e inspecciones para todos aquellos buques petroleros cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 150 Toneladas, o bien, en el caso de cualquier otro buque cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 400 Toneladas. La primera de las inspecciones se realizará antes de que el buque entre en servicio o bien antes de la expedición del certificado IOPP. Periódicamente la administración efectuará revisiones en intervalos nunca superiores a 5 años. Con ello, dota a la administración de la posibilidad de efectuar anualmente o semestralmente inspecciones al buque en cuestiones referentes a la prevención de la contaminación por hidrocarburos. Las especificaciones según el certificado IOPP se dividen tan solo para dos tipos de buques, petroleros y no petroleros. *Ver mas detalle sobre especificación del certificado IOPP en el libro Marpol 73/78.*

4.2 Directrices para realizar las investigaciones e inspecciones acorde con lo estipulado en el Marpol 73/78 (Efectuado por la Directemar).

4.2.1 Inspección del certificado IOPP, del buque y de su equipo.

Una vez a bordo, tras identificarse ante el capitán o el oficial responsable del buque, el funcionario de supervisión examinará el Certificado IOPP, incluido el cuadernillo de construcción y equipo que lleve adjunto y el Libro Registro de Hidrocarburos.

En el certificado figura información sobre el tipo del buque y las fechas de los reconocimientos e inspecciones. En una comprobación preliminar habrá que confirmar que las fechas de los reconocimientos e inspecciones siguen siendo válidas. Además se determinará si el buque transporta una carga de hidrocarburos y si el transporte de ésta se ajusta al certificado.

Mediante el examen del cuadernillo de construcción y equipo, el oficial encargado de la supervisión podrá determinar cómo está equipado el buque para la prevención de la contaminación del mar.

El funcionario de supervisión, si el certificado es válido, y su impresión general y observaciones oculares a bordo confirman que las medidas de mantenimiento son adecuadas, limitará, por lo general, su inspección a comprobar las deficiencias que se hayan denunciado, si las hay.

Si, no obstante, guiándose por su impresión general o las observaciones que haya realizado a bordo, tiene motivos fundados para pensar que el estado del buque o de su equipo no corresponden en lo esencial a los pormenores del certificado, realizará una inspección más detallada.

Se comenzará la inspección de la cámara de máquinas con la impresión general que produzcan el estado de dicha cámara, la posible presencia de hidrocarburos o rastros de éstos en las sentinas y los procedimientos corrientes utilizados en el buque para eliminar el agua contaminada por hidrocarburos de los espacios de la cámara de máquinas.

A continuación se realizará un examen más detenido del equipo del buque que figure en el Certificado IOPP. Dicho examen habrá de revelar que no se han efectuado modificaciones no aprobadas del buque y de su equipo.

Si surge alguna duda en cuanto al mantenimiento o al estado del buque o de su equipo, se realizará un nuevo examen y las pruebas que se consideren necesarias. Véanse al respecto las Directrices de la OMI para realizar reconocimientos acordes con lo estipulado en el Anexo I del MARPOL 73/78.

El funcionario de supervisión debe tener presente que un buque puede llevar más equipo del prescrito en el Anexo 1 del MARPOL 73/78. Si el equipo que se lleve de más funciona defectuosamente, se informará de ello al Estado de abanderamiento. Esto solo, no obstante, no deberá ser causa suficiente de detención del buque, a menos que el defecto de funcionamiento sea tal que suponga un riesgo inaceptable para el medio marino.

En los petroleros la inspección comprenderá la zona de los tanques de carga y de la cámara de bombas y empezará con la impresión general que produzcan la disposición de los tanques, las cargas transportadas y los procedimientos corrientes utilizados para eliminar los residuos de la carga.

4.3 Plan de contingencia para derrame de hidrocarburos SOPEP (sigla en inglés “Shipboard Marine Pollution Emergency Plans”)

Este plan de contingencia a bordo para combatir contaminación de petróleo, es entregado para asistir al personal a bordo cuando enfrente un derrame de petróleo inesperado. Su propósito fundamental es poner en movimiento las acciones necesarias para detener o minimizar la descarga de hidrocarburos y sus efectos. La planificación efectiva asegura que las acciones necesarias son realizadas de una manera estructurada, lógica, segura y oportuna.

El plan previsto por la regulación 26 del Anexo 26 del Anexo I de MARPOL tiene el propósito de ser un documento simple que sirva de guía para el capitán en diversas acciones y decisiones requeridas durante el incidente de contaminación por derrame.

Generalmente las empresas navieras entregan planes de flujogramas y listas de chequeo, que sirven de guía al capitán en variadas decisiones y acciones requeridas en una respuesta a un incidente. Estos diagramas en su mayoría funcionan a través de una verificación visual de la información, reduciendo así la posibilidad de descuido o error durante las primeras etapas de una situación de emergencia.

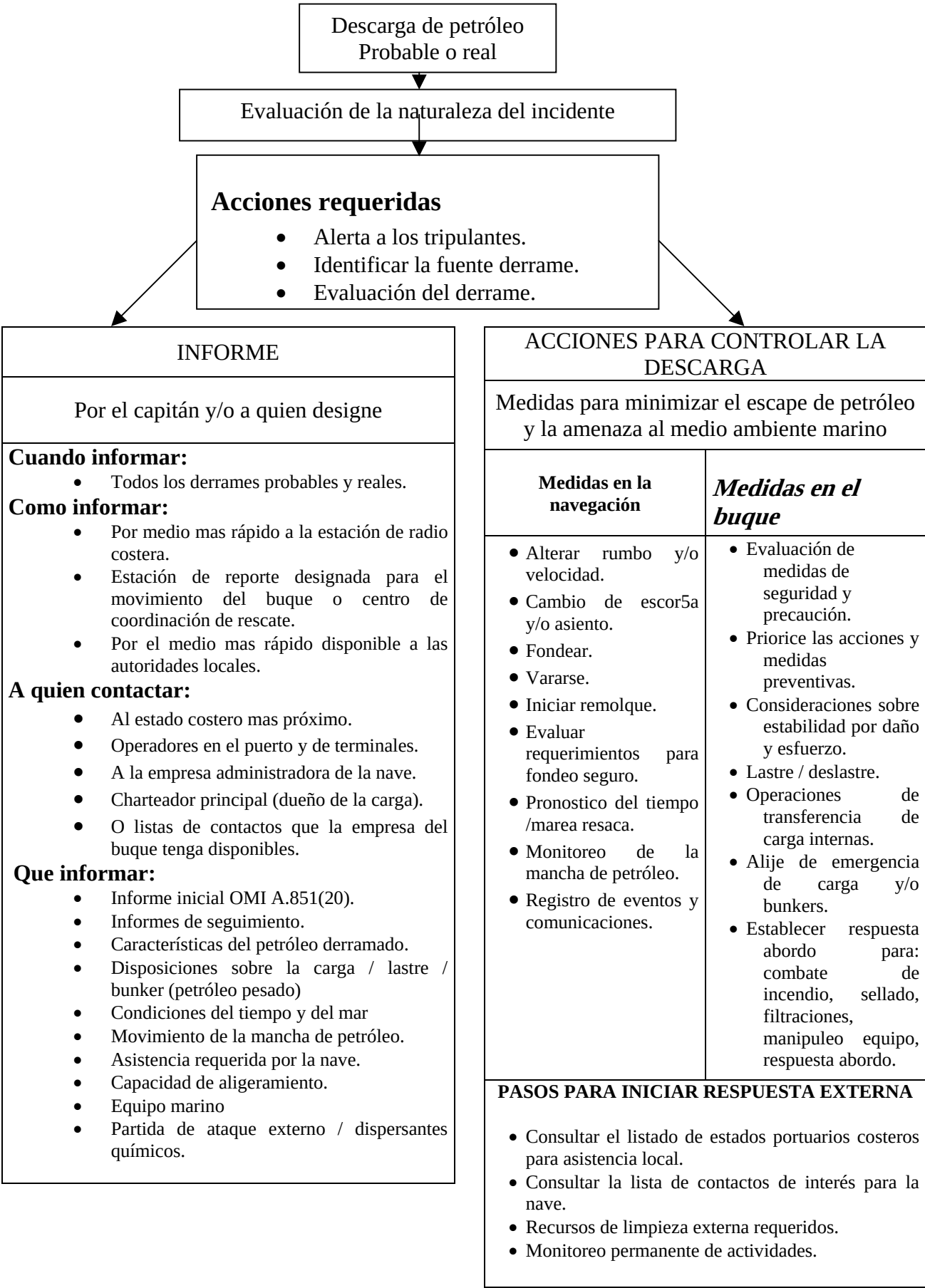
Estos planes para que sean efectivos debe de cumplirse ciertos requisitos:

- El plan de contingencia por derrame de hidrocarburos debe ser conocidos por aquellas personas que tienen funciones claves a bordo.
- Revisar y actualizar regularmente focos de contaminación
- Evaluar su efectividad en los ejercicios abordó.

El entrenamiento en la implantación de los procedimientos de mitigación a través del zafarrancho SOPEP a bordo de ser llevado a acabo en intervalos de no más de 3 meses para que el personal de la nave sepa sus funciones y deberes en caso de emergencia.

En la *figura 40*, se entrega una pauta global para las acciones requeridas en el caso de peligro de descarga de petróleo probable o real.

Pauta global para las acciones requeridas. *Figura 40.*



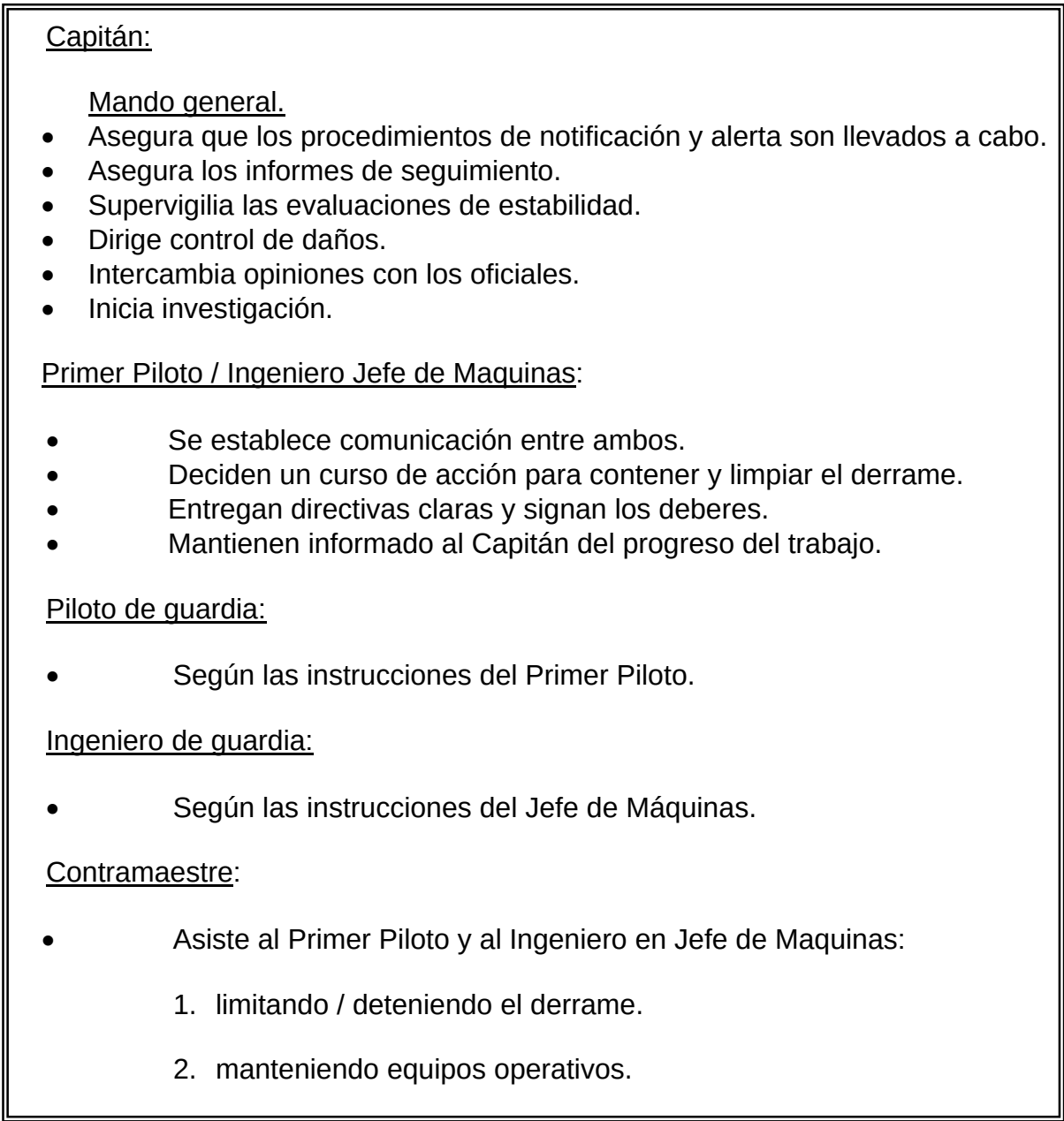
4.4 Ejemplo de procedimiento a bordo para mitigar la contaminación por hidrocarburos al mar, producto de accidentes.

Se entregara una serie de ejemplos de acciones seguidas abordó, por la empresa naviera Humboldt, para mitigar los efectos de la contaminación de hidrocarburos en caso de accidentes.

4.4.1 Deberes del grupo de respuesta a bordo:

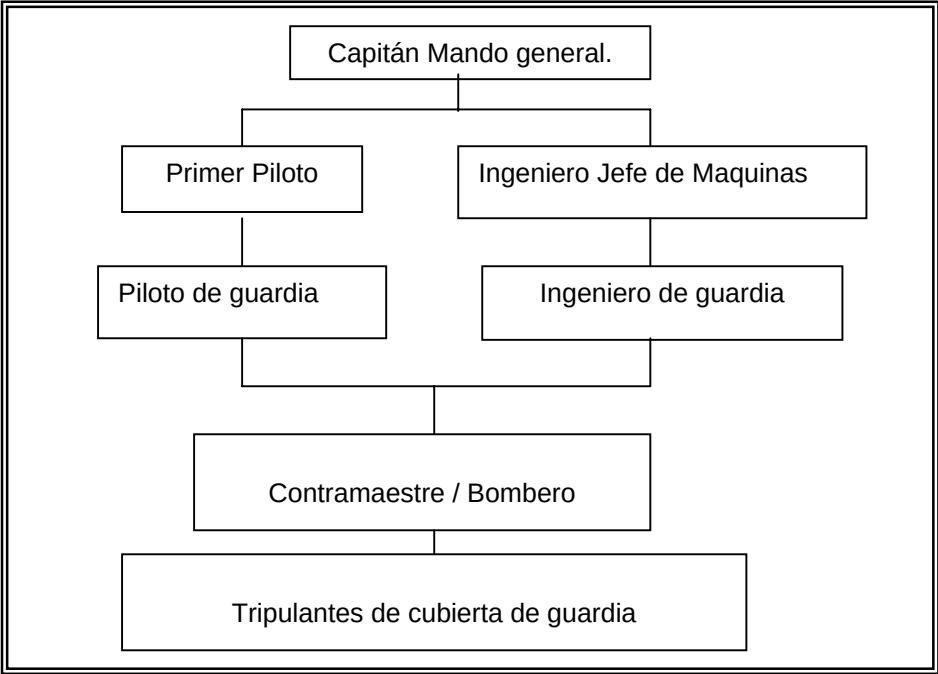
La partida del grupo de respuesta, designada por el Capitán, implantará los procedimientos de mitigación, recuperación y limpieza inmediatamente. La partida debe tener todo el entrenamiento necesario en el uso de cualquier equipo absorbentes de petróleo que la nave tenga abordó. Cada miembro de la partida deberá tener instrucciones sobre cuales son sus deberes en una situación de derrame, en la *figura 41* se muestra el organigrama de especialidades abordó.

Organigrama de especialidades abordó. *Figura 41.*



En el caso de un derrame de hidrocarburos, se muestra en la *figura 42*, la línea de mando en la partida de emergencia en el caso de contaminación por hidrocarburos.

Partida de emergencia en el caso de contaminación por hidrocarburos. *Figura 42.*



4.4.2 Procedimientos en caso de derrame de hidrocarburos.

Se entrega una serie de ejemplos de procedimientos seguidos abordo, ante diferentes situaciones que impliquen un peligro de derrame de hidrocarburos.

En la *figura 43*, se da un ejemplo del procedimiento de derrame por rebalse desde el estanque de carga o combustible y filtraciones en el sistema de cañerías / trasvasije.

Rebalse desde el estanque de carga o combustible y filtraciones en el sistema de cañerías / trasvasije. *Figura 43.*

<i>Evaluar y / o llevar a cabo las siguientes alternativas:</i>	
Acción	Responsable
Detener inmediatamente el trasvasije	Primer Piloto / Ingeniero Jefe / Ingeniero a cargo
Informar la descarga	Capitán
Contener el derrame	Según plan de contingencia para derrames
Evaluar la causa	Primer Piloto / Ingeniero Jefe
Acción correctiva	Primer Piloto / Ingeniero Jefe
Limpieza a bordo	Primer Piloto / Ingeniero Jefe
Avisar a la terminal / barcaza para la descarga	Ingeniero a cargo / Piloto de guardia
Drenar el petróleo hacia un estanque vacío o semi - lleno	Ingeniero Jefe
Obtener permiso parare anudar las operaciones	Capitán

En la *figura 44*, se da un ejemplo del procedimiento de derrame por Fallas y/o filtraciones del casco.

Fallas y ó filtraciones del casco. Figura 44.

Llevar a cabo los procedimientos generales:	
Acción	Responsable
Detener o reducir el flujo	Oficial de cubierta
Tomar las acciones de seguridad apropiadas	Oficial de cubierta
Contener el derrame	Según plan de contingencia de derrame
Informar la descarga o amenaza de esta	Oficial de cubierta
Evaluar la causa	Primer piloto
Acción correctiva	Primer piloto
Limpieza a bordo	Primer piloto / Jefe de Maquina
Identificar el estanque con filtraciones (considerar buzo si es necesario)	Capitán / Primer Piloto
Si no se puede identificar el estanque con filtraciones, considere reducir el nivel en todos los estanques cercanos y considerar cuidadosamente la estabilidad y esfuerzo del casco.	Capitán
Cuando el estanque con fuga esta identificado, considere trasvasije interno o descarga a Terminal.	Capitán / Primer Piloto

4.4.3 Procedimientos seguidos en caso de accidentes, que podrían generar un peligro de derrame de hidrocarburos.

Se entrega una serie de procedimientos seguidos, en caso de accidentes que podrían generar un peligro de derrame de hidrocarburos.

En la *figura 45*, se muestra las siguientes acciones que se deberán seguir, en el orden que se presentan, que establecen las prioridades de las situaciones que deben considerar ante las emergencias.

Condiciones prioritarias que se deberán seguir en todos los accidentes. Figura 45.

Acción	Responsable
Seguridad del personal a bordo	Capitán
Prevención de incendio y explosión	Capitán
Estabilización de la situación	Capitán
Potencial de contaminación	Capitán
Informar el incidente	Capitán
Considerar el aislamiento de los estanques dañados	Primer Piloto
Considerara alteraciones del rumbo (si es posible)	Capitán
Considerar todas las fuentes potenciales de ignición	Primer Piloto
Considerar tomas de aire no esenciales	Ingeniero en Jefe
Efectuar una inspección detallada que incluya una inspección visual, de todos los estanques de carga y combustible, sondados con precaución y tener especial consideración por perdida potencial de flotabilidad; inspeccionar compartimientos adyacentes	Primer Piloto / Ingeniero Jefe
Entregar a la empresa administradora del buque , armador u otra organización competente los datos de esfuerzo / estabilidad	Capitán / Primer Piloto

En la *figura 46*, se muestra las acciones que se deberán seguir en caso de varamiento, en donde se da una serie de procedimientos, tomando en cuenta los factores mas importantes a ser considerados, en cuanto a la seguridad de la tripulación y del buque v/s evitar el derrame de hidrocarburos.

Acciones que se deberán seguir en caso de varamiento. *Figura 46.*

Acción	Responsable
Ventajas v/s riesgos al realizar intentos inmediatos para reflotar	Capitán
Efectos potenciales de una remoción involuntaria desde el lugar del varamiento	Capitán
Efectos potenciales de las condiciones del mar (pronostico)	Capitán
Efectos potenciales de una contaminación mayor	Capitán
Condiciones del buque, torsión / esfuerzo	Capitán
Rango de la marea	Capitán
Considerar la alteración del rumbo (si es posible)	Capitán
Fluctuaciones en la corriente	Capitán
Tiempo atmosférico y pronostico	Capitán
Posibilidad de una deriva hacia una ubicación peligrosa	Capitán
Características del fondo	Capitán
Integridad estructural y estabilidad por daños, resistencia	Capitán

En la *figura 47*, se muestra las acciones que se deberán seguir en caso que la nave ya esta varada.

Acciones que se deberán seguir en caso que la nave ya esta varada. *Figura 47.*

Acción	Responsable
Sondar fondo alrededor de la nave	Primer Piloto
Trasvasije de carga internamente, considerando los factores de esfuerzo y estabilidad	Primer Piloto
Alistarse para trasvasije de carga o remolque	Primer Piloto
Retiro de la nave por sus propios medios; considerar la estabilidad del buque después de su remoción; dificultades de maniobra, posibilidad de mayor daño al casco o maquinaria y los pronósticos de tiempo y mareas	Capitán / Primer Piloto
Estabilizar el buque mientras llega la asistencia; considerar los factores de esfuerzo y estabilidad para fondear anclas; transferir lastre de estanques vacíos; reducir el esfuerzo mediante el trasvasije de carga.	Capitán / Primer Piloto

En la *figura 48*, se muestra las acciones posibles que se deberán seguir en caso de tocar fondo. Para poder identificar esta situación, los síntomas generalmente involucran un estremecimiento o vibraciones inusuales y/o movimientos inexplicables o cambios en la las rpm.

Acciones posibles que se deberán seguir en caso de tocar fondo. *Figura 48.*

Acción	Responsable
Ver acciones para varamiento	Capitán / Ingeniero Jefe
Parar la maquina inmediatamente –considerara la situación en la navegación – observar resultados	Capitán
Chequear explicaciones con el practico o recursos de tierra	Capitán
Chequear ayudas a la navegación t equipos, cartas; rechequear posición.	Capitán
Chequear por contaminación	Primer Piloto
Obtener permiso para reanudar operaciones	Capitán

En la *figura 49*, se muestra las acciones posibles que se deberán seguir en caso de colisión (los deberes de la dotación esta contenidos en el esquema). La preocupación fundamental después de una colisión, es que se tomen los pasos para salvar a la tripulación y a la nave.

Acciones posibles que se deberán seguir en caso de colisión. *Figura 49.*

Acción	Responsable
Notificación / alerta	Capitán
Determinar si los estanques están dañados sobre o bajo la línea de flotación y si se ha derramado petróleo por una de las 2 naves.	Primer Piloto
Evaluar las consecuencias de separa las naves debido al peligro de inflamación, ignición; reducir flotabilidad / hundimiento, tener cuidado que la acción puede causar un derrame mayor; evaluar el peligro potencial a la maniobrabilidad después de la separación.	Capitán
Considerar la ubicación de la nave en sentido opuesto al movimiento de la mancha de petróleo; el cierre de tomas de aire no esenciales; el aislamiento de estanques dañados y alistarse para remolque o alije	Ingeniero Jefe / Capitán
Informes de seguimientos	Capitán

En la *figura 50*, se muestra las acciones posibles que se deberán seguir en caso de incendio y explosión. La precaución fundamental después de un incendio o explosión es que se tomen los pasos para salvar a la tripulación y la nave. Existen responsabilidades consistentes con salvar a la tripulación, a la nave y prevenir la contaminación.

Acciones posibles que se deberán seguir en caso de incendio y explosión.
Figura 50.

Acción	Responsable
Combatir el incendio	Ingeniero Jefe
Notificación / alerta	Capitán
Ubicar la nave en el sentido opuesto al movimiento de la mancha de petróleo	Capitán
Cerrarlas tomas de aire no esenciales	Ingeniero Jefe
Aislamiento de estanques dañados	Primer Piloto
Evaluación de daños	Capitán / Ingeniero Jefe
Reparación de daños	Primer Piloto / Ingeniero Jefe
Limpieza a bordo	Primer Piloto / Ingeniero Jefe
Efectuar prevención aplicable a filtraciones en casco y cañerías	Primer Piloto
Alistarse para remolque o trasvasije de carga	Primer Piloto

En la *figura 51*, se muestra las acciones posibles que se deberán seguir en caso de fallas en el casco. La preocupación fundamental en el caso de fallas en el casco es que se tomen los pasos para salvar a la tripulación y la nave.

Acciones posibles que se deberán seguir en caso de fallas en el casco. *Figura 51.*

Acción	Responsable
Notificación / alerta	Capitán
Determinar si la falla amenaza la estabilidad y/o seguridad del buque; si se puede precisar la ubicación de la falla; si la velocidad o rumbo de la nave podría ser un factor principal; si sea derramado	Capitán
Evaluar la reducción de velocidad y/o alteración del rumbo; trasvasije interno de carga o combustibles; probabilidad deque la falla se extienda hacia compartimientos adyacentes ; las reparaciones inmediatas mas efectivas o medias preventivas para evitar mayores daños	Capitán
Considerar las medidas descritas en fallas del casco / filtraciones del casco	Capitán
Ubicación de una instalación apropiada para reparaciones mas cercana	Capitán

En la *figura 52*, se muestra las acciones posibles que se deberán seguir en caso de escora excesiva. La preocupación fundamental en el evento de una escora excesiva es que se tomen los pasos para salvarla tripulación y a la nave.

Acciones posibles que se deberán seguir en caso de escora excesiva. *Figura 52.*

Acción	Responsable
Notificación / alerta	Capitán
Determinar si la condición fue causada por GM (inadecuada estabilidad)	Primer Piloto
Determinar si la condición fue causada por perdida de carga / combustibles	Primer Piloto / Ingeniero Jefe

En la *figura 53*, se muestra las acciones posibles que se deberán seguir en caso de zozobra. La preocupación fundamental en el evento de zozobrar es que se tomen los pasos para salvar a la tripulación y en lo posible a la nave.

Acciones posibles que se deberán seguir en caso de zozobra. *Figura 53.*

Acción	Responsable
Notificación / alerta	Capitán
Dar a viso a la tripulación para prepararse para abandonar la nave	Capitán
Activar la alarma y transmitir los avisos de urgencia y socorro	Capitán
Cerrar todas las válvulas , lampas de ventilación y toda otra ventilación para evitar la contaminación por el petroleo	Primer Piloto / Jefe de Maquina
Cerrar todas las comunicaciones de ñlos estanques con la atmosfera	Primer Piloto
Procurar la estanqueidad de la nave	Primer Piloto
Disponer de los elementos para combatir el derrame	Primer Piloto
Calcular el abatimiento hacia tierra, en caso de encontrarse cerca de la costa	Oficial de guardia
Tomar la decisión de requerir salvataje	Capitán
Abandonar la nave de no ser posible controlar la situación	Capitán

4.6 Libro de Registro de Hidrocarburos.

El libro de Registro de Hidrocarburos es un elemento muy importante para el control de los hidrocarburos abordo, ya que en el se establecen rigurosamente todos los movimientos de los combustibles, el cual es un documento que en el momento de requerir una inspección será clave para determinar si el buque ha contaminado o no. Esto es controlado por el Ingeniero de Guardia, y es periódicamente revisado por el Jefe de Máquinas. A continuación un ejemplo:

Si se está achicando sentina por el separador, deberán quedar establecido las sondas iniciales y finales, hora de inicio y término, fecha en que se realizó. Uno de los datos más importante son la latitud y longitud en que se comenzó a achicar sentina y su término. Estos datos deben de ser lo más exactos posible, ya que en el caso de alguna investigación son claves para el inspector.

Otro de los manejos de importancia a bordo, es la quema del aceite separado por el incinerador, ya que éste posee un caudal de quema por hora, el cual debe coincidir desde la hora de puesta en servicio hasta su término. En general se debe recordar que ***se justifican todos los movimientos de combustibles abordo teniendo muy presente las sondas iniciales y finales, ya que si éstas no coinciden, representa una supuesta pérdida de combustible, por ende una contaminación al océano.***

Conclusiones.

Teniendo presente que el medio ambiente no reconoce fronteras, no obedece límites políticos, y su destrucción afecta a toda la humanidad, que su deterioro a pasos agigantados es una realidad innegable; se debería ser más estricto, a la hora de controlar y de exigir responsabilidades por los daños al medio ambiente.

Con la entrada en vigor del MARPOL 73/78 en 1983 quedó de relieve que los países estaban dispuestos a implantar las medidas necesarias para proteger el medio marino.

MARPOL está reconocido hoy en día como uno de los instrumentos internacionales más importantes para prevenir la contaminación marítima, y las cifras muestran que la contaminación del mar ha disminuido a lo largo de los años.

Según el grupo de defensa ambiental Greenpeace, el 77% de todas las sustancias contaminantes en el medio marino proceden de actividades humanas en tierra, mientras que el transporte marítimo y el vertimiento de desechos en el mar contribuyen el resto (Informe de Greenpeace sobre los Océanos).

La introducción de contaminantes en los océanos del mundo sigue siendo motivo de preocupación y para evitarlo es vital implantar los Convenios de la OMI.

La OMI se está centrando en ello a través de sus Comités y Subcomités y mediante su Programa Integrado de Cooperación Técnica cuyo objetivo es ayudar a los países en vías de desarrollo a dotarse de la infraestructura y el personal cualificado que les permita ratificar e implantar las reglas internacionales.

Si bien en el cambio de la marina mercante existe preocupación por el medio ambiente, y además tiene serie de reglas para combatir la contaminación, lo más importante es que cada individuo tome una real conciencia de ello y cumpla las normas establecidas, tanto desde los tripulantes hasta los armadores. Si estos últimos no entregan los recursos necesarios, o si las instalaciones portuarias no son las adecuadas o, por último, los tripulantes de los buques no cumplen con las reglas establecidas, cualquier norma impuesta es insuficiente.

Al finalizar la tesis, pienso que la contaminación va de la mano de la educación, el criterio y los valores que posee cada persona, ya que para poder coexistir sin dañar el medio ambiente, o que este daño sea lo mas pequeño posible, debemos tener presente que cualquier acción tendrá un efecto directo o indirecto sobre nuestro ecosistema, el cual no tenemos derecho a afectar.

El futuro del cuidado de nuestro planeta, estará delegada a las nuevas generaciones, por lo cual, nosotros como personas responsables y consientes de las implicancias de los daños que se pueden provocar al medio ambiente, debemos generar desde muy temprano una educación y conciencia ambientalista, tomando como ejemplo, la cruda realidad de la exterminación de especies, tanto vegetales como animales efectuados por el hombre durante su historia, la contaminación del aire, la destrucción de la capa de ozono, el cambio climático, la contaminación de los océanos, etc. para así por construir un mundo mejor.

Bibliografía.

1. MARPOL 73/78
Artículos, protocolos, anexos e interpretaciones unificadas del convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978.
Edición refundida, 2002.
2. Diccionario Marítimo, Julián Anich
Editorial Juventud
Barcelona, 1956.
Cuarta Edición 1991.
3. Diccionario, Oxford avanzado, Para Estudiantes De Inglés.
Oxford University.
Edición 1996.
4. Manual de equipo, Sasakura Oily Water Separador.
5. Manual de equipo, Sasakura – Hamworthy Sewage Treatment Plant.
6. Manual de equipo, Planta de Aguas Servidas TAIKO SHIP-CLEAN.
7. Manual de equipo, Incinerador de Sludge, MIURACO.
8. TESIS “Análisis de la Contaminación Atmosférica Provocada por Buques en base a las Exigencias del Anexo VI del MARPOL 73/78”. Martin Roberto Wunderlich Contreras. 2005

Direcciones Web Consultadas.

- ✓ <http://www.imo.org/index.htm>
Organización Marítima Internacional.
- ✓ <http://www.directemar.cl>
Dirección General del Territorio Marítimo, de la Armada de Chile.
- ✓ <http://www.oceana.org>
Organización de Protección del Mundo Marino.
- ✓ http://www.cetmar.org/documentacion/mareas_negras.htm
Informe Sobre Mareas Negras.
- ✓ http://www.citesciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/sitesactu/question_actu.php?langue=es&id_article=583
Informe Sobre Mareas Negras.
- ✓ <http://www.mashistoria.com/revista/actualidad-03/actualidad-0303.htm>
Informe Sobre Mareas Negras.
- ✓ <http://www.consumer.es>
Página de ciencia y tecnológica.
- ✓ <http://www.limpieza de hidrocarburos.htm>
Limpieza de hidrocarburos.
- ✓ http://www.calentamiento_global.htm
Calentamiento global.
- ✓ <http://www.cambioclima.html>
Efecto invernadero.
- ✓ <http://www.greenpeace.org/international/>
Organización del cuidado del medio ambiente.
- ✓ <http://www.Contaminación Atmosférica.htm>
Contaminación atmosférica.
- ✓ <http://www.basuras.htm>
Contaminación por basuras de los buques.
- ✓ <http://www.tecnun.es>
Contaminación atmosférica.

ANEXO I

***“INFORME PRELIMINAR DEL
IMPACTO DEL
VERTIDO DEL PETROLERO
(PRESTIGE) EN
TORTUGAS Y MAMÍFEROS
MARINOS DE LAS
AGUAS GALLEGAS”***

***INFORME PRELIMINAR DEL IMPACTO DEL
VERTIDO DEL PETROLERO “PRESTIGE” EN
TORTUGAS Y MAMÍFEROS MARINOS DE LAS
AGUAS GALLEGAS***



INFORME REALIZADO CONJUNTAMENTE POR:



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CETÁCEOS



***COORDINADORA PARA O ESTUDIO
DOS MAMÍFEROS MARIÑOS***

Vigo, Diciembre de 2002

**INFORME PRELIMINAR DEL IMPACTO DEL VERTIDO DEL
PETROLERO “PRESTIGE” EN TORTUGAS Y MAMÍFEROS
MARINOS DE LAS AGUAS GALLEGAS**

Josep M^a Alonso Farré y Alfredo López Fernández

(jmalonso@iim.csic.es y cemma@arrakis.es)

Teléfonos de contacto: 606 94 96 09 y 686 98 90 08

Coordinadora para o Estudio dos Mamíferos Mariños, CEMMA.

Apdo. Correos 15, Gondomar, 36380 (Pontevedra)



Sociedad Española de Cetáceos, SEC

**Grupos de Trabajo de Centros de Recuperación, Varamientos y Focas
Nalón 16, Hoyo del Manzanares, 28240, (Madrid)**



Impreso en Vigo, Diciembre 2002



INDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. EFECTOS DEL PETRÓLEO EN LAS TORTUGAS Y MAMÍFEROS MARINOS

2.1. Efectos por vía inhalatoria

2.2. Efectos por vía gastrointestinal

2.3. Efectos por el contacto con la piel y mucosas

3. EL VERTIDO DEL PETROLERO “PRESTIGE” FRENTE A LA COSTA GALLEGA

4. ESPECIES AFECTADAS

4.1. Cetáceos

4.2. Tortugas

4.3. Focas

4.4. Nutrias

5. PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ATENCIÓN CLÍNICA A LOS INDIVIDUOS AFECTADOS.

5.1. Centralización de avisos y coordinación de voluntarios

5.2. Transporte

5.3. Ingreso, lavado y tratamientos.

5.3.1. Instalaciones

5.3.2. Ingreso y exploración clínica inicial

5.3.3. Lavado

5.3.4. Procedimientos clínicos posteriores

5.3.5. Liberación

6. CONSIDERACIONES FINALES

7. OFRECIMIENTOS DE COLABORACIÓN ESPECÍFICOS

8. AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA

1. INTRODUCCIÓN

La Coordinadora para el Estudio de los mamíferos Marinos, CEMMA, es la entidad que desde 1990 gestiona la Red de Varamientos en Galicia. En 1999 fue una de las entidades impulsoras de la creación de la Sociedad Española de Cetáceos, SEC. La estrecha relación que mantiene actualmente con la SEC y concretamente con sus Grupos de Trabajo de Centros de Recuperación, Varamientos y Focas, todos ellos coordinados por miembros de CEMMA, hacen que a la hora de afrontar una catástrofe para la fauna marina como la que ha provocado el “Prestige”, la evaluación de situación y planificación de las actuaciones se realice de forma conjunta. Fruto de la primera evaluación de la situación acontecida durante el primer mes desde el hundimiento del petrolero se escribe el presente documento, que será actualizado convenientemente y al que se unirán los datos de los diferentes grupos de trabajo del norte peninsular.

La errónea idea de la ilimitada capacidad regenerativa de mares y océanos, parece que se diluye lentamente, y por suerte, la opinión pública empieza a tomar conciencia de la necesidad de dejar de realizar vertidos en el mar y en los ríos, de dismantelar plataformas petrolíferas en malas condiciones, de impedir el almacenamiento de residuos radioactivos en las fosas abisales, y en general, de extremar las precauciones en cualquier actividad potencialmente contaminante realizada en el mar.

Para ello, ha sido determinante el importante impacto mediático de infinitas denuncias de organizaciones ecologistas, numerosos informes científicos, espectaculares acciones en contra de vertidos, y por desgracia, abundantes episodios de naufragios de petroleros, mareas negras, y mortalidades masivas de animales marinos por los efectos de éstas.

Las dificultades del estudio del impacto real de la contaminación en el mar han ido superándose en los últimos años, y los datos que se desprenden de los últimos estudios científicos en este campo son estremecedores: la contaminación aparece como una de las causas principales de la regresión de la práctica totalidad de las especies catalogadas en peligro de extinción en todo el mundo.

Resulta fácil entender que los contaminantes macroscópicos como el petróleo y los plásticos son físicamente perjudiciales para animales como focas, tortugas (se comen plásticos al confundirlos con medusas, su dieta favorita), aves buceadoras, o animales que viven en costas rocosas afectadas por mareas negras. Pero las mareas negras son quizás más destructivas en zonas arenosas, así como en marismas y humedales (normalmente cerca del mar), ya que los residuos se acumulan en los sedimentos, y sus efectos se convierten en “crónicos”, es decir, que ejercerán su nefasto efecto a lo largo de mucho tiempo.

De todas formas, los accidentes de petroleros, no son la única de las causas de las mareas negras. Cada año van a parar al mar más de 3.000.000 de toneladas de hidrocarburos, mayoritariamente petróleo (650.000 toneladas en el Mediterráneo, el mar más contaminado por hidrocarburos del mundo), pero los accidentes de petroleros “tan

sólo” aportan el 12 % de esta cantidad. La mayoría proviene de los vertidos en los ríos que hacen llegar el petróleo al mar, y de las limpiezas de sentinas de los barcos en alta mar (32% y 22 % respectivamente). El resto de los aportes de hidrocarburos se producen por las plataformas petrolíferas, las refinerías costeras, a través del aire, los desechos industriales y también, por filtraciones naturales desde las bolsas de petróleo naturales del subsuelo submarino (8 %). *Ver tabla.*



Pero es que además, los productos de los hidrocarburos disueltos en el agua, así como otros contaminantes no perceptibles, tienen efectos muy graves en la fisiología de los organismos marinos. Estos contaminantes químicos, son absorbidos por los organismos más sencillos del ecosistema marino, y de esta manera entran en la cadena alimenticia del mar. Algunas de estas sustancias se van acumulando a lo largo de todos los escalones de la cadena, hasta llegar a los depredadores situados en los eslabones más elevados de la cadena trófica marina, es decir: mamíferos marinos, aves, tiburones y tortugas marinas.

Los efectos más graves de los contaminantes en estos animales se producen en los sistemas inmunitario y reproductor, por lo que las poblaciones afectadas reducen drásticamente sus efectivos. Esta reducción se produce por un mayor índice de mortalidad (los animales, debido a la inmunosupresión, son más vulnerables a las enfermedades) y por los problemas reproductivos (menores tasas de fertilidad, menor número de nacimientos, mayor número de abortos...).

2. EFECTOS DEL PETRÓLEO EN LAS TORTUGAS Y MAMÍFEROS MARINOS

Los efectos que puede producir el petróleo sobre los mamíferos y tortugas marinas varían en función de diversos factores. Es de destacar que, a parte de los diferentes hidrocarburos, el petróleo contiene otros componentes como sulfuro, oxígeno, nitrógeno y diversos metales pesados, y que todos ellos, de una manera o otra,

afectan negativamente a los animales. Por tanto el grado y tipo de toxicidad dependen, en gran medida, de los componentes del crudo y de su grado de refinamiento.

De todas formas, la gravedad de las alteraciones que el petróleo ocasiona en estas especies marinas será función, fundamentalmente, del mayor o menor grado de contacto del crudo con los animales. En general, los individuos que se encuentren involucrados en un episodio de marea negra se ven afectados por vía inhalatoria, por ingestión y por contacto directo con la piel y mucosas.

2.1. Efectos por vía inhalatoria

Los efectos de los hidrocarburos aromáticos contenidos en el petróleo como los xilenos, bencenos y toluenos, son muy diversos. A nivel local se produce una irritación del epitelio respiratorio, y una inhalación severa de las emanaciones tóxicas puede producir graves problemas como inflamación, congestión y hemorragias pulmonares. Si estos compuestos volátiles llegan a ser absorbidos, (lo que se facilita por la presencia de lesiones del parénquima provocadas por parásitos pulmonares, con altísima prevalencia en los mamíferos marinos de las aguas españolas), se producirán lesiones sistémicas a nivel hepático, renal y del sistema nervioso central.

2.2. Efectos por vía gastrointestinal

La entrada por vía oral de petróleo produce una irritación y posterior destrucción de los epitelios esofágicos, gástrico e intestinal. Estos efectos producen a su vez una alteración en la motilidad gastrointestinal y los consecuentes síndromes de maldigestión y malabsorción. Otras consecuencias más graves son gastroenteritis y gastroenteritis hemorrágicas. Las úlceras gástricas producidas por nematodos (tipo *anisakis* sp.), muy frecuentes en los mamíferos marinos varados en la costa atlántica española, facilitan que las lesiones descritas incrementen su gravedad.

Los daños sistémicos más importantes, producidos por la absorción gastrointestinal de los componentes del petróleo, se centran a nivel hepático, renal y del sistema nervioso central. En casos de mareas negras en las que se han visto afectadas focas, una de las primeras sintomatologías en aparecer era la nerviosa (depresión/excitación, natación errática, desequilibrios locomotores...), como resultado de la afectación del sistema nervioso central.

Finalmente, los metabolitos de la degradación del petróleo que no pueden ser expulsados por la orina o las heces, se acumulan en diferentes partes del organismo de los animales, produciendo efectos a largo plazo. Se hacen necesarias investigaciones en mayor profundidad sobre los efectos crónicos de la acumulación de estas sustancias en el organismo de las tortugas y mamíferos marinos, pero parecen tener influencia negativa sobre los sistemas inmunitario y reproductor.

2.3. Efectos por el contacto con la piel y mucosas

La impregnación externa con petróleo produce una acción lesiva directa sobre la piel de los delfines, las focas y las tortugas marinas, pero es especialmente negativo en las focas, ya que el mecanismo termorregulador de estos animales marinos no depende

únicamente de la capa de grasa sino, en una parte importante, de la presencia del pelo. Los efectos de esta alteración de los mecanismos de regulación térmica, pueden producirse en dos sentidos opuestos: puede instaurarse una hipotermia (por la imposibilidad de retener el calor corporal) o bien, una hipertermia (por la imposibilidad de eliminarlo).

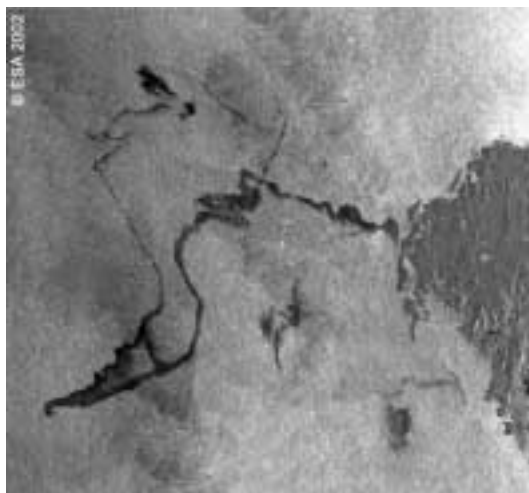
Los efectos del contacto directo del petróleo con las mucosas producirán una irritación de éstas, siendo las afectaciones más graves a nivel ocular. Las lesiones oculares van desde el simple lagrimeo hasta las graves úlceras corneales, pasando por los diferentes grados y tipos de conjuntivitis y el blefaroespasma.

3. EL VERTIDO DEL PETROLERO “PRESTIGE” FRENTE A LA COSTA GALLEGA

En Galicia se han registrado en los últimos años 19 especies de cetáceos, 5 de tortugas marinas y 5 de focas. De todas estas especies algunas son comunes y residentes, y otras tienen una presencia temporal marcadamente estacional y, en ocasiones, espacial. La Red de Varamientos de la costa gallega (CEMMA), registra cada año una media de 200 varamientos de cetáceos, que supone el mayor número de las costas españolas y uno de los más altos a nivel europeo. Estas cifras, conjuntamente con los estudios de poblaciones, proporcionan datos que definen a las aguas gallegas como una de las más importantes zonas europeas en cuanto a riqueza y proporción numérica de sus poblaciones de cetáceos.

El vertido accidental del buque “Prestige” ha ocasionado una marea negra de grandes dimensiones, que ha afectado en mayor o menor medida a la práctica totalidad de la extensión de la costa gallega, y está afectando en estos momentos a toda la cornisa cantábrica. Además, queda por conocer el alcance de las consecuencias que puedan producir en un corto y medio plazo las manchas que aún están en el mar, así como la cantidad de hidrocarburo presente aún en los restos del buque hundido a 3.500 metros de profundidad y a unas 200 millas de distancia de la costa atlántica de Galicia.

Según la versión oficial, el petrolero con bandera de conveniencia de Bahamas “Prestige” y con unas 77.000 toneladas de petróleo en sus bodegas, tenía como destino Singapur, aunque con escala en el puerto de Gibraltar. La tarde del 13 de noviembre, se abrió una vía de agua en el casco y el buque empezó a perder parte de la carga, catalogada como Fuel-oil M-100. El capitán del barco envió el SOS y dio la orden de evacuar a toda la tripulación excepto al jefe de máquinas y a su primer oficial. Durante el intento de rescate del petrolero, el capitán se niega a ser remolcado mar adentro donde las condiciones meteorológicas son muy malas. Con el barco totalmente a la deriva, el buque llega hasta tres millas de Muxía, en



plena Costa da Morte. Una vez empieza a ser remolcado se puede alejar unas 200 millas de la costa frente a las Rias Baixas, donde el barco termina por partirse en dos y hundirse dejando tras de sí una larga y extensa cola de petróleo.

A partir de ese momento, el petróleo empieza a llegar a las costas gallegas, castigando duramente en una primera instancia a la Costa da Morte, y expandiendo rápidamente su afectación a toda la costa atlántica gallega. Progresivamente, manchas de petróleo empiezan a llegar a la costa cantábrica gallega, asturiana, cántabra y finalmente a Euskadi.

De todas formas, para los que vivimos y trabajamos en la costa gallega no resulta nada nuevo. La idea oficialista que quiere transmitirse es que la costa de Galicia antes de esta marea negra era un vergel de riqueza y un espejo de limpieza... Muchas aves, tortugas y focas nos visitan cada invierno con su cuerpo manchado de petróleo, y en estos días, bajo el petróleo fresco del “Prestige” descansa el chapapote fósil de cientos de vertidos incontrolados que los miles de buques que pasan por delante de Fisterra anualmente han producido al lavar sus sentinas en plena ruta.

4. ESPECIES AFECTADAS:

En Galicia, desde el Miño hasta el Eo, hay 1.195 km de frontera con el mar. La producción primaria de las aguas gallegas es bastante elevada, lo que se debe a que en ellas ocurre un afloramiento anual entre abril y octubre, especialmente pujante en la costa oeste. Además de ese sistema circulatorio costero, hay otro particularmente fértil que es el de las rías.

Desde el punto de vista faunístico, las aguas gallegas son una encrucijada de faunas marinas boreales y subtropicales, algunas de cuyas especies tienen en nuestras costas su límite septentrional o meridional de distribución. Por esta razón, es posible encontrar especies del Atlántico Norte Boreal, y otras que son frecuentes en ambientes más benignos y sureños como son las costas del noroeste de África y el mar Mediterráneo. En casi todos los grupos marinos abundan ejemplos de esta confluencia de faunas. El resultado es una alta biodiversidad, que hace de nuestras costas un lugar privilegiado desde el punto de vista faunístico y bioecológico.

Considerando solamente los reptiles marinos, esporádicamente se encuentran en nuestras costas cinco especies de tortugas, entre las que destaca por su mayor abundancia la tortuga boba (*Caretta caretta*). Por otra parte, en el mar de Galicia se han observado 24 especies de mamíferos marinos: 5 focas y 19 cetáceos, de los cuales 6 son ballenas, 2 cachalotes, 2 zífidos y 9 delfínidos. Entre estos últimos, los que precisan mayor atención son el delfín mular (*Tursiops truncatus*) y la marsopa (*Phocoena phocoena*), que al igual que la tortuga boba, están catalogadas como especies prioritarias en el anexo II de la Directiva europea HABITAT. En lo referente a los pequeños cetáceos, las costas de Galicia representan una de las áreas de Atlántico Norte más interesantes ya que en ellas se producen anualmente cerca de 200 varamientos de estos animales, la tasa más elevada de la península Ibérica y una de las más altas de Europa.

4.1 Cetáceos

Dada la característica de la piel de los cetáceos, parece difícil que un vertido de hidrocarburo afecte de manera directa sobre los ejemplares. Según indican algunos autores, los animales son capaces de detectar una capa de vertido que flote en la superficie pudiendo retirarse o modificar su trayectoria pudiendo eludir así una marea negra de consideración.

En las aguas británicas se han comprobado patologías epidérmicas asociadas a la presencia de hidrocarburos en la superficie del agua procedentes de las plataformas petrolíferas. No es descartable por tanto, que la permanencia de hidrocarburo en el agua pueda afectar a la piel de los cetáceos en Galicia.

Así mismo, la característica alimentación indiscriminada de las ballenas puede llevar a la ingestión accidental de crudo en superficie. En la costa gallega se ha descrito la ingestión masiva de plásticos que han podido producir obstrucción digestiva. El paso de ballenas en dirección hacia el sur frente a las costas de Galicia es frecuente entre los paralelos 10° y 11°, zona que fue ocupada desde el día 18 por grandes manchas de hidrocarburo. El paso de ballenas, principalmente rorcuales, parece ocurrir con mayor frecuencia entre mayo y septiembre, meses en los que eran capturadas hasta el año 1985. Parece ser que el paso en los meses de otoño e invierno es mucho menos frecuente que en primavera y verano y, desde el cese de la actividad ballenera, se ha comprobado un mayor allegamiento del desplazamiento de ballenas a la costa.

La presencia de delfines de diversas especies es una constante en toda el área costera gallega desde el litoral a mar abierto. Las especies que puedan correr más riesgo son la marsopa y el delfín mular dado su carácter costero. Se ha constatado el paso de manadas durante los primeros días de vertido por áreas muy afectadas como puedan ser Baldaio y Muros. Es de destacar que la amplia afectación alrededor del Parque Nacional de las Islas Atlánticas, y especialmente alrededores de la Isla de Ons, supone un grave riesgo para la población gallega de marsopas, que tiene la mayor parte de sus escasos efectivos en esta área.

Algunos de los varamientos reportados en los primeros días después del vertido, correspondieron a restos de ejemplares varados el invierno pasado que ya habían sido examinados. El fuerte temporal durante la semana del hundimiento del *Prestige* produjo abundantes avisos por varamientos de mamíferos marinos sin relación alguna con el vertido y sin superar el número considerado como normal para la época. Es de destacar que la presencia masiva de voluntarios que trabajan en la limpieza de playas y en los rastreos en busca de aves ha producido la detección de todos los ejemplares varados recientemente y también los que ya habían sido registrados y que no habían sido retirados por los concellos encargados. A modo de ejemplo ilustrativo, cabe destacar los 23 avisos que se han recibido por el mismo delfín mular de la playa de Sabón, que no puede ser retirado por encontrarse en una zona de muy difícil acceso.

De los varamientos observados desde el hundimiento del *Prestige*, se han contabilizado 4 ejemplares frescos, muertos entre los tres y cinco días anteriores al varamiento aproximadamente. Uno de ellos presentaba un cabo en la cola y durante la necropsia se observaron otros indicios de captura accidental. Otros dos animales fueron encontrados con abundante petróleo pegado a su cuerpo, que obstruía el orificio



respiratorio, boca y mucosas genitales. En uno de los casos, las lesiones observadas en la necropsia parecen indicar a la interacción del delfín con el petróleo como la causa directa de muerte.

En los últimos días se apreció un incremento en el número de ejemplares de delfín mular en la manada de la Ría de Vigo, contabilizándose hasta 65, cuando normalmente la cifra no suele superar los 30 ejemplares. Se desconocen las causas de este incremento de efectivos en esta manada, pero se apunta como probable un desplazamiento de ejemplares de áreas afectadas por el vertido en los primeros días, situadas más al norte.

Las manchas aisladas de tamaño medio o pequeño podrían entrar en contacto con estas manadas o con ejemplares sueltos pudiéndose producir situaciones de estrés en el seno de los grupos sociales, y de consecuencias especialmente peligrosas para los animales juveniles en los que el contacto con las madres resulta un factor crítico de supervivencia. Es de destacar que 2 de los animales frescos afectados directamente por el petróleo fueron un delfín listado de 96 cm y un delfín común de 130 cm, lo que podría interpretarse como relacionado con esta posibilidad.

Así mismo, debe considerarse que la colocación de barreras anticontaminación y de redes ocupando amplias áreas costeras puede suponer una amenaza para las manadas de delfines mulares que tienen su hábitat habitual dentro de las rías. Aunque aparentemente las barreras protegen las áreas donde esos animales desarrollan la mayor parte de su actividad diaria, la alta movilidad de estos animales puede producir situaciones de confinamiento que pueden ocasionar un alto grado de estrés con enmallamientos, separaciones y pérdidas e incluso varamientos de algunos ejemplares o de toda la manada en masa. En este sentido ya se ha tenido que atender un aviso de una manada compuesta por 15 ejemplares que había quedado atrapada en una zona por una barrera anti-petróleo en la zona de San Xenxo.

Se hace altamente necesario un seguimiento exhaustivo de estos grupos costeros para conocer con exactitud las consecuencias de todas estas circunstancias que se están produciendo en su hábitat como consecuencia del vertido.

En la tabla de la página siguiente se recogen todos los cetáceos varados en la costa gallega durante el mes siguiente al hundimiento del *Prestige*.

Fecha	Especie	Lugar	Concello	Estado
16/11/02	GME	P.Espiñeirido	O Son	4
16/11/02.	TTR	P.Alba	Arteixo.	4
16/11/02	NDE	P.Soesto	Laxe	5
17/11/02	GME	Lariño	Carnota	5
17/11/02	NDE	Lariño	Carnota	5
20/11/02.	TTR	P.Louro	Muros.	4
20/11/02.	NDE	P.Trava	Laxe.	-
20/11/02.	NDE	P.Nemiña	Cee	5
20/11/02.	GGR	P.Dique	P. do Son.	4
22/11/02	TTR	P.S.Fco.	Muros	2
23/11/02	DDE	Pto Touriñán	Muxía	5
23/11/02	NDE	P.Ancoradoiro	Carnota	4
23/11/02	PPH	P.Ancoradoiro	Carnota	4
24/11/02	NDE	P.Rosto	Cee	5
24/11/04	PPH	P.Ponzos	Ferrol	5
25/11/02	BAC	P.Couto	Barreiros	2
28/11/02	PPH	P. Lanzada	O Grove	4
29/11/02	DDE	P.Canido	Vigo	4
1/12/02	SCO	P.Nemiña	Muxía	-
2/12/02	DDE	P. Lanzada	O Grove	4
2/12/02	DDE	Touriñán	Muxía	4
3/12/02	NDE	P.Vilar	Ribeira	5
4/12/02	TTR	Mougás	Oia	3
5/12/02	TTR	Barrañán	Arteixo	2
5/12/02	DDE	Illa de Ons	Bueu	2
7/12/02	DDE	Montalvo	San Xenxo	4
8/12/02	NDE	Illa de Arousa	Vilagarcía	4

GGR- *Grampus griseus* (Calderón gris). NDE- Cetáceo no identificado. OOR- *Orcinus orca* (Orca). PPH- *Phocoena phocoena* (Marsopa). TTR- *Tursiops truncatus* (Delfín mular). DDE- *Delphinus delphis* (Delfín común). BAC- *Balaenoptera acutorostrata* (Rorcual aliblanco). GME- *Globicephala melas* (Calderón común).

4.2. Tortugas

La aparición de tortugas marinas es esporádica en la costa gallega y parece ser que proceden de las áreas de cría americanas. Normalmente aparecen no más de 3-4 ejemplares al año, aunque existen años en los que pueden llegar a aparecer hasta 40 individuos en años con inviernos duros como los acontecidos en los años 1998 y 2001. La época del año en la que aparecen el mayor número de tortugas bobas (*Caretta caretta*) se enmarca entre los meses de octubre y mayo.

Durante este año 2002, la primera tortuga apareció en octubre, y todas las restantes que han aparecido hasta el 12 de diciembre (16) aparecieron durante el temporal de los días del hundimiento del *Prestige*. De todas ellas, 5 tortugas aparecieron con vida, todas ellas afectadas en mayor o menor grado por la impregnación con petróleo. De este modo, 2 de ellas presentaban algunas manchas dispersas y las 3



restantes estaban completamente impregnadas por toda la extensión de piel, caparazón y plastrón. La última de ellas presentaba, así mismo, sintomatología asociada a la ingestión de hidrocarburo, aparte de la constatación de la presencia de éste en las mucosas oral y respiratoria. Una de las tortugas menos afectadas por el petróleo murió a las pocas horas del ingreso por causas totalmente ajenas al petróleo. En la actualidad las 4 restantes se recuperan favorablemente en las instalaciones del Aquarium Galicia en el Grove (Pontevedra).

De las 13 tortugas bobas aparecidas varadas, en más del 50% (7) de ellas se observó interacción con petróleo a diferentes niveles, desde impregnación leve a impregnación como causa de muerte por asfixia.

Las 3 tortugas Laúd (*Dermochelys coriacea*) aparecidas en el período de tiempo descrito estaban en avanzado estado de descomposición y no presentaban ninguna relación con el petróleo.

En la tabla siguiente se recogen todos las tortugas marinas varadas en la costa gallega durante el mes siguiente al hundimiento del *Prestige*.

Fecha	Especie	Lugar	Concello	Condición
16/11/02	CCA	O Grove	O Grove	V
18/11/02	DCO	P.Vilar	Ribeira	4
19/11/02	CCA	C.Vilán	Camariñas	4

21/11/02	CCA	P.Sabón	Arteixo	4
22/11/02	CCA	Lariño	Carnota	V-1
30/11/02	DCO	P.Mar de Fora	Fisterra	4
2/12/02	CCA	P.Rosto	Cee	3
2/12/02	CCA	P. Riazor	A Coruña	5
3/12/02	DCO	Oia	Sta. M ^a Oia	5
4/12/02	CCA	Corrubedo	Ribeira	1
4/12/02	CCA	Fisterra	Fisterra	V
5/12/02	CCA	Bueu	Bueu	V
7/12/02	CCA	Coruña	Coruña	1
7/12/02	CCA	Coruña	Coruña	1
7/12/02	CCA	Coruña	Coruña	1
9/12/02	CCA	Coruña	Coruña	V

CCA- *Caretta caretta* (Tortuga boba). DCO- *Dermochelys coriacea* (Tortuga laúd).

4.3 Focas

En cuanto a las focas, en Galicia la especie más frecuente es la foca gris (*Halichoerus grypus*). Su época de cría en las colonias del norte de Europa es entre septiembre y octubre, permaneciendo con las madres hasta finales de noviembre.

Es por ello que en las costas del norte peninsular comienzan a registrarse ejemplares de foca gris durante la segunda quincena de diciembre, pudiendo aparecer hasta marzo o abril. Habitualmente son ejemplares juveniles de dos o tres meses pero, ocasionalmente, varan o son observados ejemplares mayores. De todas formas, el claro incremento en el número de registros observados durante la segunda mitad de la década de los noventa, y sobre todo en los tres últimos años, ha sido acompañada de un incremento en el periodo de observación (hasta mayo y junio) de los animales en nuestras costas, y de una llegada progresiva de animales adultos, no observados anteriormente.



No se conocen migraciones definidas o regulares, pero la dispersión después de la muda de los juveniles de foca gris es una estrategia natural muy importante en esta

especie. Esta estrategia biológica, combinada con otros factores (meteorología, corrientes o estado de salud de los animales) se perfila como el motivo principal de la llegada de las focas a las costas cantábrica y atlántica de la Península, e incluso hasta el Estrecho de Gibraltar. El trayecto desde los lugares de origen se realiza rápidamente (se han comprobado desplazamientos de entre 50 y 65 Km diarios) y es muy probable que se realice directamente, sin “escalas” intermedias en las costas francesas.

Este largo recorrido provoca que muchos de los ejemplares lleguen a nuestras costas en un estado de debilidad grave, lo que les hace más vulnerables a las adversidades que puedan encontrar, tal y como demuestran las actuaciones de recuperación y las necropsias realizadas por las redes de varamiento actuales. Las lesiones más frecuentes que se encuentran en las focas que llegan a la Península son: (1) Debilidad por malnutrición, deshidratación, hipotermia... que las predispone a sufrir cualquier tipo de enfermedad, (2) Interacción con actividades pesqueras y capturas accidentales en artes de pesca y (3) Agresiones por parte humana debido a la falta de información ante la presencia de esta especie en estas latitudes.

Si la presencia de hidrocarburo en la costa remite durante la segunda mitad del mes de diciembre se reduce la posibilidad de que los ejemplares que aparezcan se vean afectados por el vertido, aunque es probable que puedan impregnarse en áreas costeras rocosas con presencia de petróleo, o bien que la mancha de mar abierto pueda afectarlas en su desplazamiento hacia el noroeste.

4.4 Nutrias

Las nutrias que se pueden observar en algunos ríos de la Península Ibérica, e incluso en aguas marinas cerca de desembocaduras de los ríos del norte o dentro de las rías gallegas, son nutrias de río (*Lutra lutra*). Estos animales son bastante más pequeños que las nutrias marinas, y no llegan a sobrepasar los 10 kg de peso y la longitud media se sitúa entre el metro y el metro y medio.

En aguas marinas gallegas son frecuentes en zonas como Malpica, Razo, Xuño y Traba, lugares en los que se ha comprobado en los días posteriores al vertido la presencia de al menos 4 ejemplares manchados sin que hasta el momento el petróleo los haya afectado tanto como para aparecer varados o muertos. En la Illa de Arousa se ha encontrado otro ejemplar macho adulto muerto por un traumatismo craneal, sin haberse hallado indicios de petróleo durante la necropsia. Finalmente un ejemplar juvenil llegó muerto desde algún lugar sin especificar de la Costa da Morte al CRFS de Olerios. Las causas de la muerte están aún por determinar.

5. PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ATENCIÓN CLÍNICA A LOS INDIVIDUOS AFECTADOS.

Desde 1990, la Coordinadora para o Estudio dos Mamíferos Mariños, C.E.M.MA, es la entidad que gestiona la Red de Varamientos de la costa gallega. Desde el 22 de septiembre de 1999, lo hace mediante un convenio firmado con la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia para el registro, asistencia, recuperación y

liberación de las tortugas y mamíferos marinos varados o capturados accidentalmente por interacción con artes de pesca.

5.1. Centralización de avisos y coordinación de voluntarios

Los avisos de varamientos procedentes de las entidades que estos días coordinan los trabajos en las playas (cofradías de pescadores y concellos), se unifican oficialmente en el número de Urgencias SOS GALICIA (112), que localiza al técnico de CEMMA que esté de guardia a cargo de la Unidad Móvil.

A partir de ese momento se contacta con los Grupos de Trabajo locales de CEMMA para su desplazamiento inmediato al lugar de varamiento. Se movilizan los efectivos técnicos (veterinario, biólogos y voluntarios) necesarios en cada caso hacia el lugar donde ha aparecido el animal.

5.2. Transporte

El parque móvil para el traslado de animales marinos disponible actualmente por la CEMMA y sus grupos de trabajo está compuesto por :

- Unidad móvil de Mamíferos Marinos: Suzuki 4x4 con remolque: atención de varamientos en toda la costa gallega.
- Unidad móvil de apoyo para la zona de Rías Altas: Furgoneta tipo Renault Kangoo.



Debido al alto número de animales a los que se debe atender y a la continua prospección de playas que se está realizando en los días posteriores al vertido, se cuenta con diversos automóviles particulares de voluntarios y técnicos de la Red de Varamientos.

Los animales muertos son transportados por la unidad móvil o los vehículos particulares. Los cetáceos vivos se trasladan según los medios disponibles en cada caso, mientras que focas y tortugas también son transportados hasta las instalaciones de recuperación con la unidad móvil o los vehículos particulares.

El transporte de tortugas marinas vivas se realiza en cajas de plástico o cartón que limiten al máximo los movimientos de la tortuga. Es muy importante que las cajas vayan abiertas en todo momento por la parte superior para que no se concentren los vapores tóxicos de los componentes volátiles del petróleo que pueden resultar fatales si son inhalados por las tortugas.

Es muy importante evitar el volteo de la tortuga para colocarla boca arriba, con objeto de inmovilizar al animal. Se trata de una práctica muy peligrosa para las tortugas, que les produce dificultad respiratoria por compresión de la zona pulmonar (los pulmones se encuentran justo debajo del caparazón y al voltear a la tortuga las vísceras los comprimen) y peligro de torsiones del tracto gastrointestinal.

El transporte de las focas se realiza en cajas resistentes y con la suficiente aireación. Las cajas deben ser de la medida justa para que la foca entre en ellas a lo largo y con la cabeza levantada, pero que no permita excesiva libertad de movimientos.

Durante el transporte debemos evitar la acción del viento o del sol directamente sobre la caja donde hayamos colocado a la foca. En el transporte de focas petroleadas es importante controlar la temperatura por las alteraciones comentadas de los mecanismos termorreguladores. En general, una temperatura correcta dentro de la caja de transporte puede considerarse entre los 16-20°C.

5.3. Ingreso, lavado y tratamientos.

5.3.1. Instalaciones

En Galicia existen dos instalaciones de recuperación de fauna marina: el Instituto de Investigaciones Marinas, CSIC en Vigo y el Aquarium Galicia en el Grove, aunque en ninguno de los casos se trata de entidades dedicadas a ello como actividad principal. Aunque la asistencia, ingreso y tratamientos a los animales varados están asegurados en todos los casos gracias a los esfuerzos de los miembros de la CEMMA para buscar las soluciones más adecuadas en cada caso, ésta se ve en ocasiones desbordada por el gran volumen de animales que se ingresan en los meses de invierno.



La gran casuística en lo relativo al número total de animales varados en las costas gallegas anualmente (la más alta de todo el litoral español, y una de las más altas en toda Europa), y a la variedad de especies marinas, junto con el hecho de que muchas de las especies que habitan sus aguas se consideran en regresión y están catalogadas como prioritarias en diversos convenios internacionales de conservación, plantean la necesidad de crear una infraestructura específica que pueda dar una asistencia clínica correcta a los animales vivos, y que asegure la continuidad y la mejora de las investigaciones que llevan a cabo actualmente en el seno de la Red de Varamientos.

La construcción de un Centro de Recuperación de Animales Marinos en Galicia, permitiría un gran avance en el conocimiento de la biología y de la medicina veterinaria aplicada a las tortugas y mamíferos marinos.

La centralización de ingresos de fauna marina petroleada se está realizando en las instalaciones de recuperación del Aquarium-Galicia en O Grove, aunque algunos de los animales son recogidos en primera instancia hasta la recogida por parte de los técnicos de la Unidad Móvil, por los Centros de Recuperación de Fauna Salvaje de

Oleiros (Coruña) y en el CRFS de Cotoredondo o el Centro de Lavado de Aves instalado en El Campillo (Pontevedra).

Es importante destacar que, actualmente, no se cuenta más que con las aportaciones económicas del propio Aquarium para la adecuación de estas instalaciones para la atención correcta de la fauna marina que se ingresa en él. Resultaría muy recomendable una implicación mayor de la administración competente (Consellería de Medio Ambiente) en la adecuación de estas instalaciones, al menos hasta la puesta en marcha del CR de Fauna Marina de Galicia de futura construcción.

Las instalaciones para el despetroleado y rehabilitación de focas no presentan grandes requerimientos. De todas formas, hay que tener en cuenta aspectos muy importantes como la posible humanización y sobre todo, la higiene. Se ha previsto la construcción de una sala de exploración y curas, junto con otra de lavado y algunas piscinas, no excesivamente grandes ni profundas (p.e. 4 x 2 x 1 metros), que sean suficientes para iniciar las operaciones de rehabilitación con un mínimo de garantías. Es importante que la sala de curas sea de fácil lavado y desaguado, así como los parterres alrededor de las piscinas. Las salas de curas y lavado deben estar dotadas de una fuente de calor constante. Es importante también, que la separación física que rodee las instalaciones donde se ingresen las focas estén dotadas de una separación visual (tela de sombreo, brezo o cristales ahumados), para evitar que las focas se acostumbren a la presencia de las personas.

Para el ingreso de las tortugas se cuenta con una sala de limpieza y tanques adecuados en el Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo y en el Aquarium Galicia con control de la temperatura (22-24°C) y del fotoperiodo.

5.3.2. Ingreso y exploración clínica inicial

En el momento del ingreso de los animales se procede a una exploración completa y a un diagnóstico del grado de petroleamiento, es decir, grado de afectación externa y de las mucosas, presencia de dermatitis, así como a la abertura de la boca para visualizar la presencia de petróleo en el interior y evaluar la posible ingestión.

En general, no se adoptan medidas terapéuticas antes del lavado del petróleo, excepto si el estado del animal lo requiere (administración de fluidos vía intravenosa o subcutánea si está deshidratado, administración de gluco-corticoides si está en shock...).

5.3.3. Lavado

El lavado de los animales puede realizarse con aceite vegetal o bien con cualquier jabón detergente anti-graso (tipo fairy®) con el que frotaremos las manchas de petróleo mediante trapos mojados con agua caliente. Es conveniente tener unas mangueras con ligera presión para ir aclarando los restos de petróleo y jabón. Es muy importante



que en los procedimientos de lavado de la cavidad oral no se produzca la ingestión accidental de petróleo. La temperatura del agua de aclarado debería poder adecuarse al estado del animal. Debemos colocar a los animales en el recinto o tanque de rehabilitación lo antes posible, para reducir el estrés producido en la maniobra del lavado.

Es posible que algunas focas no puedan lavarse sin sedación, pero en la mayoría de los casos, simplemente una inmovilización manual o utilizando una jaula que inmovilice a la foca y permita el lavado, será suficiente. Si debe sedarse a una foca debe realizarse previamente una completa exploración de la función cardio-respiratoria.

5. 3. 4. Procedimientos posteriores

Una vez terminada la limpieza del petróleo, debemos retomar los procedimientos clínicos habituales. La exploración completa del animal nos aportará los datos necesarios para establecer las terapéuticas adecuadas frente a las posibles alteraciones causadas, directa o indirectamente, por el petroleamiento.

Debemos extraer una muestra de sangre para realizar una completa analítica sanguínea que incluya hematología y bioquímica. Así mismo, procederemos a realizar un buen lavado ocular y a la aplicación de pomadas antibióticas oftalmológicas. Valoraremos en cada caso, la necesidad de la administración de antibióticos sistémicos, así como la administración de carbón activo, si comprobamos que los animales han ingerido petróleo.

Debido a las altas prevalencias de parásitos gastro-intestinales en los mamíferos marinos varados en España, y en general en todo el mundo, se recomienda la administración de fármacos antiparasitarios, una vez la foca esté totalmente estabilizada.

En cuanto a la alimentación de los animales ingresados, debemos adaptarnos a las posibilidades de conseguir pescado en los mercados cercanos. De manera idónea, se debe alimentar a los animales con pescado fresco, pero en todo caso, se puede utilizar sin problemas el pescado congelado. La cantidad y la composición de la dieta para cada individuo son muy variables, y dependen entre otras cosas de: tamaño del animal, estado nutricional, presencia de proceso patológico, analíticas sanguíneas, etc. En general, se adopta el 10% de peso vivo como medida de la cantidad de alimento máxima diaria.

5. 3.5. Liberación

La reintroducción de los animales marinos salvajes que han pasado por períodos de rehabilitación en Centros de Recuperación, es la última, pero quizás la más importante, decisión que debe tomar el equipo médico. La decisión de reintroducir a un animal debe tomarse en función de criterios clínicos que deben incluir, como mínimo, una analítica sanguínea dentro de los valores normales, un estado nutricional correcto y una independencia total del animal frente a los cuidadores. Todos los animales deben ser liberados habiendo demostrado su capacidad para capturar presas vivas sin dificultad.

Todos los animales varados en la costa gallega y que hayan pasado cierto tiempo en un Centro de Recuperación son liberados a unas millas de la costa gallega, en función de la bio-ecología de cada especie (focas en la zona cantábrica, tortugas en la zona atlántica).

6. CONSIDERACIONES FINALES

Las graves consecuencias para las tortugas y mamíferos marinos del vertido del *Prestige* en aguas gallegas deben ser estudiadas y atajadas a diferentes niveles y planteando objetivos a corto, medio y largo plazo.

A corto plazo, la **recuperación de los individuos afectados** debe ser una prioridad. En este sentido, se hace necesaria una mayor implicación de la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia, renovando de inmediato el convenio con la CEMMA para la atención de animales varados (finalizado en octubre de 2002) y aportando una partida económica específica para la adecuación de instalaciones y para hacer frente al alto número de desplazamientos realizados por los miembros de la Red de Varamiento para la asistencia a los varamientos a lo largo de toda la costa gallega.

Así mismo, también a corto y medio plazo, debería asegurarse la continuidad del **programa de monitorización de las poblaciones de cetáceos** y especialmente del delfín mular (*Tursiops truncatus*) y la marsopa (*Phocoena Phocoena*) que lleva actualmente a cabo la CEMMA, con el objeto de evaluar las consecuencias de la alteración de hábitats costeros para estas dos especies catalogadas como especies prioritarias en el anexo II de la Directiva europea HABITAT.

A largo plazo, se enmarca el que quizás sea el mayor problema descrito en cuanto a los efectos del petróleo en las especies marinas, que es el relativo a la bioacumulación de sustancias a través de la red trófica. Este problema de difícil valoración y de imposible tratamiento debe ser monitorizado a través de estudios a largo plazo que conlleven el **análisis de tejidos de animales varados, en un período largo de tiempo**. En este sentido, la CEMMA, en colaboración con el Banco de Muestras de Tortugas y Mamíferos Marinos de la Sociedad Española de Cetáceos, dispone en este momento de cientos de muestras de ejemplares varados y muestreados entre los años 1998 y 2002 con el que se pueden realizar análisis comparativos de esas muestras con las recogidas en el futuro.

Desde enero de 2001, la CEMMA participa en un proyecto europeo para evaluar los efectos de ciertos contaminantes en la reproducción de los delfines del Atlántico europeo. El proyecto denominado BIO CET cuenta con la participación de siete centros de investigación de Holanda, Francia, Escocia, Irlanda y por parte española, participan el Grupo de Investigación ECOBIOMAR del Instituto de Investigaciones Marinas-CSIC de Vigo y la CEMMA. Los objetivos del proyecto son evaluar los niveles de contaminantes en distintos órganos de los delfines que aparezcan varados, las vías de entrada y difusión de estas sustancias, y definir los parámetros reproductivos que pueden verse afectados por estos niveles. Así mismo, BIO CET estudia las patologías de los animales varados en las costas atlánticas europeas, con especial atención a las

alteraciones en los sistemas reproductor e inmune, los más afectados por niveles altos de contaminantes en el organismo.

Los resultados del proyecto aportarán el conocimiento sobre el estado de salud actual de las poblaciones, y del nivel de afectación de éstas como causa de la contaminación, y en función de estos datos, se podrá realizar una cierta predicción sobre la evolución de estas especies de cetáceos en las aguas del Atlántico europeo. En estos momentos, los resultados de BIO CET supondrán la base imprescindible de los estudios a realizar para evaluar las consecuencias para los mamíferos marinos de las aguas gallegas del vertido del *Prestige*.

La implicación de las diferentes administraciones competentes en materia de medio ambiente marino en aguas gallegas: Consellerías de Medio Ambiente y de Pesca e Asuntos Marítimos, así como el Ministerio de Medio Ambiente (Parques Nacionales y Dirección General de Conservación de la Naturaleza), deben afrontar conjuntamente las vías de financiación necesarias para llevar a cabo todos estos trabajos, en los que tanto la CEMMA como la SEC, a través de sus Grupos de Trabajo correspondientes debe aportar el personal necesario en cada uno de los casos.

7. OFRECIMIENTOS DE COLABORACIÓN ESPECÍFICOS

- *Banco de muestras de la Sociedad Española de Cetáceos*: La SEC dispone, gestionado y dirigido por personal de la CEMMA, de un Banco de Muestras de Tortugas y Mamíferos Marinos, que pone a disposición de los estudios comparativos a llevar a cabo como continuidad a los que se están realizando en la actualidad (BIO CET) y con el objetivo de evaluar las consecuencias a largo plazo de la Bioacumulación de componentes del petróleo en tortugas y mamíferos marinos. Así mismo, la SEC pone su banco de muestras, sito en Vigo, a disposición de la Xunta de Galicia para la gestión de ejemplares de aves muertas y para la planificación y elaboración de estudios post-mortem.
- *NORFOLK Marine Animal Hospital (Reino Unido)*: Esta entidad pionera y puntera en la recuperación de especies marinas y con gran experiencia en episodios de mareas negras, a través de su veterinario el Dr. Ian Robinson, ha ofrecido su ayuda para la intervención en caso necesario de su personal y al desplazamiento del material necesario. Las especies petroleadas con las que han tratado son aves y focas. La CEMMA y la SEC ya han agradecido el ofrecimiento, y de momento se mantiene informados a los responsables de la entidad británica de la evolución en cuanto a las especies ingresadas.
- *Université de Liège, Red de Varamientos de Bélgica*: A través del jefe de los servicios veterinarios y responsable de los estudios patológicos de la Red de Varamientos Belga, el Dr. Thierry Jauniaux, que realizó todos los estudios post-mortem de las aves afectadas en la marea negra producida por el *Erika* en la Bretaña francesa y que actualmente trabaja también en el proyecto BIO CET, se ha hecho también un ofrecimiento formal para la realización de estudios post-mortem con las aves para (1) evaluar los órganos diana preferentes por los compuestos del petróleo del *Prestige* para guiar las labores de recuperación de

aves vivas y (2) la evaluación de los efectos a largo plazo de la Bioacumulación de los compuestos del petróleo. La CEMMA y la SEC ya han agradecido el ofrecimiento, y se ha trasladado la propuesta a algunos responsables de la recuperación de aves en la provincia de Pontevedra.

- *Centro de recuperación de fauna marina (OCEANOPOLIS) de Brest (Francia):* A través de sus servicios veterinarios se ha hecho un ofrecimiento en cuanto a personal e infraestructura de recuperación de fauna marina. La CEMMA y la SEC ya han agradecido el ofrecimiento, y de momento se mantiene informados a los responsables de la entidad francesa de la evolución en cuanto a las especies ingresadas.

8. AGRADECIMIENTOS

La recopilación de datos contenidos en el presente informe, así como el análisis permanente de la situación en relación con la marea negra del *Prestige* en todo el norte peninsular se lleva a cabo con la participación, entre otros, de Luís Laría, Presidente de la Coordinadora para el Estudio y la Protección de las Especies Marinas, CEPESMA, en Asturias y Pablo Cermeño, Presidente de la Sociedad para el Estudio y la Conservación de la Fauna Marina de Euskadi, AMBAR.

La CEMMA agradece profundamente el ofrecimiento de algunas entidades que forman parte de la SEC y de muchos de sus socios a título individual que han expresado muestras de interés continuas, su apoyo a nivel personal e institucional y su disposición a colaborar con las labores de rehabilitación de fauna y de limpieza de playas. Entre ellas cabe destacar a la *Sociedad Oceánica de Cetáceos (Barbate, Cádiz)* que a través del veterinario Mario Morcillo ha realizado un ofrecimiento de apoyo humano, económico y logístico para las labores de rehabilitación de fauna y de coordinación de voluntariado. También son de destacar la preocupación continuada por la evolución de los acontecimientos de los Coordinadores del Grupo de Trabajo de Tortugas, GT de Varamientos y GT de Bioacústica, así como los ofrecimientos en cuanto a personal técnico y voluntario del Aula del Mar de Málaga, del Centro de Recuperación de Especies EQUINAC en Tabernas (Almería) y de MUNDOMAR en Benidorm y, muy especialmente a la Asociación ALNITAK vinculada a la Universidad Autónoma de Madrid y al Proyecto Cetus (Málaga), que ya ha desplazado a algunos de sus voluntarios a Galicia para las labores de limpieza de playas.

Así mismo, cabe destacar la colaboración del personal responsable de los teléfonos de Emergencias-Galicia 112 y 085, a los responsables de los Centros de Recuperación de Fauna Salvaje de Oleiros (Coruña) y Cotoredondo-el Campillo (Pontevedra), así como a la Federación Ecoloxista Galega y a todos los Grupos de Trabajo de la CEMMA.

BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA

ALONSO JM. (2001). *Focas petroleadas*. Capítulo del Operativo Ergos; Manual para la formación de voluntariado veterinario. Editado por WWF/Adena Canarias, Depósito Legal M-20.078-2001, Abril, 2001: 26-30.

ALONSO JM. (2001). *Manual para la formación de personal técnico y veterinario de centros de recuperación de fauna marina*; Cuaderno Técnico del Grupo de Trabajo de Centros de Recuperación nº 2, editado por la Sociedad Española de Cetáceos, Depósito Legal Vg. 1147-2001, Vigo, Noviembre 2001, 40pp.

ALONSO JM. (2001). *Catálogo Nacional de Instalaciones de Recuperación de Fauna Marina*; Cuaderno Técnico del Grupo de Trabajo de Centros de Recuperación nº 1, editado por la Sociedad Española de Cetáceos, Depósito Legal Vg. 1146-2001, Vigo, Noviembre 2001, 36pp.

AUBIN, D.J. St. (1990): Physiologic and toxic effects on Pinnipeds. En Geraci, J.R. and Aubin, D.J. St. Eds: *Sea Mammals and Oil. Confronting the risks*. Academic Press.

AUBIN D.J. St, GERACI, J.R. AND LOUNSBURY V.J. (1990). *Rescue, Rehabilitation and Release of Marine Mammals: An Analysis of Current Views and Practices*. Proceedings of a Workshop held in Des Plaines, Illinois, 3-5- December 1991.

BARNETT J, (1998). Treatment of sick and injured marine mammals. In practice, april 1998, 200-211.

CALABUIG P. (2001). *Tortugas marinas petroleadas*. Capítulo del Operativo Ergos; Manual para la formación de voluntariado veterinario. Editado por WWF/Adena Canarias, Depósito Legal M-20.078-2001, Abril, 2001: 26-30.

CAMPBELL, TW. (1996). Sea Turtle Rehabilitation, In: *Madder: Reptile Medicine and Surgery*, Ed. Saunders Co. Philadelphia, pp: 427-436.

CHEN-VALET, P.; GAGE, L, AND SMITH, D. (1990): Recommendations in the Rescue, Wash and Care Techniques, and Rehabilitation of Oiled Pinnipeds in California. En: *The Effects of Oil on Wildlife: Research, Rehabilitation, and General Concerns*. Proceedings from The oil Symposium, pp. 29-42. Herdon, Virginia(USA).

CLUMPNER, C. AND FRINK, L. (1995): Cleaning Oiled Mammals and Reptiles. En Cathleen Rineer-Garber Ed.: *Proceedings of the Fourth International Conference. The effects of Oil on Wildlife*. Pp: 35-40. Seattle, Washington.

DIERAUF L. A. (ed). (1990) *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health, Disease and Rehabilitation*. Boca Raton FL, CRC Press. pp.693-699.

GERACI, J.R, AND O'SHEA, T.J. (1999): Toxicology in Marine Mammals. En FOWLER, M. E.: *Zoo and Wild Animal Medicine. Current therapy 4*. Saunders Co., U.S.A.

GERACI J.R. AND LOUNSBURY V.J, (1993). *Marine Mammals Ashore: A Field Guide for Strandings*. Texas A&M Sea Grant Publication, Texas, 1993.

HALL, RJ, AA. BELISLE AND L. SILEO (1982). Residues of petroleum hydrocarbons in tissues of sea turtles exposed to the IXTOC oil spill. *Journal of Wildlife Diseases*, 19(2):106.

HUTCHINSON J. AND M. SIMMONDS (1991). A Review of the effects of pollution on marine turtles. A Greenpeace Ecotoxicology Project Report, 27 p.

JAUNIAUX, T, BOUQUEGNEAU J.M, AND COIGNOUL F, (EDS.) (1997). *Marine Mammals Seabirds and Pollution of Marine Systems*. Presses de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège, Liège, 1997.

LACAVE G, (1993). *Diagnostic and Therapeutic Methods in Marine Mammals*, Proceedings of the third marine mammals health care workshop. Zoo Duisburg, dec. 4-5, 1993.

LARIA, L, A. LÓPEZ, JM. ALONSO Y AMBAR (2001). Situación actual de la foca gris (*Halichoerus grypus*) en el Cantábrico y Atlántico peninsular. Libro de Resúmenes del 1er Simposium de la Sociedad Española de Cetáceos (eds.) JM Alonso y A. López. Febrero de 2001, p: 40-45.

LUTCAVAGE, M.E., PL. LUTZ, GD. BOSSART AND DM. HUDSON (1995). Physiologic and clinicopathologic effects of crude oil on loggerhead sea turtles. Arch. Environ. Toxicol. 28: 417.

LÓPEZ, A. (2002). *Estatus dos pequenos cetáceos en Galicia*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

LÓPEZ A, GUERRA, A, Y ALONSO JM (2000). *Estratexia para a conservación do arroás (*Tursiops truncatus*) e da toniña (*Phocoena Phocoena*) en Galicia*. Informe no publicado presentado a la Consellería de medio Ambiente de la Xunta de Galicia. Octubre de 2000. 45pp.

LÓPEZ A., JM. ALONSO, L.LARIA, I. GUZMÁN Y G. GARCÍA-CASTRILLO. (2002) Recopiladas en el norte peninsular casi un centenar de citas de focas. Quercus, cuaderno nº 193, Marzo 2002, p: 6-7.

LÓPEZ, A, JM. ALONSO, X. VALEIRAS Y A. FERNÁNDEZ-COUTO. (2001). Varamientos de tortugas marinas en Galicia (periodo 1990-1999). Libro de Resúmenes del 1er Simposium de la Sociedad Española de Cetáceos (eds.) JM Alonso y A. López. Febrero de 2001, p: 9-11.

SWEENEY, J. AND RIDGWAY, S.H. (1975) Procedures for the clinical management of pinnipeds. Journal of the American Veterinary Medicine Association, Vol 167, nº7: 540-545

LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CETÁCEOS

En abril de 1999, durante la XIII conferencia anual de la Sociedad Europea de Cetáceos celebrada en Valencia, la mayoría de las ONG's dedicadas en España a la conservación del medio marino deciden ponerse de acuerdo y organizarse bajo unas siglas comunes, llevando a cabo un proyecto largamente soñado por muchos, pero que nunca había cristalizado hasta ese momento: acababa de nacer la SEC.

Resulta evidente que los cetáceos, así como focas y tortugas marinas, despiertan una especial fascinación en la población. Además, están incluidos en diferentes directivas y tratados conservacionistas internacionales, y la comunidad política está tomando conciencia de las graves problemáticas que sufren actualmente estas emblemáticas especies. La SEC quiere aprovechar este panorama socio-político favorable para conjugar los esfuerzos que se llevan a cabo actualmente en investigación, recuperación o divulgación, con las medidas políticas apropiadas, y garantizar así un futuro prometedor para estas especies.

De esta manera, la SEC lucha desde diferentes campos y a diferentes niveles. La coordinación de proyectos científicos, la participación en foros internacionales de conservación, o la potenciación de actividades de recuperación y educación (charlas, eco-voluntariado, edición de materiales...), hacen de ella una entidad abierta a todas las personas interesadas en la conservación del mar.



ANEXO II

***“Informe del
pentágono sobre el
calentamiento
global”***

El Pentágono ha estado estudiando el Calentamiento Global durante muchos años debido a los eventuales problemas de la seguridad nacional, asociado con el tipo de cambios que se podían producir en el mundo a través del Calentamiento Global.

El calentamiento Global Resultados claves del Pentágono

- Futuras guerras serán por la supervivencia en lugar de la religión, ideología o el honor nacional.
- Por el 2007 violentas tormentas romperán las barreras costeras dejando grandes partes de los Países Bajos (Holanda) inhabitable. Ciudades como La Haya son abandonadas. En California, las islas del delta del río Sacramento serán inundadas, rompiendo el sistema de acueductos que transportan el agua de norte a sur.
- Entre el 2010 y 2020 Europa es golpeada más violentamente por el cambio climático con una temperatura media anual menor de 18 grados C (6F). El clima en Bretaña se vuelve más frío y más seco cuando los patrones climáticos comienzan a parecerse a Siberia.
- Las Muertes por guerras y hambre se cuentan por millones reduciendo la población del planeta a una magnitud que la Tierra pueda sostener.
- Caos y conflictos internos destruyen a India, África Sur e Indonesia.
- Los campos de batalla más grande son por el acceso al agua. El Nilo, el Danubio y el Amazonas son mencionados como de alto riesgo.
- Un "descenso significativo" de la capacidad del planeta de sostener su población actual se hará patente durante los próximos 20 años.
- Áreas ricas como EE.UU. y Europa se transformarán en "fortalezas virtuales" para impedir la entrada de millones de emigrantes al ser forzados por la inundación de sus tierras por el crecimiento del nivel del mar o por la incapacidad de poder obtener algún cultivo en ellas. Olas de "balseros" implican significantes problemas.
- La proliferación de armas nucleares es inevitable. Japón, Corea del Sur y Alemania desarrollan capacidades nucleares, tal como Irán, Egipto, Corea del Norte. Israel, China, India y Pakistán también están en condiciones de usar la bomba.
- Por el 2010 EE.UU. y Europa experimentará una temporada con temperaturas máximas sobre 32 grados C (90F). El clima se vuelve una "molestia económica" tal como las tormentas, sequías y períodos cálidos crean estragos para granjeros.
- Más de 400 millones de personas en las regiones subtropicales en grave riesgo.
- Europa enfrentará luchas internas al enfrentar masivos números de emigrantes en sus fronteras. Emigrantes de Escandinavia buscan climas más cálidos al sur. El sur de Europa está sitiada por refugiados de los países fuertemente golpeados de Afrecha.

- Mega-sequías afectan a los mejores "graneros" del mundo, incluyendo el medio oeste de América donde los fuertes vientos arrasan las tierras.
- La gran población y la demanda de comida hacen a China particularmente vulnerable. Bangladesh se vuelve casi inhabitable debido a un creciente nivel del mar que contamina los suministros de agua interiores.

ANEXO III

“tratado de Kyoto”



Protocolo de Kioto

Situación actual y perspectivas

No te quedes atrás
Súmate
a Kioto



Cambio climático

El Cambio Climático es real y amenaza nuestras vidas.



Índice

Resumen	3
Acerca del Protocolo de Kioto	3
Elementos básicos del protocolo	3
Requisitos para la entrada en vigor	4
El Acuerdo de Bonn	5
Los Acuerdos de Marrakech	5
Cronología: el largo y duro camino hacia el Protocolo de Kioto	5
Avances científicos internacionales	5
Principales avances políticos	6
Emissiones de CO₂ y progreso de los países industrializados hacia la ratificación	6
Lista de 25 países prioritarios, elaborada por WWF/Adena, para la ratificación de Kioto	9
Compromisos mínimos para asegurar la entrada en vigor del Protocolo de Kioto	9
Los Países en Vías de Desarrollo	10
El respaldo de las empresas al Protocolo de Kioto	10
Análisis económico	11
La temprana ratificación del Protocolo de Kioto tiene sentido para el clima y la economía	11
La opinión pública sobre el cambio climático	12
Acerca del calentamiento del planeta y el cambio climático	13
Resumen de la última información científica sobre el clima	13
Grupo de trabajo nº 1 del IPCC: la ciencia del cambio climático	13
Grupo de trabajo nº 2 del IPCC: impactos producidos por el cambio climático	14
Grupo de trabajo nº 3 del IPCC: cómo mitigar el cambio climático	14
Resumen de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) de 2001	15

Resumen

Una vez negociados los aspectos técnicos del Protocolo de Kioto sobre el cambio climático y alcanzado un acuerdo satisfactorio, el destino de este acuerdo como un tratado internacional efectivo depende ahora de las decisiones políticas de cada país.

Súmate a Kioto (“*Go for Kioto*”) es una campaña de 200 días para acelerar la ratificación del Protocolo de Kioto sobre el cambio climático por parte de los gobiernos de todo el mundo.

La campaña se pondrá en marcha el 7 de febrero: 200 días antes de que los gobiernos se reúnan en Johannesburgo, Sudáfrica, en la llamada Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible (*World Summit on Sustainable Development*), que comenzará el lunes 26 de agosto.

Esta cumbre analizará el progreso del desarrollo sostenible en los 10 años desde la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro, en la que los líderes mundiales adoptaron el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Las encuestas revelan que la gente se siente preocupada por el cambio climático. WWF/Adena cree que la población quiere oír de sus representantes políticos en Johannesburgo los pasos concretos que se han dado en la pasada década para prevenir el cambio climático. Pocos resultados positivos se obtendrán a menos que los gobiernos ratifiquen el Protocolo de Kioto dentro de los 200 días de **Súmate a Kioto**. El desarrollo sostenible se convierte en un término sin sentido si no se puede salvaguardar algo tan primordial como la supervivencia y tan necesario como la estabilidad del sistema climático.

WWF/Adena quiere que un número suficiente de gobiernos ratifiquen el tratado antes de la cumbre de Johannesburgo para que el Protocolo entre en vigor en el 2002. Hemos elaborado una lista de 25 países industrializados cuya ratificación es clave para que el Protocolo entre en vigor. WWF/Adena también pide a todos los países desarrollados que se sumen a la ratificación para ejercer así una mayor presión sobre los principales contaminadores.

A medida que la cuenta atrás para la cumbre de Johannesburgo continúa, WWF/Adena llevará a cabo eventos en los medios de comunicación sobre el cambio climático 150, 100 y 50 días antes de que se inicie la conferencia.

Súmate a Kioto pretende informar a los políticos acerca del Protocolo y persuadirlos para que ga-

ranticen que sus respectivos países ratifiquen el acuerdo sin demora. La campaña también pretende identificar y eliminar los obstáculos que podrían perjudicar la rápida puesta en marcha de Kioto, así como movilizar a los intereses públicos y empresariales para que presionen a los que deben adoptar decisiones políticas.

Muchas son las empresas que piden ya la actuación de sus gobiernos. Más de 150 empresas de 13 países distintos, con unos ingresos conjuntos en el año 2000 de unos 400.000 millones de Euros, se han unido con el objetivo de asegurar la entrada en vigor del tratado de Kioto este año. Entre los participantes de más relevancia en esta iniciativa se encuentran Deutsche Telekom, la aseguradora del Reino Unido CGNU, el fabricante de electrodomésticos AEG, el Grupo de Crédito Sueco, la reaseguradora Suiza Re, ABB y Ricoh Company (Japón).

La entrada en vigor del Protocolo de Kioto es un primer paso esencial para combatir el cambio climático. Es el único acuerdo a nivel mundial para limitar la contaminación causante del calentamiento del planeta. Es la base para una creciente acción global efectiva contra el cambio climático en las próximas décadas.

La campaña **Súmate a Kioto** lleva unido el eslogan: **No te quedes atrás**. WWF/Adena cree que los países pueden beneficiarse de la ratificación e incorporación del Protocolo de Kioto obteniendo una participación competitiva en el mercado. Asimismo, también pueden beneficiarse del acceso a los mecanismos previstos en el Protocolo de Kioto como la Aplicación Conjunta (*Joint Implementation*), el Mecanismo de Desarrollo Limpio (*Clean Development Mechanism*) y el Comercio de Emisiones (*Emissions Trading*) que sólo estarán a la disposición de aquéllos que ratifiquen el tratado. Además, las naciones que retrasen la ratificación podrían verse acusadas de detener el progreso para abordar el mayor reto ambiental de este siglo.

Acerca del Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto se inscribe dentro del Convenio Marco de la ONU sobre Cambio Climático. Pide que los países industrializados —excepto los EE.UU., que no participan— reduzcan sus emisiones de gases que contribuyen al calentamiento del globo en aproximadamente un 5% por debajo de los niveles de 1990 para el período 2008-2012. Los países adoptaron diferentes porcentajes objetivo den-

tro de este compromiso general. Permite que los participantes en el Protocolo de Kioto deduzcan las emisiones en sus países de origen y/o beneficiarse de los llamados **mecanismos flexibles** (Comercio de Emisiones, el Desarrollo Limpio y la Aplicación Conjunta), así como contabilizar el carbono absorbido por los llamados **sumideros** como los bosques o las tierras de cultivo. Se impondrán sanciones a aquellos países que no cumplan sus objetivos.

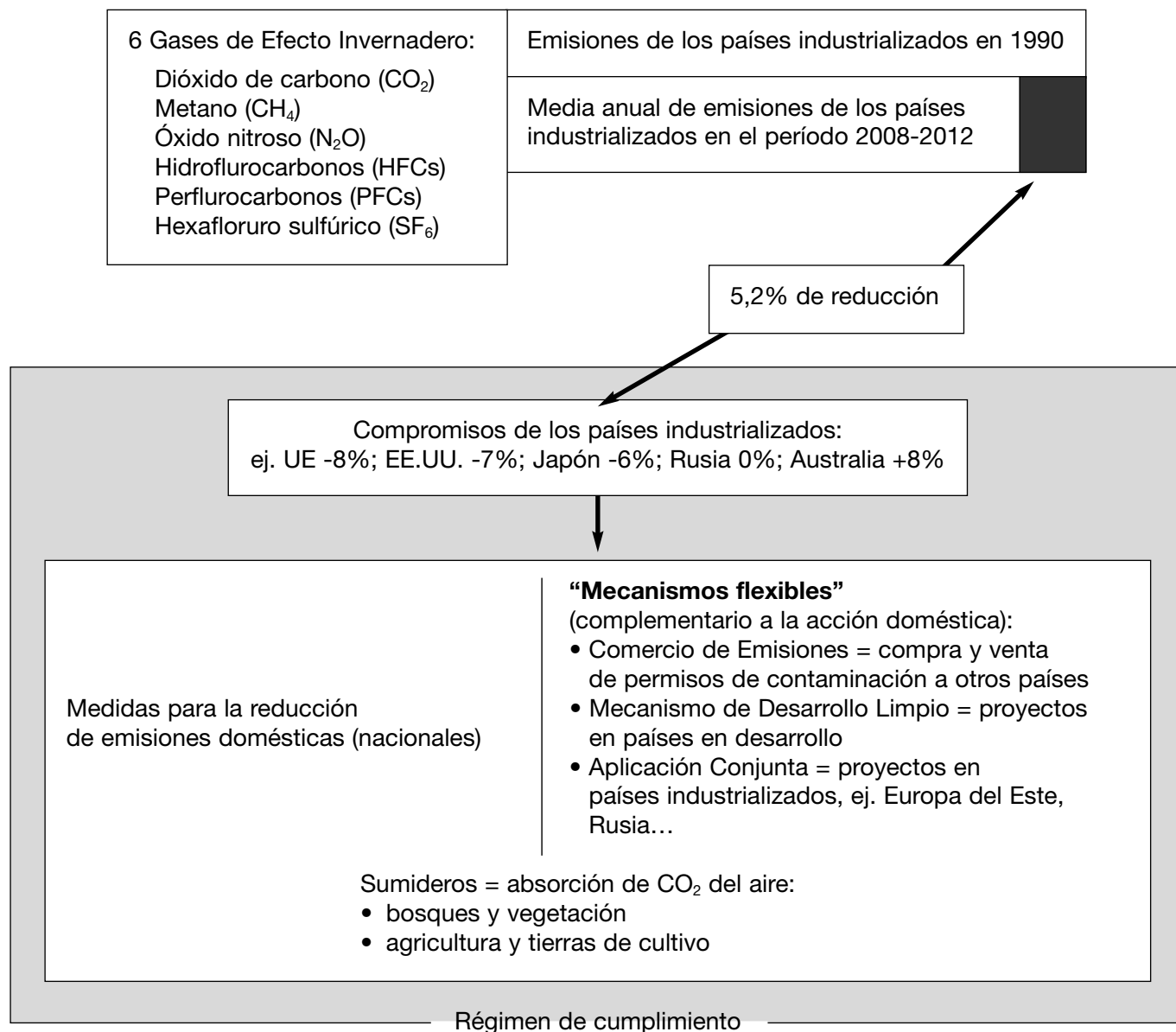
Los países necesitarán haber hecho **progresos demostrables** para alcanzar sus objetivos para el año 2005. En vista del tiempo necesario para incorporar la legislación al respecto, es vital que los gobiernos se muevan tan rápido como les sea posible para que el tratado entre en vigor.

El Protocolo de Kioto no contiene ningún compromiso nuevo para los países en desarrollo más allá de los alcanzados en la convención de la ONU sobre el clima, celebrada en 1992, ya que se acordó que los países industrializados, como emisores principales de los gases que causan el calentamiento del globo, deberían ser los primeros en adoptar medidas para controlar las emisiones.

Requisitos para la entrada en vigor

El Protocolo recoge dos criterios para que el acuerdo entre en vigor. El primero, que al menos 55 participantes en el convenio sobre el clima ratifiquen,

Elementos básicos del protocolo



acepten, aprueben o admitan el Protocolo. El segundo, que éstos deben incluir a los participantes que aparecen en el Anexo I del Protocolo (países industrializados) que sumen al menos el 55% de las emisiones totales de dióxido de carbono emitidas por las naciones recogidas en el Anexo I de 1990. El Protocolo entrará en vigor 90 días después del cumplimiento de estos criterios.

A fecha de 11 de diciembre de 2001, 83 participantes firmaron y 46 ratificaron el Protocolo. Excepto dos, todos los demás son países en desarrollo. El principal escollo para su entrada en vigor será, por tanto, el de garantizar las suficientes ratificaciones por parte de los principales emisores de CO₂ para superar ese 55% límite.

El Acuerdo de Bonn

El Acuerdo de Bonn (2001) sobre el Protocolo de Kioto fue un hito político en las lentas negociaciones internacionales. Los ministros de unos 180 países llegaron a un acuerdo global que incluía normas y procedimientos sobre diversos asuntos de los países en desarrollo (fondos, traspaso de tecnología, capacitación, adaptación a los impactos del cambio climático), los mecanismos de Kioto (Comercio de Emisiones, Aplicación Conjunta y Mecanismo de Desarrollo Limpio), sumideros y cumplimiento. En su conjunto, el acuerdo creó la arquitectura fundamental básica para que los países ratificasen y pusiesen en práctica el Protocolo, y para que negociasen futuros recortes de emisiones más estrictos.

Se habilitó un paquete de fondos que incluía compromisos por parte de la UE, Nueva Zelanda, Noruega y Suiza para conceder a los países en desarrollo 410 millones de dólares americanos por año para 2005, con una revisión de los mismos en 2008.

Entre los puntos principales del Acuerdo de Bonn se incluyen:

- dar un tratamiento preferente a las energías renovables limpias bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio;
- pedir a los países industrializados que frenen el fomento de la energía nuclear en los países en desarrollo. De hecho, los gobiernos han dicho no a la energía nuclear como modo de frenar la contaminación por carbono;
- normas factibles para el Comercio de Emisiones;

- un régimen de cumplimiento que incluya consecuencias no opcionales, de obligado cumplimiento para aquellos países que no alcancen sus compromisos.

Los Acuerdos de Marrakech

La conferencia de Marrakech en octubre de 2001 se centró en resolver algunos asuntos que quedaron pendientes en Bonn y finalizar la transposición del Acuerdo de Bonn a un texto legal con arreglo a la ONU.

Esto se realizó de forma satisfactoria y se acordó por consenso. En principio, el acuerdo de Marrakech debería haber eliminado cualquier barrera final para la ratificación del Protocolo de Kioto, lo que es especialmente cierto para Japón, Rusia y Canadá, que consiguieron, en un primer momento, imponer sus exigencias como condiciones indispensables para su ratificación. Ahora que las normas son completas, todos los países tienen una idea clara de lo que se espera bajo el Protocolo en todos los niveles.

Cronología: el largo y duro camino hacia el Protocolo de Kioto

El garantizar un acuerdo sobre el Protocolo de Kioto ha significado una larga y difícil serie de negociaciones, debido principalmente a la oposición bien fundada de las industrias del carbón, petroleras y de automoción que consideran sus intereses comerciales amenazados. Los que se oponen a emprender acciones contra el cambio climático están preocupados porque las medidas para acabar con la contaminación causante del calentamiento del planeta pasan por un uso más eficaz de la energía y unos combustibles menos contaminantes, lo que se convertiría en un obstáculo para sus actuales operaciones comerciales.

Avances científicos internacionales

1990. Agosto. Primer informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de los impactos y las respuestas

de la ciencia y la política al cambio climático. Sirve como base para la negociación del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

1995. El IPCC finaliza su segundo informe de evaluación.

2001. De enero a marzo. Los gobiernos concluyen la aprobación y adopción finales del tercer informe de evaluación del IPCC. Este informe contiene la conclusión del primer consenso científico global en firme que identifica la acción del hombre en la alteración del clima mundial. El informe adjudica a la actividad humana “la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años”, a través de actividades que han aumentado los niveles de gases de efecto invernadero. Los científicos adjudican al calentamiento del globo cientos de cambios observados en sistemas físicos y biológicos.

Principales avances políticos

1992. 9 de mayo. Se adopta el Convenio Marco de la ONU sobre el cambio climático en la sede de la ONU en Nueva York.

1992. 4 de junio. Se abre el Convenio para su firma en la cumbre de La Tierra, *Earth Summit* (conferencia de la ONU sobre desarrollo y medio ambiente), celebrada en Río de Janeiro. Los líderes políticos mundiales acuerdan fijar el objetivo de volver a los niveles de emisión de CO₂ de 1990 para 2000.

1994. 21 de marzo. El Convenio entra en vigor. Su “objetivo final” (artículo 2) es evitar que una “interferencia” peligrosa con el sistema climático amenaza la naturaleza, la seguridad alimentaria y el desarrollo económico.

1995. Los gobiernos se reúnen para la primera conferencia del convenio de participantes *Convention's First Conference of Parties* (COP1), en Berlín. El Convenio les obliga a considerar si el acuerdo alcanzado por los líderes mundiales en Río es el adecuado para evitar el peligroso cambio climático. Concluyen con la necesidad de emprender más acciones. En vez de acordar objetivos más duros, crean un nuevo mandato para dos años con más debates sobre lo que va a ser el Protocolo de Kioto.

1997. 11 de diciembre. Los gobiernos en la COP3, en Kioto (Japón), adoptan el texto del Protocolo.

1998. 16 de marzo. Se abre el texto del Protocolo de Kioto para su firma en la sede de la ONU en Nueva York.

2000. 25 de noviembre. Tras dos semanas de debate, las negociaciones se estancan en la Haya y Luxemburgo.

2001. 13 de marzo. El Presidente Bush presenta el Protocolo de Kioto en una carta a los Senadores de los EE.UU. Una semana después, la Administración americana declara el Protocolo “muerto”.

2001. 14 de junio. La Cumbre UE-EE.UU. finaliza con el acuerdo de los líderes de la UE para seguir adelante con Kioto, con la ausencia de los EE.UU., que acuerdan no impedirlo, eliminando así los temores de fracaso para el Protocolo de Kioto.

2001. 23 de julio. Se retoma la conferencia estancada en noviembre de 2000; 180 países firman el Acuerdo de Bonn, abriendo una puerta para completar los detalles legales del Protocolo de Kioto.

2001. 10 de noviembre. Los gobiernos finalizan los detalles legales y de funcionamiento del Protocolo en Marrakech, abriendo una puerta hacia la ratificación.

2002. 26 de agosto-4 de septiembre. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible (*World Summit on Sustainable Development*), Johannesburgo, Sudáfrica.

2002. ¿El Protocolo de Kioto entra en vigor?

2005. El Protocolo necesita que los gobiernos demuestren que están haciendo “progresos demostrables” hacia la consecución de los objetivos de Kioto.

2008-2012. “Primer período de compromiso” del Protocolo de Kioto, en el que las emisiones globales de los países industrializados deben reducirse en un 5% por debajo de los niveles de 1990.

Emisiones de CO₂ y progreso de los países industrializados hacia la ratificación

En la siguiente tabla aparecen las emisiones totales de dióxido de carbono por parte de los países recogidos en el Anexo I (industrializados) en 1990 (con respecto a la entrada en vigor del Proto-

País	Emisiones de CO₂ en 1990 (mill. t)	% de emisiones CO₂ del Anexo I	Estado de la ratificación
Alemania	1.012,443	7,375	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio.
Australia	288,965	2,105	El gobierno dice que no ratificará hasta que no lo haga EE.UU.
Austria	59,200	0,431	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio.
Bélgica	113,405	0,826	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. Las cámaras federales de Bélgica ya han aprobado el texto.
Bulgaria	82,990	0,605	A la espera de más detalles.
Canadá	457,441	3,332	El Primer Ministro Chrétien declaró que “el acuerdo alcanzado en Bonn abre el camino para la ratificación del Protocolo de Kioto por parte de Canadá” en 2002.
Dinamarca	52,100	0,380	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. El Parlamento ya ha aprobado la ratificación.
Eslovaquia	58,278	0,425	A la espera de más detalles.
España	260,654	1,899	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. Concluyendo su plan nacional para la incorporación. Aprobado en Consejo de Ministros y enviado a las Cortes para su ratificación el 1 de febrero de 2002.
EE.UU.	4.957,022	36,108	Continúa su oposición al Protocolo de Kioto.
Estonia	37,797	0,275	El Parlamento de Estonia gestiona para ratificar en el 2º semestre de 2002. En enero se emitirá una carta explicativa a los miembros del Parlamento acompañando la ley de ratificación.
Fed. Rusa	2.388,720	17,400	Hasta ahora no se ha emitido ninguna declaración oficial sobre la ratificación. El respaldo entre las empresas, la ciudadanía y los medios de comunicación está aumentando. Puede que la decisión clave por parte del Presidente se produzca en abril o después.
Finlandia	53,900	0,393	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. Concluyendo su plan nacional para la incorporación.
Francia	366,536	2,700	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. El Parlamento ya ha aprobado la ratificación.
Grecia	82,100	0,598	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. Concluyendo su plan nacional para la incorporación.
Holanda	167,600	1,221	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio.
Hungría	71,673	0,522	A la espera de más detalles.
Irlanda	30,719	0,224	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio.
Islandia	2,172	0,016	A la espera de más detalles.
Italia	428,941	3,125	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. Italia es, seguramente, el mayor obstáculo para la ratificación a tiempo de la UE.

País	Emisiones de CO ₂ en 1990 (mill. t)	% de emisiones CO ₂ del Anexo I	Estado de la ratificación
Japón	1.173,360	8,547	El Primer Ministro Koizumi anunció el 12 de noviembre de 2001 que Japón iniciaría todas las preparaciones para la ratificación en 2002. La sesión que comenzó el 21 de enero, y que se prolongará hasta junio, tiene la ratificación de Kioto como punto importante de la agenda.
Letonia	22,976	0,167	A la espera de más detalles.
Liechtenstein	0,208	0,002	A la espera de más detalles.
Luxemburgo	11,343	0,083	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio.
Mónaco	0,071	0,001	A la espera de más detalles.
Noruega	35,533	0,259	El plan para la ratificación se debatirá en la sesión de primavera del parlamento. La ratificación se espera para antes del 21 de junio.
N. Zelanda	25,530	0,186	El gobierno ha indicado su intención de ratificar el Protocolo de Kioto en el comienzo de la Cumbre de Johannesburgo. Ha elaborado un proceso de consulta y la aprobación de una legislación primaria para los próximos nueve meses.
Polonia	414,930	3,022	A la espera de más detalles.
Portugal	42,148	0,307	El Consejo de Ministros ha aprobado el texto de la ratificación, a la espera de la firma presidencial que está en situación proforma. Concluyendo su plan nacional para la incorporación. Se presentó una versión preliminar del programa portugués sobre el clima el 18 de diciembre de 2001.
Reino Unido	584,078	4,255	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. La ratificación por parte del Reino Unido no requiere una aprobación formal del Parlamento y podría quedar finalizada en menos de un mes.
Rep. Checa	169,514	1,235	RATIFICADO, 15 de noviembre de 2001.
Rumanía	171,103	1,246	RATIFICADO, 19 de marzo de 2001.
Suecia	61,256	0,446	Planes para ratificar con la UE el 14 de junio. Concluyendo su plan nacional de incorporación. Decisión tomada para ir más allá de los objetivos de Kioto y cumplirlos únicamente por medio de la acción nacional.
Suiza	43,600	0,318	La administración publicará un primer borrador del texto en febrero, manteniendo vistas en marzo antes de la sesión parlamentaria en junio de la cámara primera. La cámara segunda mantendrá conversaciones en la sesión de septiembre.
UE	(3.326,423)	(24,230)	Planes para ratificar el 14 de junio junto con los Estados Miembros de la UE. El 29 de octubre de 2001 el <i>Environment Council</i> de la UE (Consejo para el Medio Ambiente) acordó un paquete de medidas que consistía en instrumentos para la ratificación del Protocolo, un borrador de Directiva para un sistema de comercio de emisiones en la UE y un comunicado sobre las políticas necesarias para que la UE alcance su objetivo.
Total	13.728,306	100,0	

colo bajo el Artículo 25¹, sus porcentajes de las emisiones totales de CO₂ del Anexo I y comentarios sobre el progreso hacia la ratificación).

Lista de 25 países prioritarios, elaborada por WWF/Adena, para la ratificación del Protocolo de Kioto

Los impactos del cambio climático afectarán cada vez más a nuestras vidas. Es imprescindible que cada gobierno tome parte para combatir el calentamiento del planeta y, como mínimo, apoye y ratifique el Protocolo de Kioto.

El impedimento clave para que el Protocolo entre en vigor no es el número de ratificaciones, si no garantizar que los países que lo ratifiquen sean contaminadores significativos y que superen el 55% de las emisiones de CO₂ incluido en el artículo 25 del Protocolo. A corto plazo y desde una perspectiva estrictamente técnica y legal, la ratificación por parte de algunos países es más importante que la de otros.

A continuación, en orden descendente de emisiones de CO₂, está la lista elaborada por WWF/Adena de países cuya ratificación del Protocolo de Kioto es esencial para garantizar que el acuerdo pueda entrar en vigor en el año 2002. En la acción de **Súmate a Kioto**, éstos son los países que no deben quedarse atrás: podrían ser culpados de bloquear los esfuerzos globales para combatir un problema de gran calado social. Sería suficiente con la ratificación por parte de varias agrupaciones de los países que aparecen en esta lista.

Los EE.UU. quedan excluidos de la Lista debido a la oposición al tratado por parte de la Administración de Bush, al igual que Australia, pues su gobierno ha declarado que no ratificará el tratado hasta que los EE.UU. lo haga. Ucrania, importante emisor de CO₂, queda excluida según los términos del Protocolo por no haber presentado su “primer comunicado

nacional” con sus datos de emisión antes del 11 de diciembre de 1997.

Rumanía y la República Checa no están incluidas por un motivo bien diferente: ya han ratificado el Protocolo.

Si alguno de los grandes emisores de CO₂ (la Unión Europea, Rusia y Japón) no ratifican, será imposible que el tratado de Kioto entre en vigor, independientemente de la ratificación de cualquier otro país.

Los 25 países de la lista, por orden decreciente de emisiones de CO₂, son:

1. La Comunidad Europea² y sus 15 Estados Miembros (Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Finlandia, Alemania, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Holanda, Portugal, España —a punto de ratificarlo—, Suecia y Reino Unido)
2. Federación Rusa
3. Japón
4. Canadá
5. Polonia
6. Bulgaria
7. Hungría
8. Eslovaquia
9. Suiza
10. Estonia
11. Noruega

Compromisos mínimos para asegurar la entrada en vigor del Protocolo de Kioto

El 55% del límite de emisiones de CO₂ puede superarse de diversas maneras. La siguiente tabla describe tres permutaciones mínimas. Como ya se ha señalado, la República Checa y Rumanía ya han ratificado, y el respaldo de la UE, Rusia y Japón es esencial. Hay, por tanto, varias opciones según los países que se sumen a la ratificación.

¹ Datos basados en la información de los 34 Participantes que forman el Anexo I y que presentaron sus primeros comunicados nacionales el 11 de diciembre de 1997, o antes; datos recopilados por el secretario en varios documentos (A/AC.237/81; FCCC/CP/1996/12/Add.2 y FCCC/SB/1997/6).

² La Comunidad Europea y no la Unión Europea es técnicamente parte del Protocolo de Kioto.

	% de las emisiones del Anexo I CO ₂ de 1990	% acumulativo
Opción A		
República Checa + Rumanía	2,481	2,481
UE + Rusia + Japón	50,177	52,658
Canadá	3,332	55,990
Opción B		
República Checa + Rumanía	2,481	2,481
UE + Rusia + Japón	50,177	52,658
Polonia	3,022	55,680
Opción C		
República Checa + Rumanía	2,481	2,481
UE + Rusia + Japón	50,177	52,658
Bulgaria	0,605	53,263
Hungría	0,522	53,785
Eslovaquia	0,425	54,210
Suiza	0,318	54,528
Estonia	0,275	54,803
Noruega	0,259	55,062

Los Países en Vías de Desarrollo

De los 46 países que ya han ratificado el tratado a fecha de 11 de diciembre, 44 son países en desarrollo. Un número creciente de ratificaciones por parte de países en desarrollo servirá para ejercer una presión moral y diplomática sobre las naciones industrializadas que tienen una mayor responsabilidad en la contaminación causante del calentamiento del planeta. Mientras que, técnicamente, este hecho puede directamente garantizar la ratificación, los países en desarrollo juegan un papel crucial y, potencialmente, corren el mayor riesgo debido a su vulnerabilidad al impacto del cambio climático.

El respaldo de las empresas al Protocolo de Kioto

Desde mayo de 2001, unas 150 empresas de 13 países diferentes, con unos ingresos conjuntos en el año 2000 de unos 400.000 millones de Euros se han unido para emitir la siguiente declaración de respaldo:

“Pedimos a los gobiernos del mundo que garanticen la entrada en vigor del Protocolo de Kioto no más tarde del año 2002.”

Las empresas se agrupan entorno a la iniciativa “e-misión 55 - *Business for Climate*” (e-misión 55 – Empresas por el Clima), nombre que se deriva del número de países necesarios y del porcentaje de emisiones necesario para que el Protocolo entre en vigor; en ambos casos 55.

Los participantes comparten la certeza de que el Protocolo es transparente, justo y permite innovadoras soluciones de gestión de riesgos para combatir el cambio climático. Consideran el tratado de Kioto como una nueva presentación de oportunidades para las empresas en una amplia gama de sectores, y como medio de adquirir una ventaja en competitividad a largo plazo.

El principal promotor de “e-misión 55”, Gerd Tenzer, director de Deutsche Telekom, declaró en su comienzo que: “El rápido crecimiento de esta iniciativa empresarial demuestra que la comunidad empresarial necesita un marco de compromiso internacional para la protección del clima con el fin de salvaguardar una fuerza innovadora y una competitividad sostenida.”

Otras empresas que jugaron un papel importante en el comienzo de esta iniciativa “e-misión 55” son Gerling Group, la empresa británica Calorgas, el banco suizo Sarasin, la holandesa CSS Telecom, Deutsche Bank, Otto Versand —la mayor empresa mundial de venta por catálogo— y la alemana SolarWorld.

Entre otros importantes miembros están la aseguradora del Reino Unido CGNU, el fabricante de

electrodomésticos AEG, el Grupo Sueco de Crédito, la reaseguradora Swiss Re, la empresa del sector de la energía ABB, con 160.000 trabajadores en todo el mundo, y Ricoh Company de Japón.

El Presidente de Ricoh Company, Masamitsu Sakurai, declaró en noviembre: “Tengo la certeza de que la protección del clima es el reto final al que se enfrentan todos los habitantes de este bonito planeta. El grupo Ricoh al completo se compromete a prevenir más deterioros del clima actual, minimizando cualquier impacto negativo en el medio ambiente y remitiéndonos, estrictamente, a nuestro lema *climate is business* (el clima es nuestro negocio).”

Las empresas involucradas en la actualidad con la iniciativa “e-misión 55” pertenecen a Austria, Bélgica, Finlandia, Francia, Alemania, Japón, Países Bajos, Rusia, Suecia, Suiza, Reino Unido, EE.UU. y Uganda.

La “e-misión 55” pretende reunir el apoyo de un total de 555 empresas para la Cumbre de Johannesburgo. Más información en: www.emission55.com

Análisis económico

La temprana ratificación del Protocolo de Kioto tiene sentido para el clima y la economía

Se ha escrito mucho sobre los posibles impactos que pueda tener el Protocolo de Kioto. Economistas de todos los frentes del debate han utilizado sofisticadas técnicas de modelado para realizar un proyecto de los costes de incorporación para diferentes países y sectores empresariales, así como el impacto de estas medidas sobre terceras partes. A menudo, los resultados tienden a reflejar el punto de vista inicial del autor o el patrocinador.

A medida que el Protocolo ha ido convirtiéndose en una realidad práctica, y que se ha evaluado el impacto de la retirada los EE.UU. de Kioto, la tendencia de la investigación realizada ha sido basarse en políticas y medidas reales y en tecnologías dis-

ponibles. Las conclusiones sugieren que, para que la mayoría de países cumplan sus objetivos, los costes serán bajos, incluso sin tener que utilizar los tres mecanismos de Kioto (Aplicación Conjunta, Mecanismo de Desarrollo Limpio y Comercio de Emisiones) o las previsiones de los “sumideros”. La investigación y evidencia del incipiente mercado internacional del carbono predicen los costes de la reducción de emisiones entre 3 y 20 dólares americanos por tonelada de dióxido de carbono. Excepto para los sectores de mayor intensidad energética, estos costes raramente representan más de un 3-5% del coste de energía.

El tercer informe de evaluación del IPCC indica que el impacto de las medidas del Protocolo de Kioto sobre el producto interior bruto (PIB) de la mayoría de las economías de los países industrializados de Occidente en el año 2010 será inferior al 1% sin comercio de emisiones. Con comercio sólo entre miembros de la OECD estos costes se reducirán por debajo del 0,5%, con una repercusión en cada país que podría estar entre el 0,1 y el 1,1%, lo que equivale a una pérdida anual del PIB previsto para el año 2010 de entre 1/10 y 1/100 del uno por ciento. Por último, con un comercio global, la pérdida del PIB de la OECD sería inferior al 0,2%³.

Para Europa, esto significaría que el crecimiento absoluto de la economía desde 1995 a 2010 podría ser del 21,9% en vez del 22,0% previsto⁴. La diferencia sería imperceptible y quedaría relegada a un segundo puesto por otros factores económicos. Japón podría observar el crecimiento adicional del PIB de hasta un 1% como resultado de los incentivos de Kioto para la innovación y la eficiencia energética⁵. Esto también tiene efectos positivos indirectos en otras economías de Asia y Europa. Para economías en desarrollo, la puesta en práctica de Kioto podría conducir a un crecimiento porcentual adicional del PIB. En general, una pronta ratificación y puesta en práctica conlleva mayores beneficios y costes más bajos.

Investigaciones independientes sobre el impacto de la competitividad derivado de la conformidad europea y japonesa con el Protocolo, con la ausencia de los EE.UU., han arrojado resultados similares. El efecto económico de la puesta en práctica será insignificante y, en algunos casos, incluso pueden obtenerse beneficios. Se espera que Europa cumpla el 85-95% de sus objetivos de Kioto sin que su compe-

³ IPCC (2001), Climate Change 2001 – Mitigation: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group III Report, pp 49-57.

⁴ Bollen, J, Manders, T & Tang, P (2000) Winners and losers of Kioto, Economic Consequences of the Kioto Protocol for sectors and regions, RIVM, The Netherlands.

⁵ Murota, Y & Takase, K (2001), Will Ratification of the Kioto protocol Result in Economic Loss? SERF, Japan.

titividad se vea afectada⁶. En Japón, muchos sectores empresariales, incluyendo el de la maquinaria y otras producciones y servicios industriales, contarán con un valor añadido extra y un incremento de las exportaciones como resultado de Kioto⁷.

Numerosos estudios —incluidos los mencionados anteriormente— no tienen en consideración un número de beneficios secundarios que se obtienen por el cumplimiento de los objetivos de Kioto. Estos pueden ser importantes, especialmente para aquellos países y empresas que son ponentes recientes. Estos beneficios adicionales incluyen:

- Acceso al nuevo mercado internacional del carbono, con un valor estimado de hasta 30.000 millones de dólares americanos por año, incluyendo la participación en el Mecanismo de Desarrollo Limpio, que bien podría estar entre 5.000 y 17.000 millones de dólares americanos por año para el 2016⁸.
- Acceso a nuevos mercados, preferentemente para fuentes energéticas y tecnologías sostenibles y para servicios energéticos. La Evaluación Mundial sobre Energía (*World Energy Assessment*) de UNEP y UNDP ha previsto que el mercado global para energías renovables alcanzará, por sí sólo, entre los 40 y los 78.000 millones de dólares americanos por año para el 2010⁹.
- Oportunidades para convertirse en líderes en tecnología y dirigir patrones de producción futuros.
- Los beneficios económicos que se derivan de unos niveles reducidos de contaminación ambiental local, así como de los bajos impactos de la exploración de la minería y de combustibles fósiles, que se estima que sean equivalentes a varios miles de millones de dólares.
- Los beneficios de la seguridad de la energía que surgen de una demanda reducida de energía y de un suministro más diversificado, cuando de verdad se incorporen las energías renovables.

- Evitando costes asociados a los daños causados por el cambio climático. Estos costes son difíciles de cuantificar con exactitud, pero la evidencia que arrojan las compañías aseguradoras basada en las recientes catástrofes relacionadas con el clima y de los estudios sobre los posibles impactos, sugiere que los costes por los daños sufridos ascienden a cientos de miles de millones de dólares cada año.

En general, es posible que los países que se mueven rápidamente hacia la ratificación y la puesta en práctica de las medidas obtendrán beneficios positivos y cumplirán los objetivos de Kioto con un coste mínimo o inexistente.

Por el contrario, aquellas naciones que se queden atrás tendrán poco control sobre el desarrollo tecnológico y sólo podrán acceder a los nuevos mercados cuando los beneficios ya estén disminuyendo. Estos países de cambio lento se verán obligados a introducir medidas urgentes para asegurar el cumplimiento de los objetivos de Kioto, lo que no sólo revierte en un alto coste, sino que no contribuye en absoluto a establecer las bases para unos inevitables recortes más estrictos en el futuro de la contaminación causante del calentamiento del planeta.

La opinión pública sobre el cambio climático

Las encuestas de la opinión pública revelan una creciente preocupación entre el público sobre el cambio climático y un deseo de que los políticos muestren una mayor acción al respecto.

WWF/Adena encargó a la organización con base en Bruselas INRA la realización de encuestas de opinión sobre el cambio climático en Bélgica, Italia, España y el Reino Unido (finales de mayo-principios de junio de 2001). Las encuestas consistían en entrevistas telefónicas realizadas a unas 500 perso-

⁶ Harmelink, M, Philipsen D, de Jager, D & Blok, K (2001), *Kioto Without the US: Costs and Benefits of EY Ratification of the Kioto Protocol*, ECOFYS, The Netherlands.

⁷ Murota Y & Takase, K, *op cit.*

⁸ Estudios e informes diversos, e.j.: WRI (1999) *How much Sustainable Development can we expect from the CDM*, USA; CSDA/FIELD/WRI (1998) *The Clean Development Mechanism*, USA; Environmental Finance, various issues.

⁹ UNDP, UNDESA, WEC (2000), *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, UNDP, USA.

nas mayores de 15 años en cada uno de estos cuatro países.

A los encuestados se les preguntó:

“¿Crees que el gobierno (belga / italiano / español / del Reino Unido) debería hacer más para reducir las emisiones de su país que contribuyen al calentamiento del planeta?”

Los porcentajes de respuestas en cada país a favor de que sus respectivos gobiernos hiciesen más fueron:

Bélgica	77,6%
Italia	93,1%
España	95,7%
Reino Unido	89,2%

También se les preguntó “¿Crees que los gobiernos europeos deberían tomar el liderazgo para luchar contra el calentamiento del planeta haciendo que el tratado sobre el clima entre en vigor, aunque los EE.UU. no participen por ahora?”

Los porcentajes de respuestas a favor de que Europa debería ponerse a la cabeza fueron:

Bélgica	82%
Italia	88,7%
España	88,3%
Reino Unido	79,7%

Según una consulta realizada en Japón por Young Laboratory Co., Ltd, el 74% de los encuestados declaró que “Japón debería tomar el liderazgo a nivel internacional y hacer todo lo posible para que el Protocolo de Kioto entre en vigor”.

Según la encuesta de la empresa Decima en Canadá, el 78% de los canadienses quiere que su país se posicione junto a Europa e incorpore el tratado, y el 93% de los canadienses quiere que el gobierno federal haga más para reducir la contaminación que provoca el cambio climático.

Aunque los EE.UU. no tengan intención de participar en el Protocolo de Kioto por ahora, estudios de opinión anteriores encargados por WWF/Adena en los EE.UU. revelaron que el 73% de los votantes estadounidenses consideraban el calentamiento del planeta como una amenaza real. Una mayoría de 800 encuestados (julio de 2000) estaba convencida de que la reducción de las emisiones de dióxido de carbono no perjudicaría a la economía.

Acerca del calentamiento del planeta y el cambio climático

Resumen de la última información científica sobre el clima

Desde la década pasada, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha proporcionado a los políticos recopilaciones imparciales de información que constituyen el consenso científico internacional sobre el cambio climático.

En las tres reuniones celebradas entre enero y marzo de 2001, expertos de gobiernos de todo el mundo aprobaron, palabra por palabra, los resúmenes de los últimos descubrimientos contenidos en el *Tercer Informe de Evaluación* del IPCC. El *Financial Times* del 13 de marzo de 2001 describió el último informe de IPCC como “un informe de consenso que supone un ejemplo”.

A continuación se enumeran diez descubrimientos clave de cada uno de los tres Grupos de Trabajo del IPCC, resumidos por WWF/Adena:

Grupo de Trabajo nº 1 del IPCC: La ciencia del cambio climático

Diez descubrimientos clave:

1. Las temperaturas medias en la superficie de la Tierra han aumentado en 0,6 grados centígrados (1,1 grados Fahrenheit) desde 1860, especialmente en el siglo pasado. Este aumento puede ser diez veces más rápido en este siglo.

2. “Hay una nueva y más fuerte evidencia que afirma que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años es atribuible a la actividad humana.”

3. Para evitar que las temperaturas sigan aumentando hasta 5, 10 o incluso 15 °C (9-27 °F), deberán reducirse las emisiones de gases que producen el efecto invernadero por debajo de los niveles actuales. La única cuestión radica en saber con qué rapidez lo vamos a hacer y cuánto se ha calentado el planeta mientras tanto.

4. Científicos del IPCC han doblado prácticamente sus predicciones del calentamiento medio po-

sible durante el próximo siglo en casi 6°C. (más de 10°F) a menos que intervengamos para detenerlo.

5. El calentamiento de la atmósfera será más energético y el clima, de forma generalizada, más extremo. Las áreas húmedas serán más húmedas, mientras que las zonas secas se harán más secas y las zonas tormentosas, más tormentosas.

6. Mucha gente vive en zonas rurales. Para ellos hay malas noticias. Se espera que el cambio climático sea más extremo en la mayoría de las zonas rurales que en la media del planeta, con regiones en el sur de Europa, Asia central y gran parte de África entre las más afectadas.

7. Existe un riesgo real de un repentino y brusco cambio en el sistema climático en un corto período de tiempo. Estos saltos se producen de forma natural, pero es mucho más posible que se produzcan por causa del estrés que el calentamiento del planeta provoca en el sistema.

8. Una de las consecuencias de este fuerte cambio climático podría ser que cesasen las corrientes oceánicas que mantienen a Europa a más de 25 °C (45 °F), más caliente que Siberia en el invierno.

9. Los niveles del mar seguirán aumentando durante cientos de años después de que la temperatura atmosférica se estabilice. Muchos lugares se encuentran ya amenazados.

10. La creación de “sumideros de carbono” para absorber el dióxido de carbono —por ejemplo, mediante las reforestaciones— puede disminuir lentamente el calentamiento del planeta, pero sólo de forma marginal. La confianza en los sumideros de carbono está plagada de incertidumbres desde el punto de vista científico.

Grupo de Trabajo n° 2 del IPCC: Impactos producidos por el cambio climático

Diez descubrimientos clave:

1. El cambio climático está en marcha, a veces afectando los patrones migratorios de los animales, los de floración de las plantas y el ciclo de vida de los insectos.

2. En el futuro, las cosechas en los trópicos podrían descender mucho, a veces de forma catas-

trófica, produciendo posiblemente un resurgimiento de la hambruna en partes de África.

3. Se espera que muchas enfermedades se extiendan, con la malaria y la enfermedad de dengue volviendo a Europa y a Norteamérica.

4. En el año 2080 se espera que hasta 200 millones de personas sufran inundaciones debido a tormentas costeras cada año.

5. Diez millones de personas viviendo en deltas, áreas costeras a nivel del mar y en pequeñas islas probablemente se queden sin hogar debido a la subida del nivel del mar.

6. Los incendios forestales se convertirán en una epidemia desde el Himalaya hasta la selva africana, desde Siberia hasta el sur de Francia.

7. El riesgo “más extendido” para las poblaciones de seres humanos es el de las inundaciones y los corrimientos de tierra, provocados por el incremento previsto de la intensidad de precipitaciones y la subida del nivel del mar.

8. El ciclo hidrológico podría verse radicalmente alterado. El agua desaparecerá de donde se esperaba y reaparecerá en aquellos sitios donde no se esperaba y sólo causará catástrofes.

9. Las pérdidas económicas anuales derivadas de los desastres climáticos se multiplicaron por diez hasta llegar a 40.000 millones de dólares americanos en el período que va desde los años 50 hasta los 90. Y aún se espera que la situación empeore.

10. La “migración” de los ecosistemas sólo se producirá en raras ocasiones. La mayoría de especies clasificadas como muy amenazadas pueden llegar a extinguirse, y la mayoría de las etiquetadas como amenazadas o vulnerables es posible que se acerquen a su extinción.

Grupo de Trabajo n° 3 del IPCC: Cómo mitigar el cambio climático

Diez descubrimientos clave:

1. El progreso técnico para encontrar formas de detener las emisiones de gas causantes del efecto invernadero ha sido más rápido de lo que se previó.

2. El progreso de los coches de motor híbrido eficaces, mejores turbinas de aire y el avance de la

tecnología de célula energética ha sido muy rápido. Los coches de célula energética se comercializarán en el año 2003.

3. Se están llevando a cabo acercamientos beneficiosos a muchas más tecnologías, incluyendo la energía procedente de la biomasa.

4. Podrían introducirse “opciones tecnológicas conocidas” con suficiente rapidez para estabilizar el CO₂ atmosférico a dos veces los niveles pre-industriales, o incluso por debajo.

5. Pero desde comienzos de los años 90, se ha producido una disminución en las investigaciones y desarrollos encaminados a reducir las emisiones de gases causantes del efecto invernadero.

6. Demasiados establecimientos comerciales del mundo que incluyen una demanda urgente de energía y transporte todavía se mueven en la dirección equivocada y compensando los avances tecnológicos. Muchas de estos establecimientos se mueven por continuos precios energéticos bajos.

7. El mundo no dispone de suficientes reservas de petróleo y gas para aumentar las concentraciones atmosféricas de CO₂ hasta dos veces los niveles pre-industriales.

8. La amenaza real se encuentra en el carbón y los nuevos combustibles fósiles como los alquitra-

nes y pizarras bituminosas. Con estos elementos, hay suficiente carbono disponible en las conocidas fuentes de los combustibles fósiles para multiplicar por 17 la cantidad de CO₂ que ya se ha liberado en la atmósfera.

9. Es necesario tomar pronto decisiones sobre el hecho de que el mundo desarrolle tecnologías para reemplazar estas nuevas fuentes de combustibles fósiles, o al menos investigar nuevas fuentes de energías renovables no contaminantes.

10. El problema del cambio climático es ahora un asunto político, al menos en la misma medida que es un problema técnico o económico.

Resumen de la Organización Meteorológica Mundial (WMO) de 2001

La temperatura global en el año 2001 fue la segunda más alta de la historia, según la organización meteorológica mundial (*World Meteorological Organisation*), recopilando datos hasta finales de noviembre de 2001. Este dato sitúa a 2001 como el 23º año consecutivo en el que la media de la superficie del planeta fue superior a la media de los años 1961-1990. A 2001 sólo lo supera 1998 como año más cálido, debido al efecto de El Niño. Nueve de los diez años más cálidos registrados se han producido desde 1990.

Para más información:

Mar Asunción Higuera – clima@wwf.es
Carlos G. Vallecillo – cvallecillo@wwf.es

WWF/Adena

Gran Vía de San Francisco, 8-D. 28005 Madrid. España
Tel.: 91 354 05 78 • Fax: 91 365 63 36
www.wwf.es



ANEXO IV

***“INFORME DE NASA
Y NOAA SOBRE LA
REDUCCIÓN DE LA
CAPA DE OZONO.”***

Los satélites de NASA y NOAA muestran que el adelgazamiento del Ozono Antártico alcanza la mayor superficie cubierta desde el desarrollo de la reducción en los comienzos de los años 80. La medición fue obtenida este año entre mediados de Agosto y comienzos de Octubre usando el Espectrómetro de Mapeado del Ozono Total (TOMS), instrumento que va a bordo del satélite TOMS-EP y el Instrumento de Medición de la Radiación Ultravioleta (SBUV), a bordo del satélite NOAA-14.

"Este es el mayor agujero de la Capa de Ozono que hemos observado y esta cerca de ser el más profundo", ha declarado el Dr. Richard Mc. Peters, Investigador Principal del programa TOMS-EP.

Los datos preliminares tomados por los satélites muestran que esta reducción del Ozono de este año alcanza un tamaño record de 10,5 millones de millas cuadradas, es decir, 27,3 millones de kilómetros cuadrados, el 19 de septiembre de 1998. El "record" previo fue de 10,0 millones de millas cuadradas el 7 de septiembre de 1996. El nivel de ozono cayó a las 90 unidades Dobson el 30 de septiembre de 1998.

Esto se aproxima al valor más bajo registrado, de 88 unidades Dobson, observadas el 28 de septiembre de 1994, sobre la Antártida. Los científicos no están preocupados por que el agujero pudiera estar creciendo más ya que saben que es el resultado directo de las inusualmente frías temperaturas estratosféricas, aunque no se conoce porqué estas son tan frías este año. La reducción en el ozono, sin embargo, podría producir un aumento de la exposición a la radiación ultravioleta en el sur de Chile y de Argentina si el Agujero de Ozono se extendiera sobre estas regiones. Una de las preocupaciones principales con el tamaño actual del Agujero es que se "expanda", difundiéndose y reduciendo los niveles de Ozono en las latitudes medias del Hemisferio Sur.

Las pérdidas de Ozono son causadas por compuestos de Cloro y Bromo, relacionados con los CFC (Clorofluorocarbonados) y halones.

Año tras año, las variaciones en el tamaño y profundidad del Agujero de Ozono dependen de las variaciones en las condiciones meteorológicas. Los científicos creen que las reducciones en el Ozono del Antártico son debidas a los fríos inusuales (5-9 ° Fahrenheit) en las latitudes polares y de la mitad sur. "Este año ha sido más frío de lo normal y por eso encontramos una activación mayor del Cloro que causa finalmente más pérdida de Ozono y niveles menores de la Capa", ha dicho el Dr. Alvin J. Miller, del Centro Nacional para la Predicción Ambiental de los EE.UU. (NCEP).

La reducción en el Ozono fue observada más temprano que lo usual, con el Agujero abriéndose a mitad de Agosto, alrededor de dos semanas antes de lo que ocurre en un año "típico". Esto es consistente con lo esperado, ya que los niveles de Cloro se han ido incrementando desde los tempranos años 90.

Como resultado de los acuerdos internacionales conocidos como Protocolo de Montreal que trata sobre las sustancias que atacan al Ozono, los niveles de Cloro procedentes de los CFCs ya han llegado a los picos máximos en la baja atmósfera y alcanzarán sus niveles máximos en la Estratósfera de la Antártida dentro de unos pocos años. Según nos desplazamos hacia la próxima década, las pérdidas en el Ozono catalizadas por el Cloro resultante de los CFCs y otros compuestos clorados se reducirán.

"Un agujero de Ozono de profundidad y tamaño considerables continuará formándose durante los próximos años o hasta que el Cloro de la estratosfera vuelva a los valores previos a la formación del Agujero de Ozono", ha dicho el Dr. Paul Newman del Centro de Vuelos Espaciales Goddard de la NASA. "La reducción en el Cloro de nuestra atmósfera es análogo a usar un pequeño limpiador de aire para reciclar todo el aire de un gran palacio de deportes; llevará mucho, mucho tiempo".

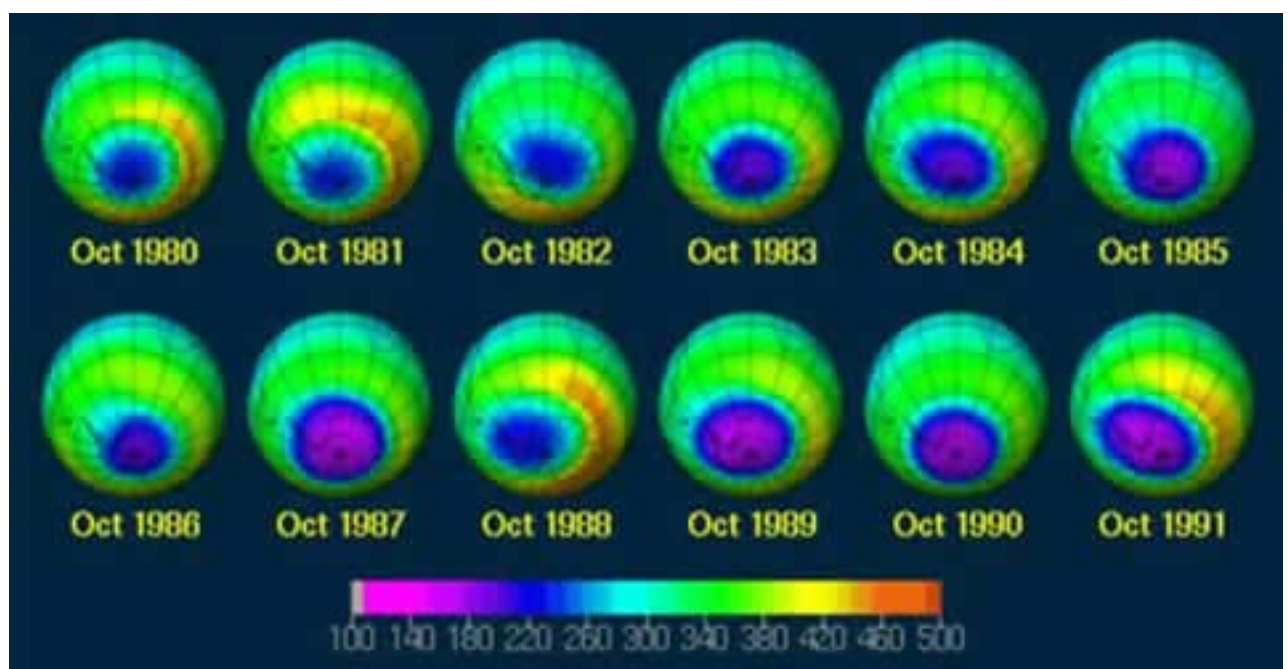
Los científicos y otras personas muestran un interés alto en la reducción de Ozono, ya que el incremento de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie de la Tierra debido a la pérdida del Ozono conlleva un potencial aumento de la incidencia de cáncer de piel y cataratas en los seres humanos, afecta a algunos cultivos e interfiere con la vida marina.

Los instrumentos de la NASA y la NOAA han estado midiendo los niveles del Ozono Antártico desde los años 70. Desde el descubrimiento del Agujero de Ozono en 1985 los programas TOMS y SBUV han constituido instrumentos clave para el seguimiento de los niveles de Ozono sobre la Tierra.

Los análisis de datos de los programas TOMS y SBUV han trazado en detalle el desarrollo del Agujero de la Capa de Ozono sobre la Antártida, una larga área de intensa reducción de la Capa que tiene lugar entre Agosto y el comienzo de Octubre. El análisis de los datos históricos indica que el agujero existe desde 1979, al menos.

Las unidades Dobson miden el grosor físico de la Capa de Ozono a la presión de la superficie de la Tierra. La media global del grosor de la Capa de Ozono es de 300 unidades Dobson, lo que equivale a unos 3 mm. En contraste, durante las ocurrencias anuales, la Capa de Ozono en el Agujero se reduce a unas 100 unidades Dobson (1 mm de grosor).

El ozono protege la vida sobre la Tierra de los efectos negativos de la radiación solar ultravioleta. La molécula de Ozono esta formada por tres átomos de Oxígeno; El Ozono forma una fina película o capa en la atmósfera que absorbe la peligrosa radiación ultravioleta solar. La mayor parte del Ozono atmosférico se encuentra en una delgada capa entre 6 y 8 millas de altitud.



FOTOGRAFÍAS SATELITALES DEL AUMENTO PROGRESIVO DEL AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO EN EL POLO SUR