

El siguiente trabajo se divide fundamentalmente en cuatro partes. En la primera parte se hace un estudio de los diferentes tipos de contaminantes que se pueden encontrar en el agua y los sedimentos, y del posible origen que provienen. Seguidamente se describen todos los impactos medioambientales localizados en las aguas del mediterráneo entre Barcelona y Baleares.

En el último apartado que compone esta primera parte se analizan los parámetros indicadores empleados por la comunidad científica para la determinación de la contaminación marina.

Con esta primera parte se pretendía recaudar toda la información posible del estado actual del mediterráneo y de qué manera ha contribuido la industria naval a su degeneración. Asimismo, también se dan a conocer cuáles han sido las áreas más afectadas.

En la segunda parte se describen las herramientas jurídicas internacionales, europeas y nacionales que existen para prevenir y combatir los impactos medioambientales.

En lo que se podría denominar que es la parte práctica, se realiza un inventario de los tipos de buques que operan entre Barcelona-Baleares con el fin de conocer las épocas de mayor tráfico, las características de los buques y la edad media de la flota activa. También se enumeran los componentes que disponen los puertos para luchar contra la contaminación.

Finalmente, se cita las alternativas que se están estudiando y/o que se encuentran actualmente en el mercado para reducir los niveles de contaminación, hecho que nos ayuda a hacer un balance de donde se decantan la mayoría de las investigaciones.

AGRADECIMIENTOS:

Son muchas las personas que de manera directa e indirecta han contribuido en la elaboración de este proyecto.

En primer lugar tengo que agradecer a Don. Santiago Ordás Jiménez, director del proyecto, que aceptara mi propuesta y toda su ayuda brindada y dedicada.

También quiero mencionar a los profesores Don. F. Xavier Martínez de Osés y Doña. Marcel.la Castells i Sanabra por los consejos y el asesoramiento que me ofrecieron muy amablemente al principio del trabajo.

Lo que sin duda más me ha gustado de esta memoria ha sido la cantidad de personas interesantes que he tenido la oportunidad de conocer y que de modo altruista dedicaron un ratito de sus ocupadas agendas para transmitirme sus conocimientos, desde estas líneas aprovecho para agradecer la ayuda ofrecida a Don. Jose M^a Rovira (Jefe de seguridad del puerto de Barcelona), Don Javier Romo García (Biologo del servicio de medio ambiente del puerto de Barcelona) y Don. Michel Andre (Director del laboratorio de aplicaciones bioacústicas de la UPC).

También debo agradecer a la Agencia Catalana del Agua y Don. Albert Rovira Seguí (puerto de Barcelona) la información aportada.

Otros profesionales de los que no me puedo olvidar son de mis “Jefes” de biblioteca Doña. Rosario Piera y Don. Manel Mendoza que han ayudado en la búsqueda de la bibliografía necesaria, aconsejándome en la elaboración del trabajo y anidándome muchísimo en todo momento.

Las últimas palabras se las quiero dedicar al motor que hace que día a día esta maquinaria se mueva: mi familia. La paciencia y comprensión de mi madre Mercedes Casanova y de mi padre Manuel Barragán han sido fundamentales. Otra persona muy especial es mi hermana Esperanza Barragán por su apoyo y sus explicaciones. Por último a mi cuñado Miquel Jordán, el encargado de arreglarme el ordenador cada vez que lo estropeo.

5.4.1. Planificación integrada del desarrollo y de la gestión de los recursos de la cuenca mediterránea.....	70
5.4.2. Programa de investigación y vigilancia de la contaminación mediterránea.....	71
5.4.3. Marco Jurídico.....	71
6. Tipos de buques que operan entre Barcelona-Baleares.....	73
6.1. Buques de pasaje.....	73
6.2. Buques de carga general.....	83
6.3. Buques de transportes especiales.....	85
6.4. Puertos.....	86
7. Alternativas para reducir los niveles de contaminación.....	91
7.1. Medios para disminuir las emisiones contaminantes a la atmósfera.....	91
7.1.1. Motores existentes.....	92
7.1.1.1. Combustibles más limpios.....	92
7.1.1.2. Biocombustibles.....	94
7.1.1.3. Pretratamiento o acondicionamiento del combustible y/o del aire de combustión.....	95
7.1.2. Nueva tecnología propulsora diesel.....	98
7.1.3. Sincronizado Millar y turbocompresores de dos etapas.....	99
7.1.4. Futuros avances para reducir el consumo de combustibles fósiles.....	99
7.2. Como reducir la contaminación acústica generada por los buques.....	101
7.3. Tratamiento de las aguas negras y las aguas grises.....	102
7.4. Recubrimientos antifouling.....	105
7.5. Aguas de lastre.....	108
7.6. Aguas oleaginosas.....	110
Resultados.....	113
Conclusiones.....	115
Anexos	
Anexo A: Lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas de la Unión Europea.....	119
Anexo B: Escalas en lo puertos Baleares durante el 2007.....	121
Anexo C: Productos manipulados en la ruta Barcelona-Baleares durante el 2007.....	123
Anexo D: Características de los combustibles marinos.....	125
Anexo E: Características del biodiésel.....	127
Bibliografía.....	129

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	PÁG.
1. Rutas de las autopistas del mar.....	17
2. Gráfico evolución de los accidentes de buques tanques (1978-2002).....	18
3. Derrames detectados mediante imágenes SAR en el área de estudio en el mar Báltico (proyecto clean Seas).....	19
4. Casco de un buque colonizado por organismos.....	21
5. Gráfico de los flotantes recogidos en el puerto de Barcelona durante el 2006.....	22
6. Foto aérea de un buque con una estela de crudo en el mar del Norte.....	29
7. Efectos de las pinturas free association.....	31
8. Efecto de las pinturas autopulimentantes.....	31
9. Contenido de TBT en los sedimentos a lo largo del Puerto de Barcelona.....	32
10. Mapa acústico de las costas mediterráneas de la península Ibérica.....	35
11. Emisiones de gases de efecto invernadero en las Islas Baleares en el año 2005.....	38
12. Mapa Europeo de contaminación EMEP (Monitoring and Evaluation of the long-range transmisión of air pollutants in Europa).....	40
13. Requisitos para el control de las descargas de hidrocarburos dentro de las áreas especiales.....	54
14. Regulaciones para el lanzamiento al mar de basuras fuera de zonas especiales.....	57
15. Eficiencia de descarga con la que tiene que cumplir los buques.....	63
16. Total de escalas en puertos de baleares.....	71
17. Comparativa entre escalas de buques de pasaje y transbordadores.....	71
18. Limpieza del casco del buque Histeria.....	72
19. Buques Fast-Ferries que operaron en el 2007.....	73
20. Buques destinados al transportes de pasajeros y sus vehículos que operaron durante el 2007.....	74
21. Viajes realizados anualmente por los buques rápidos.....	75
22. Viajes realizados anualmente por los Ferris.....	75
23. Comparación de las emisiones de los buques y los aviones.....	76
24. Buques de cruceros que operaron durante el 2007.....	78
25. Viajes realizados anualmente por los cruceros.....	80
26. Comparativa de las escalas de los buques de carga.....	81
27. Viajes realizados anualmente por los buques de carga.....	81
28. Buques de carga que operaron durante el 2007.....	82
29. Comparativa de las escalas de los buques de transporte especiales.....	83
30. Buques de transportes especiales que operaron durante el 2007.....	84
31. Viajes realizados anualmente por los buques tanques.....	84
32. Servicios MARPOL que ofrecen los puertos Españoles.....	85
33. Servicio de recogida de aceites oleosos.....	86
34. Emisiones en los motores.....	89
35. Proceso de inyección de agua directamente dentro del flujo de aire de combustión.....	95
36. Reducción de emisiones de NO _x con el proceso de inyección de agua directamente dentro del flujo de aire de combustión.....	95
37. Reducción catalítica selectiva (SCR).....	96
38. Sistema Skysails.....	99
39. Planta séptica del buque Sorolla.....	102
40. Desarrolladores más prolíficos de pinturas y recubrimientos antisuciedad e incrustaciones.....	103
41. Protección anti-incrustación buque Las Palmas de Gran Canaria.....	105
42. Número de patentes de aguas de lastre desarrolladas por año.....	106
43. Separador de sentinas del buque Sorolla.....	110

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS:

ACA: Agencia Catalana del agua	MEDPOL: Progrma coordinado de investigación y vigilancia de la contaminación en el mediterráneo
CAR: Centro de actividad regional	MEPC: Marine Enviroment Protection commite
CBD: Convención sobre diversidad biológica	OMEDEA: Instituto mediterráneo de estudios avanzados de Baleares
CERSEC: Centro regional de respuesta a situaciones de emergencia de contaminación marina en el mar mediterraneo	PAH: polycyclic aromatic hydrocarbons
DDT: dichloro dithenyl trichloroethane	PAM: Plan de acción para la Mediterránea
EDAR: Estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas	PCB: Polychlorinated biphenyls
EIAPP: Engine internacional air pollution prevention certificate	PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente
EMSS: Estrategia del mediterráneo para el desarrollo sostenible	SOPEP: Plan de contingencia para posibles derrames de hidrocarburos
FMAM: Fondo para el medio ambiente mundial	SURTASS LFAS: Surveillance towed array sonar system
HCFC: hydrochlorofluorocarbonos	TBT: tributyltin
IAPP: Internacional air pollution prevention certificate	TRB: Toneladas de registro bruto
IEO: Instituto Español de ocnografía	UCF: Unidad formadora de colonias
IMO: International Maritime Organisation	
IMO-AFS: convenio internacional sobre control de sistemas antiincrustantes novivos en los buques	
IOPP: Certificado de la lucha de la prevención de la contaminación por hidrocarburos	
LFAS: Low frecuency active sonar	
MARPOL: Internacional convention for the prevention of pollution from chips	

1. INTRODUCCIÓN:

El proyecto que se desarrolla en las siguientes páginas, tiene como prioridad hacer una estimación de los contaminantes emitidos por los buques que transitan en la ruta Barcelona-Baleares en línea regular e intentar detectar cuales son los principales daños en el ecosistema marino que se puede achacar a dicha actividad. En la segunda parte del proyecto se estudia las medidas jurídicas, nacionales, europeas, e internacionales; vigentes para conocer cuáles son los contaminantes que en la actualidad están regulados y las herramientas que disponemos para hacer frente a las conductas no respetables con el medio ambiente. Por último se enumeran algunas de las múltiples alternativas que se pueden adoptar y/o que están adoptando las navieras, autoridades portuarias y otros organismos, con el objetivo de llegar a un estado de eficacia y sostenibilidad óptimo. Es decir, conseguir obtener un medio de transporte eficaz y competitivo que contribuya a no agotar los recursos naturales, destruir el medio ambiente y dañar la salud humana.

Quiero hacer hincapié que este estudio tan sólo trata de una estimación, ya que no se puede afirmar que todos los contaminantes encontrados provengan de los buques, ya que estos pueden haber sido introducidos por otras vías.

La zona escogida ha sido el mar mediterráneo; concretamente la ruta Barcelona-Baleares. El atractivo de esta ruta reside en ser una de las más destacadas del mediterráneo debido a su intenso tráfico marítimo. Tan sólo en el año 2007 registro un movimiento de 3123 salidas de buques mercantes desde Barcelona a las islas.

Sin duda otros de los motivos de peso que hizo que el estudio se centrara en esta zona fue la proximidad geográfica y por tanto una mejor accesibilidad a los datos.

El mediterráneo es una de las regiones de mayor riesgo de contaminación marina debido al intenso tráfico marítimo que transita por sus aguas. Pero no todos los contaminantes encontrados en el análisis de sus aguas y sedimentos se puede afirmar que provengan del transporte marítimo, ya que sus aguas también se ven afectadas por la gran cuantía de población concentrada en las zonas costeras, la explotación pesquera, los impactos producidos por los sectores industriales y turísticos y los residuos (maderas, plásticos, neumáticos...) que provienen de los ríos. Además, del efecto producido por las lluvias torrenciales que arrastran consigo hacia ríos, rieras, torrentes, escorrentías y alcantarillas todo aquello que encuentran en su camino hasta desembocar en el mar.

A todo esto hay que sumarle los desequilibrios de salinidad, temperatura y aumento de nivel que están sufriendo las aguas resultantes de los efectos del cambio climático generado por el incremento descontrolado de los gases de efecto invernadero.

Todo este conjunto de factores ha derivado en distintos trastornos en los ecosistemas marinos, tales como elevadas concentraciones químicas en sus aguas y sedimentos, alteraciones físicas del hábitat y cambios en el comportamiento de algunas especies por el estrés que la contaminación acústica les supone, entre otros.

Por otro lado el mediterráneo es un mar muy sensible a la contaminación por tratarse de un mar pequeño y muy cerrado lo que hace que su regeneración sea más difícil. Es decir su balance hídrico es negativo, muy marcado a causa de la intensa evaporación y el insuficiente aporte de los ríos que alimentan este mar. Este déficit hídrico se va

compensando con el paso de agua atlántica a través del estrecho de Gibraltar y que le hace muy sensible a la contaminación. Principalmente se caracteriza por poseer mareas relativamente débiles y aguas más bien cálidas.

A lo largo de los años, la comunidad científica ha ido estudiando estas alteraciones por medio de los métodos tradicionales de muestreo de aguas y sedimentos, y otros más innovadores como son el empleo de bioindicadores y biomarcadores. Esta labor desarrollada por los expertos es muy importante ya que un correcto conocimiento del medio, permite desvelar factores contaminantes que, a simple vista, son indetectables debido a que no son tan escandalosos como podría ser por ejemplo un derrame de crudo cerca de una costa.

Desde que a mediados de febrero se iniciara este proyecto, han transcurrido cuatro meses de trabajo intenso, de los cuales se diferencia claramente tres fases. En la primera fase se consultaron los TFC y PE disponibles en la biblioteca sobre esta temática para tener una idea de la estructura de un trabajo de final de carrera de esta índole; a partir de ahí se buscó un título adecuado y se confeccionó el índice.

En la segunda fase se procedió a la recopilación de la información. Al ser un tema científico no tratado extensamente en los estudios realizados anteriormente y para obtener un conocimiento lo más completo posible, se contactó con expertos en la materia. También se han realizado visitas a la facultad de Biología de Barcelona para documentarse de la fauna y flora característica del mar mediterráneo; concretamente de la que se puede encontrar en la zona de estudio. Asimismo, se ha contado con la colaboración de la autoridad portuaria de Barcelona.

Obviamente también se ha realizado una investigación de información en revistas especializadas, libros que tratan del tema, normativa en vigor y páginas Web. Desafortunadamente no se ha podido consultar la biblioteca del centro de investigación y desarrollo de Barcelona (CSIC), debido a que desde Febrero y hasta al día de hoy la biblioteca esta cerrada al público por falta de personal.

Por último, en la tercera fase se ha analizado la documentación y se ha procedido a la redacción de los contenidos del trabajo, intentándose ajustar lo máximo posible al formato exigido en la norma UNE 50136:1997.

El desarrollo sostenible es un tema que actualmente está en mente de todos y que preocupa a muchas empresas; esto, sumado a la curiosidad de aprender más sobre la materia, han sido los motivos que me hicieron decantar por la realización del proyecto sobre esta temática.

A modo personal se creo que es muy importante que un ingeniero, sea de la rama que sea, reciba una buena formación medioambiental. Así el día de mañana cuando tenga que realizar sus propios diseños, busque la manera de que su proyecto interaccione lo menos posible en el medio que va a trabajar y que se ajuste a la normativa medioambiental vigente; sin que ello vaya en detrimento en la calidad del producto. A sabiendas de que en incontables ocasiones la solución óptima no es más costosa ni más compleja, sino la que ofrezca un buen servicio sin perjudicar los recursos naturales.

Todos tenemos que ser conscientes que el mundo que estamos creando ahora es la herencia que vamos a dejar a las generaciones venideras, y aún no es demasiado tarde para mejorar la situación actual.

Finalmente, se podría resumir la idea de este trabajo mediante una cita de Martin Luther King, que tuve la oportunidad de leer en uno de los manuales empleados para la confección de esta memoria.

“Ahora nos enfrentamos al hecho, amigos míos, de que el mañana es hoy. Estamos frente a la feroz urgencia del ahora. En este dilema de la vida y la historia que se despliega ante nuestros ojos, existe algo como llegar demasiado tarde”
Martín Luther King.JC.

2. FACTORES CONTAMINANTES:

La contaminación marina se define como la introducción por el hombre, directamente o indirectamente, de sustancias o energías que originen daños en los recursos biológicos, y por consiguiente para la salud humana; trabas en las actividades marítimas, incluyendo la pesca; disminución en la calidad del agua del mar desde el punto de vista de su utilización y reducción de las posibilidades ofrecidas para el ocio. Estas sustancias o energías pueden llegar al mar desde diversas vías de acceso:

- Ríos: muchos de los residuos que desembocan en el litoral mediterráneo catalán provienen de las cuencas hidrográficas del Llobregat y del Besos. Los residuos flotantes que transitan por ellos llegan al mar dispersándose, acompañados de las aguas residuales de todas las industrias que hay en sus proximidades.

Se quiere hacer hincapié en el río Besos, que con un recorrido de tan sólo 16 Km., es uno de los ríos más contaminados de toda Cataluña.

- Lixiviación: Lavado que el agua de la lluvia realiza sobre los productos lanzados al suelo. Las lluvias torrenciales arrastran consigo hacia ríos, rieras, torrentes, escorrentías y alcantarillas todo aquello que encuentra en su camino hasta desembocar en el mar.

- Zonas costeras: La gran cuantía de población concentrada en zonas costeras, sobretodo en períodos vacacionales cuando aumenta el turismo, deriva en un incremento del vertido de desechos al mar. Datos del grupo ecologista Greenpeace aseguran que la línea del litoral del mediterráneo está habitada por unos 150 millones de personas, a las que se suman 200 millones más en época estival.

- Vía atmosférica: emisiones de las industrias próximas al mar. La contaminación atmosférica con partículas, dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, plantea serios problemas que se acentúan en las áreas fuertemente industrializadas cercanas a núcleos habitados, como es el caso, entre otros lugares, de Barcelona y más concretamente San Adrián de Besós.

Las emisiones procedentes de las centrales térmicas, son especialmente graves, ya que lanzan anualmente a la atmósfera de España la cantidad de 341.00Tm de partículas en suspensión, 1.610.000 Tm de SO₂ y 186.000 Tm de óxidos de nitrógeno.

- Pesca: elementos tales como sedales, redes... que llegan al mar de forma accidental o deliberada

- Tráfico marítimo:

- Descarga al mar residuos de limpieza de tanques.
- Descarga al mar de sustancias nocivas sólidas y líquidas.
- Emisión de gases nocivos.
- Aguas negras y basuras.

-Vertidos de hidrocarburos.

- Ruidos provocados por las hélices, los motores de los buques, radar y sonar.

- Hundimiento a propósito de productos contaminantes en el medio marino. Es bien sabido por todos que mucha gente siempre ha considerado el mar como un gran cubo de basura, refiriéndose a él como “el pañol mayor”.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR). La Estación depuradora de Aguas residuales urbanas de Sant Adrià del Besòs es un elemento notable ya que trata el 60 % de las aguas residuales de Barcelona. Las aguas procedentes de la depuradora son vertidas directamente al mar. La legislación Española obliga a colocar a la salida del emisario submarino (el conducto que conduce al agua hasta el mar) a 15m por debajo del nivel del mar, por lo que los efluentes serán lanzados a una distancia de la costa de 20 a 25 Km.
- Puertos: vertidos controlados e incontrolados de hidrocarburos, lodos, sentinas y residuos sólidos

Una vez que el elemento o energía contaminante llega al mar o a la atmósfera, éste se dispersa y transforma; dando lugar a unos niveles de inmisión. Por inmisión se entiende la presencia en el medio de sustancias extrañas procedentes tanto de emisiones naturales como artificiales. En función el nivel de inmisión será mayor o menor las consecuencias sobre el ecosistemas, la biocenosis y / o el hombre.

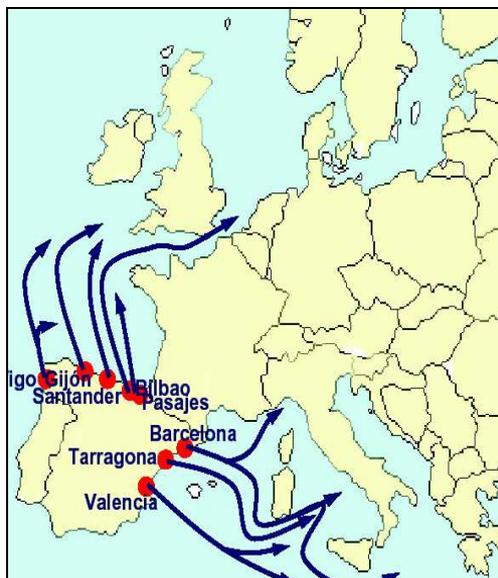
Esta alteración introducida por una actividad humana es lo que se conoce como impacto ambiental. En función a la capacidad del medio (tierra, mar o atmósfera) en asimilar el contaminante se estará frente un impacto negativo o un impacto positivo. En los impactos negativos se supera la capacidad de asimilación del medio que se manifestará en forma de contaminación del lugar. Desafortunadamente las aguas del mar Mediterráneo poseen un índice de renovación muy bajo (de 80 a 90 años), y, por lo tanto, son enormemente sensibles a la contaminación.

Por el contrario los impactos positivos son los producidos cuando la acción humana se integra cuidadosamente en el ambiente.

En este proyecto sólo se tratarán los contaminantes emitidos exclusivamente por el transporte marítimo. Pero eso no significa que no se tengan encuentra el resto, que pueden llegar al Mediterráneo por las demás vías de acceso. Se hace hincapié en esto porque en ningún caso se podrá afirmar que el contaminante tratado provenga de un buque. Es decir, si por ejemplo se encontrará un vertido de gas-oil a unas quince millas de las costas de Barcelona, no se puede confirmar que este vertido provenga de un buque ya que pudiera haberse dado el caso de que se tratará del gas-oil derramado por un camión cisterna accidentado en Montjuic que se ha filtrado por el sistema de alcantarillado y ha desembocada al mar.

En este trabajo también se tiene que tener en cuenta que la zona de estudio, tal como se muestra en el mapa inferior, se ve constantemente interferida por los buques que circulan por las denominadas autopistas del mar que cubren las rutas Barcelona-Génova, Barcelona-Civitavecchia y Barcelona-Génova- Livorno-Fos. Las autopistas del mar en

los últimos años han evolucionado de manera muy favorable debido a que la distancia marítima es inferior a la distancia recorrida por carretera y se ha convertido en el medio por el cual las mercancías de España y Portugal exportan e importan al resto del continente Europeo.



1

Según su naturaleza, los contaminantes se pueden clasificar en bióticos o biológicos y abióticos. Dentro de los abióticos se distinguen los agentes químicos y los agentes físicos.

2.1. Contaminantes bióticos:

Engloba los contaminantes que tienen vida; diferentes microorganismos que se pueden encontrar en el agua (bacterias, hongos, algas, protozoos, virus...)

Suelen ser introducidos por el transporte muchas especies de virus, bacterias, plactons y animales, que pueden sobrevivir diversas semanas en el agua o en el sedimento de los tanques de lastre de los buques. La descarga de esta agua en puertos alejados al lugar de origen puede dar lugar a la introducción de especies exóticas no deseables que pueden alterar el equilibrio del ecosistema local, o introducir virus y bacterias patógenos que propaguen enfermedades.

En la zona que se estudia en este proyecto (Barcelona-Baleares), se estima desde un principio la no existencia de este tipo de contaminación derivada por los buques que realizan tal ruta ya que las características ambientales (climas) de ambas zonas son muy similares y por tanto se parte de la idea de que están compuestas por la misma fauna y flora marina.

Con esto no se quiere decir que en el mar mediterráneo no se hayan podido introducir seres vivos por medio de buques que realicen otras rutas. Sobretudo conociendo un

¹ Rutas de las autopistas del mar. Informe ANAVE

informe del programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA), que afirma que la densidad de tránsito de barcos mercantes en el mar Mediterráneo es particularmente importante en comparación con los océanos de alrededor del mundo. Aproximadamente el 30% del volumen del tránsito marítimo internacional procede de alguno de los 300 puertos mediterráneos o bien se dirige o pasa por el mar mediterráneo

2.2. Contaminantes abióticos:

2.2.1. Contaminantes químicos:

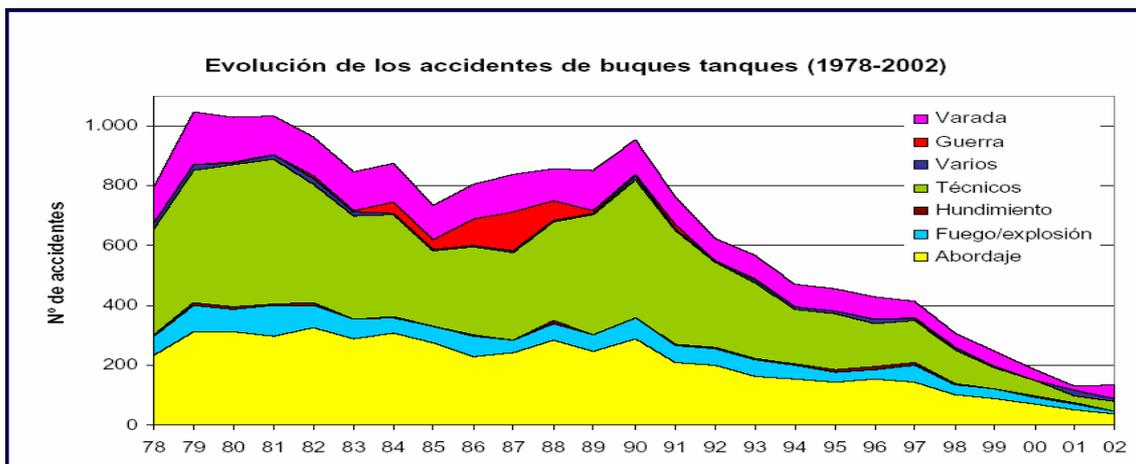
Dentro de los contaminantes químicos se distinguen los orgánicos y los inorgánicos.

- Orgánicos:

Plaguicidas (insecticidas, herbicidas...): Estas sustancias cada vez son más abundantes en los ríos por el abuso que se hace de ellas en la agricultura. Están prohibidos los plaguicidas compuestos por mercurio y clorados orgánicos persistentes (DDT, aldrín, dieldrín, endrín, clorano, HCH, heptacloro, hexaclorobenceno, nitrógeno, 1.2 dibromoetano y 1.2 dicloreto).

Hidrocarburos: Cuando se habla de vertidos de estas sustancias a la mayoría de las personas le viene a la cabeza los grandes accidentes marítimos tipo el Prestige, que genera un gran impacto mediático por producir una contaminación más inmediata. INTERTANKO dictamina que los accidentes sólo provocan el 12% de la contaminación marina por hidrocarburos, operaciones rutinarias en los buques tales como limpieza de tanques y sentinas entre otras inciden un 37.7%.

Estos grandes accidentes afortunadamente son casos muy puntuales que se producen de tanto en tanto por lo que no se profundizará en este tema. Sólo se quiere concretar que tal como se observa en el gráfico inferior, año tras año se ha ido disminuyendo la siniestralidad y los incidentes contaminantes gracias a las constantes mejoras de las normas de seguridad.



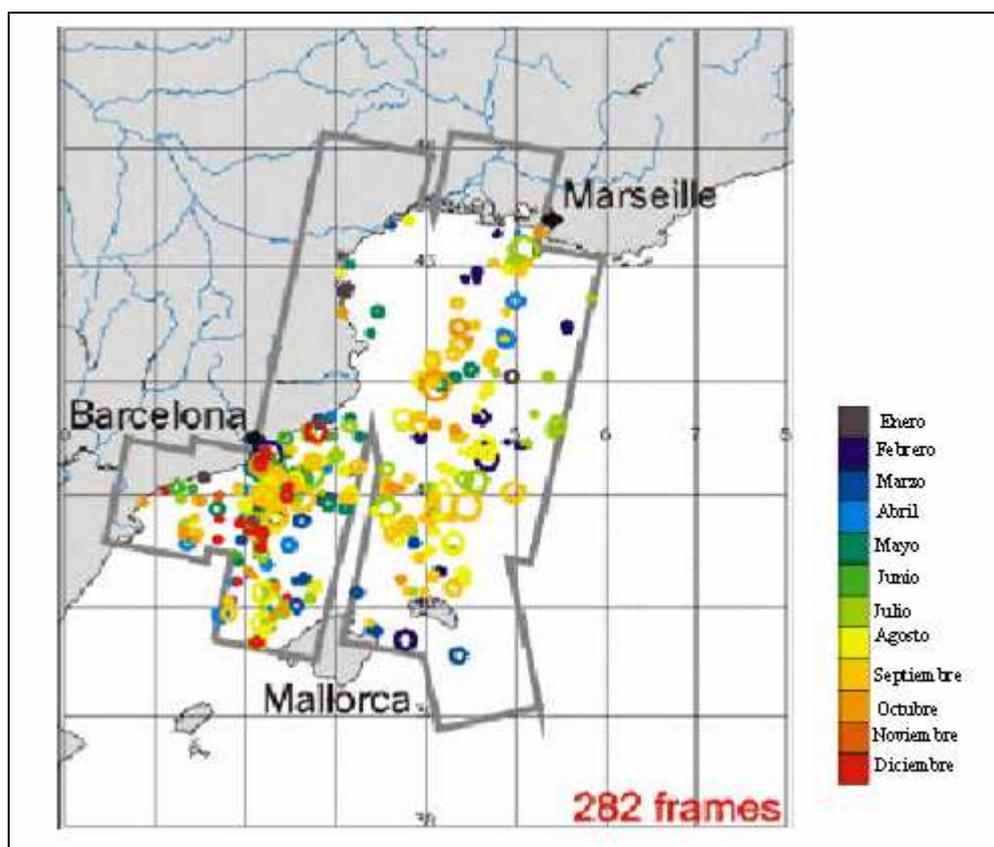
2

² Evolución de los accidentes de los buques tanques (1978-2002). Fuente ANAVE.

La mayor causa de la pérdida de hidrocarburos en alta mar y áreas portuarias está relacionada con el tráfico marítimo de petroleros. En la zona de estudio que se trata en este trabajo (Barcelona-Baleares), el tráfico de petroleros es casi nulo por no decir inexistente. Pero al tratarse de una zona de paso de este tipo de transporte para dirigirse a sus distintos destinos, la ruta Barcelona-Baleares se ve constantemente atravesada por dichos buques.

Los petroleros que cruzan el mar mediterráneo, descargan alrededor de 600.000 toneladas de hidrocarburos por año en esta zona, aún tratándose de una zona protegida por sus sensibles particularidades oceanoográficas.

La estabilidad de los petroleros es muy importante por lo que tiene que realizar sus travesías con los tanques llenos del todo o vacío. Pero a veces se da el caso en que los tanques están a medias. En la práctica lo que se hace es llenar los tanques de agua de mar consiguiéndose la estabilización del centro de peso del buque. El petróleo es menos pesado que el agua y en los puertos es fácil recogerlo desde la capa superior de los tanques, pero durante el viaje el agua de mar se mezcla con el crudo y son contaminadas.



3

Como se observa en la figura adjunta la incidencia de vertidos de crudo en la zona de estudio se incrementa en los meses de verano (agosto y septiembre). Esto podría ser

³ Derrames detectados mediante imágenes SAR en el área de estudio en el MAR Báltico (proyecto Clean Seas). Fuente: Platonov, Alexei. Aplicación de imágenes de satélites Sar, en los estudios de contaminación marina y de dinámica de las aguas en el mediterráneo noroccidental. Barcelona.2002.

debido además de los petroleros que hacen escala en la ciudad de Barcelona, al aumento de la actividad marítima de los barcos de pasaje durante su tránsito en esos meses.

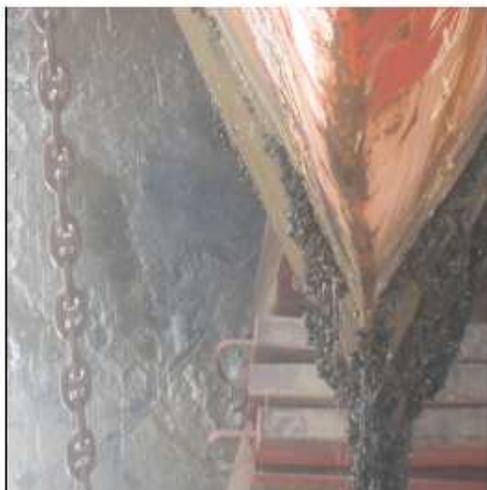
Las causas más comunes de presencia de hidrocarburos en las aguas son:

- Descargas industriales y residuos urbanos.
- Operaciones rutinarias de los buques: limpieza de tanques de sentinas, eliminación de los residuos de carga, y derrames operacionales accidentales. Son pequeños derrames de 7-10 toneladas de media.
- Accidentes de petroleros u otros buques.
- Precipitación desde la atmósfera, su origen son humos industriales y urbanos. Las nubes tóxicas que se forman por la acumulación de humo de los vehículos llegan tarde o temprano a las aguas del mar. Basta que la pluma de gases toque el agua o que llueva para que se depositen en el mar todos los elementos nocivos.
- Fuentes naturales.
- Se originan en las actividades de explotación y producción de petróleo.

Detergentes: Su presencia es destacable en los ríos y proviene de los detergentes “duros” enzimáticos empleados en los hogares y las industrias. La directiva 73/704 de la Unión Europea ordena cuatro clases de detergentes: *aniónico*, *catiónico*, *noniónico* y *anfiónico*. En la actualidad tan sólo está permitida la comercialización de aquellos detergentes con un índice medio de biodegradabilidad de sus enzimas mayor al 90%.

Materia orgánica: Residuos formados por las basuras sólidas de los barcos que pueden provenir de las sobras de los comedores y/o de la cocina, así como de los trabajos rutinarios y domésticos de la tripulación. Esta materia es biodegradable.

Biocidas: Se emplean biocidas en los revestimientos anti-incrustantes de los cascos de los buques para evitar la colonización de la superficie por organismos, que con un desenfrenado crecimiento, puede derivar en una comunidad que ensucia el fondo del buque. Esto afecta negativamente al buque incrementando la fricción del casco y por tanto aumentando el consumo de combustible. Si un buque no está protegido por sustancias antiincrustantes su fondo puede acumular hasta 150 kg de organismos no deseables por metro cuadrado de casco en menos de seis meses de permanencia en la mar. Estas incrustaciones conducen a un incremento en el consumo de combustible de hasta un 50%. También hace disminuir la velocidad y la maniobrabilidad del barco, así el combustible extra quemado resulta en una gran contaminación del aire.



4

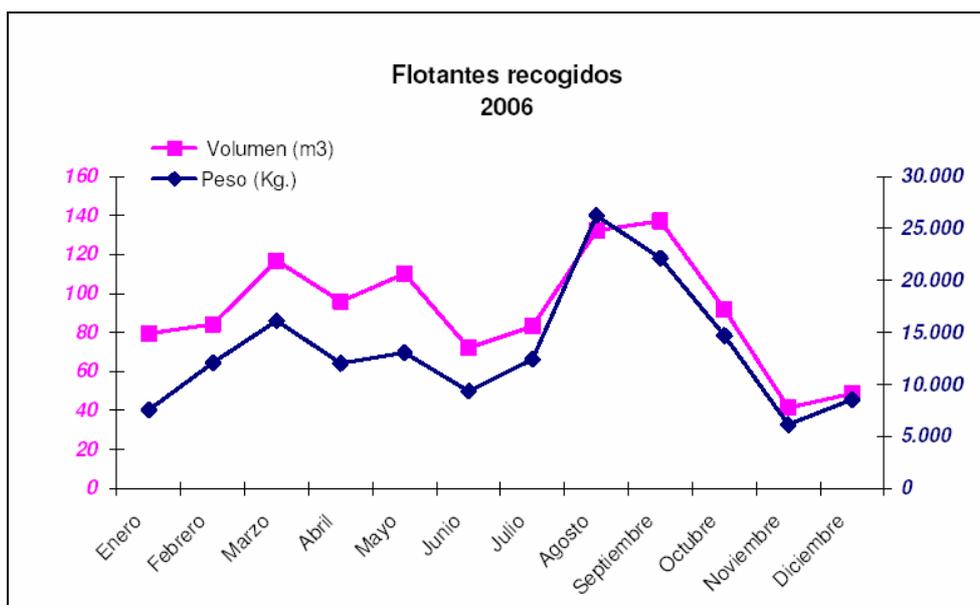
Los primeros biocidas que se emplearon en los buques fueron la cal y más tarde el arsénico, los compuestos de mercurio y los DDT (*dichloro dithenyl trichloroethane*).

El TBT (*tributyltin*) ha sido el biocida más comúnmente usado en las pinturas anti-incrustantes y el más problemático. Los TBT contienen estaño que proporciona unas óptimas características para la protección de los cascos de los buques. Los compuestos orgánicos que contienen el estaño y que provienen del lento y progresivo desprendimiento de las pinturas anti-incrustantes en el agua son muy persistentes.

Otros compuestos orgánicos amenazantes son los compuestos orgánicos persistentes y tóxicos (*bifenilos policlorados*, PCBs, *dibenzo-p-dioxinas*, PCDD y *dibenzo-p-furanos*, PCDEs). Los PCDD y los PCDE emanados mayoritariamente en procesos de combustión (incineradoras, vehículos) y son subproductos de procesos industriales (papeleras, fabricación de clorofenales y fenoxiácidos).

Plásticos: Se caracterizan por poseer una degradación muy lenta. Debido a que están hechos de polímeros, que son largas cadenas de hidrocarburos, tan estrechamente unidas que los hongos microscópicos y las bacterias que disuelven otras materias orgánicas, no pueden penetrar en ellos. Sus fuentes de origen son muy diversas: ríos, yates, buques mercantes, buques de pesca.... Especialmente se localizan en zonas costeras pero el viento y las corrientes marinas hacen que ningún rincón esté libre de él.

⁴ Casco de un buque colonizado por organismos. Colección personal.



5

Todos los residuos que se pueden acumular durante un día en las playas en temporada de baño, durante el atardecer y la noche el viento de tierra que va hacia el mar (terral) son trasladados mar adentro dispersándose en las aguas. Por la mañana el viento va del mar hacia la tierra (virazón) y devuelve estos desperdicios a la tierra. Así que a primeras horas de la mañana se encuentra un cúmulo de residuos flotantes debido al equilibrio que se produce entre ambos vientos.

- Inorgánicos:

Fosfatos: Se emplean principalmente como abonos y por sus propiedades tensoactivas en detergentes (entre otras sustancias también perjudiciales). Por lo que su llegada al medio acuático puede ser a través de los fertilizantes utilizados en los cultivos próximos a los ríos, por los jabones empleados para la limpieza de tanques de las industrias cercanas o por las aguas residuales urbanas.

Otro foco de entrada son las aguas provenientes de los buques. Las aguas grises además de fosfatos y otros nutrientes de los detergentes y jabones, pueden ser portadores de cloro o fluor de los dentífricos y piscinas, bacterias patógenas, así como cualquier otra sustancia potencialmente dañina utilizada para la higiene personal.

Nitratos: proceden de la descomposición de restos de plantas, animales, abonos y aguas fecales. Llegan al mar a través de los ríos o por la descarga de las aguas negras de los buques.

Metales pesados: mercurio, cadmio, plomo, etc.

⁵ Gráfico de los flotantes recogidos en el puerto de Barcelona durante el 2006. Fuente: Autoridad portuaria de Barcelona

Uno de los focos emisores de mercurio en el mediterráneo es una de las más importantes industrias productoras de cloro-sosa españolas (cros en Flix) ubicada en Tarragona y que envía sus vertidos al río Ebro.

Las concentraciones de cadmio en el agua derivan de la minería y la metalurgia del zinc, cobre y plomo y de las industrias de galvanización, esmaltes y pinturas.

El dióxido de titanio es un pigmento blanco utilizado en pinturas y otros propósitos. Su fabricación produce una elevada cantidad de residuos que son descargados al mar. Los vertidos concentrados de esta sustancia desde buques al mar mediterráneo es más destacable respecto a otros mares, debido a que este mar es muy poco movido por lo que no consigue dispersar tan bien esta sustancia como lo hacen otros océanos.

Las aguas residuales urbanas que terminan en el mar conducen un notable aporte de metales pesados que influye en la salud del mediterráneo, ya que estos no se pueden eliminar en las depuradoras.

2.2.2. Agentes físicos:

Contaminación térmica: sobrecalentamiento del agua del mar como resultado de su paso por los circuitos de refrigeración de las instalaciones industriales costeras.

Contaminación acústica: provocada por los motores de los buques, radares y el sónar.

Disminución de la transparencia: Crecimiento desmesurado de algas que hacen que las aguas se vea más turbias.

Alteración del fondo marino por la acción de las anclas: La regresión de los hábitats sumergidos por el impacto de las anclas se inició a partir de la Segunda Guerra Mundial y se ha ido incrementando hasta nuestros días sin interrupción.

2.2.3. Contaminación atmosférica:

Realmente la contaminación atmosférica es un contaminante químico, pero por su notable importancia se ha creído conveniente tratarlo en un apartado aparte.

Los gases más comunes emitidos por las industrias y los buques son el CO₂, CO, NO_x, SO_x, CH₄, CFC, HCFC y partículas (inquemados). Todos ellos excepto las partículas influyen en el efecto invernadero. El CO₂ se podría considerar que es el que interviene en mayor medida porque es el que en más cantidad se emite a la atmósfera. Desde el punto de vista del poder de radiación los que más contribuyen al efecto invernadero son los CFC y los HCFC, pero al estar limitada su utilización colaboran menos.

En concreto, los CFC están prohibidos, siendo el 2004 el último año en el que las instalaciones nuevas podían tenerlo.

Los HCFC_s tienen fecha de caducidad hasta el 2020, con una extensión hasta el 2025 para las instalaciones que tengan que hacer retimbrado.

Los CFC y HCFC son agentes refrigerantes orgánicos y su composición es diferente en función del contenido en cloro. Es decir, cuanto más cloro contengan más dañinos son. Los parámetros empleados para evaluarlos medioambientalmente son el ODP y el HGWP.

- ODP: Ozone depletion potencial (potencial de destrucción de ozono)

CFC	ODP: 0.35~1
HCFC	ODP: 0.015~0.06
HFC	ODP:0

- HGWP: Halocarbon global warning potencial (potencial de contribución al calentamiento global de los hidrocarburos halogenados)

CFC	HGWP: 1~ 7.5
HCFC	HGWP: 0.010~0.4
HFC	HGWP: 0.3~0.6

Otro parámetro muy empleado en las instalaciones frigoríficas es el TEWI (total emissions warning impact). Se emplea para calcular el impacto total de las emisiones mediante el sumatorio de todo lo que puede afectar al calentamiento global del funcionamiento de la instalación, En el cálculo no sólo se tiene en cuenta los gases que se fugan (impacto directo); también se consideran los necesarios para hacer la electricidad (indirecto)

$$TEWI = (GWP * L_{ANUAL} * n) + (E_{ANUAL} * \beta * n)$$

L_{ANUAL} : Caudal anual que se considera que se fuga

n : Número de años que se consideran

E_{ANUAL} : Kw/h que consume la planta frigorífica en un año

β : Emisiones de CO₂ (CO₂/KWh). Depende del tipo de planta que se considere

GWP : Potencial de calentamiento global de cada uno de los gases. Este parámetro se puede emplear para cualquier gas. Como referencia se coge el valor del GWP para el CO₂. ($GWP_{CO_2} = 1$)

Otros gases perjudiciales que pueden entrar en contacto con la atmósfera son los que se escapan de las terminales de carga (si no se utilizan sistemas de recirculación que eviten la liberación a la atmósfera de este tipo de compuesto), los que se evaporan de la carga de los buques o los que se emiten tras la incineración a bordo de los buques.

Está totalmente prohibida la incineración de PCB_s o sustancias que contengan metales pesados y que son el foco de entrada en la atmósfera de sustancias cancerígenas y además pueden emitir dioxinas o furanos.

3. IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES:

En el título anterior se definió el impacto medioambiental como las alteraciones introducidas por una actividad humana.

La norma UNE-EN-ISO 14001 lo describe como cualquier cambio o modificación en el medio con efectos negativos o positivos producidos como consecuencia de las actividades, productos y servicios de una organización.

Se considera un impacto potencial aquel que derivará de una actividad en marcha o el que se producirá al ejecutar una acción que todavía está en proyecto.

El caso que se analiza en este proyecto es un impacto actual debido a que el transporte marítimo es una actividad en funcionamiento, desde hace mucho tiempo.

Si se analiza la primera definición de impacto, esta lo expresa como una alteración introducida por la actividad humana. Para valorar dicha alteración creada en los ecosistemas se compara la evolución en el tiempo que tendría el ecosistema, o alguno de los factores que lo constituyen, en ausencia de la actividad causante y la que tiene en presencia de éste. Es decir, es la diferencia de la evolución del entorno “con el transporte marítimo” y “sin el transporte marítimo”. Se distinguen los siguientes tipos de impactos:

- Impacto que se autoalimenta desencadenando en un proceso erosivo
- Impacto creciente hasta hacerse constante
- Impacto constante
- Impacto tendiendo a cero
- Impacto que disminuye con el tiempo hasta cambiar de signo

En la convención sobre diversidad biológica (CBD), se agrupó en cinco categorías principales las actividades que mayor impacto producen sobre ecosistemas marinos y costeros, que son: la contaminación química y la eutrofización, la pesca, el cambio climático global, las alteraciones físicas del hábitat y la invasión por especies exóticas.

La única actividad que no será tratada por este proyecto ya que no se incluye en el campo de los buques mercantes será la pesca.

3.1. Alteraciones en el ecosistema:

3.1.1. Eutrofización:

Uno de los factores que limita el crecimiento de las algas, principalmente, es la baja concentración de nitrógeno y fósforo característico del mar. Si se produce una aportación externa de nitrógeno y fósforo, por ejemplo por la descarga de las aguas negras de un buque, provoca el crecimiento desmesurado de ciertas algas. Este crecimiento desmesurado es lo que se denomina eutrofización. Este fenómeno es más

común en la comunidad pelágica, que son las aguas situadas en la parte superior de la columna de agua, con el crecimiento de algas verdes o rojas. Estas algas hacen que la luz del sol no pueda llegar al fondo, no permitiendo que las algas ubicadas en el bentos (en el fondo marino) capten luz. Las algas bentónicas son las “algas buenas” ya que sirven de alimento a otros peces y oxigenan la parte inferior de la columna de agua. Cuando cesa la aportación extra de nutrientes las algas pelágicas mueren, precipitándose hacia el fondo. Entonces las bacterias descomponedoras del fondo agotan el oxígeno del agua al procesar (pasar la materia orgánica a materia inorgánica) estas algas.

El término anoxia define un estado de oxigenación insuficiente, derivado de una aportación excesiva de nutrientes.

Lógicamente, sin oxígeno las especies que constituyen el fondo marino muchas veces se ven sujetas a una degradación continua y, por tanto, disminuyen considerablemente su biodiversidad. Esto no sólo significa la pérdida de sus poblaciones, sino la pérdida de las funciones que juegan en el ecosistema y una alteración de las especies con las que interactúan.

La anoxia es un proceso común de aguas estancadas (puertos). Un fenómeno con características similares a la eutrofización es la que se da en los afloramientos pesqueros, aunque en este caso no se produce anoxia. Los afloramientos pesqueros son territorios donde en determinadas épocas hay mucha pesca porque las algas bentónicas proliferan al haber una aportación de nitrógeno y fósforo. Pero esta aportación no viene de residuos sino de corrientes de aguas ricas en estos nutrientes. En este caso puntual no se considera negativo sino todo lo contrario.

3.1.2. Contaminación química:

Las partículas contaminantes que se depositan en el fondo marino (sedimentación), son asimiladas por las comunidades bentónicas en la alimentación (cuando absorben nutrientes del suelo, absorben también el contaminante).

Los contaminantes más perjudiciales para los ecosistemas marinos son los *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs) y *tributyltin* (TBT).

Los PAHs pueden ser introducidos básicamente por dos vías, una relacionada con los diversos tipos de hidrocarburos (derrames) y la otra vía es por la incompleta combustión de combustible fósiles u otros materiales inorgánicos. Debido a la naturaleza hidrofóbica de los PAHs y su baja presión de vapor, se acumulan en altas concentraciones en los sedimentos siendo un producto cancerígeno y de carácter mutante tanto para los organismos acuáticos como para los humanos.

Asimismo, la película de petróleo puede cambiar la intensidad y la composición espectral de la luz solar y de las ondas electromagnéticas que penetran en el agua. Una capa de crudo de unos 30-40 m⁻⁶ absorbe completamente las ondas de la luz infrarroja. Las capas más gruesas interrumpen el intercambio de gases entre la atmósfera y el ambiente marino poniendo en peligro la vida de las comunidades acuáticas.

Los *hidrocarburos polycíclicos aromáticos* (engloba a los hidrocarburos, productos de destilación, gasoil, carboreactores, nafta, mezclas de gasolinas, gasolinas y soluciones

de asfalto) se encuentran localizados en los ecosistemas marinos, sobre todo en áreas restringidas como puertos, marinas, astilleros, estuarios y zonas poco profundas (aguas superficiales) de la costa que están expuestos al tráfico de los buques.

Al aparecer, el crudo en la superficie del agua, tras un derrame de hidrocarburos, se desplaza sobre la superficie del mar y forma una película superficial conocida como oil spill. Inmediatamente en la superficie se inicia los procesos de oxidación y emulsificación de las sustancias petroquímicas, dispersándose por sedimentación hacia el fondo del mar, y por evaporación hacia la atmósfera. En las primeras 12 horas se evapora un 25% de las partes ligeras del crudo. Con una temperatura del agua igual o menor a 15°C todos los hidrocarburos se evaporan en un período inferior a 10 días. Al desaparecer todos los constituyentes gaseosos y disolventes, se transforma en una sustancia viscosa y se forman esferas de crudo. Estas esferas de crudo tienen una viscosidad alta y pueden mantenerse largo tiempo en la superficie marina, suelen aparecer en las playas debido a que son transportadas por las corrientes marinas.

Los sistemas de vigilancia aéreos para observar los derrames ilegales son escasos, pero cuando se realizan se detectan elevados casos. Durante los años 1996-1998, en el área Mediterránea, se obtuvieron más de 300 imágenes espaciales por medio de satélites ERS 1/2 y RADARSAT de sensor tipo radar de apertura sintética SAR.



6

⁶ Foto aérea de un buque con una estela de crudo en el mar del Norte. Foto extraída de Ingeniería del Agua. Vol.10. Nº2. Junio 2003. pag 153.

El Dr Alexei Platonov en su tesis “Aplicación de imágenes de satélite SAR, en los estudios de contaminación marina y de dinámica de las aguas en el mediterráneo noroccidental” analiza más de 300 imágenes SAR obtenidas mediante los proyectos:

- Clean seas (285 imágenes del satélite ERS-2)
- ERS-1/2 SAR Exploitation study in Catalonia (4 imágenes de satellite ERS-2)

Tras su estudio llegó a la conclusión de que la limpieza de tanques y sentinas se realizan usualmente por la noche debido a que las manchas de petróleo son recientes a la mañana siguiente y su difusión no es excesiva. Destaca las proximidades a Barcelona como lugar donde se concentra un número mayor de derrames, concretamente, justo en el límite de las aguas territoriales Españolas a una distancia de 12 millas de la costa es donde observaron un gran aumento de la contaminación. Por el contrario cerca de la costa francesa, principalmente en las rutas marítimas que se dirigen a Marseilla, no se detectó un número tan elevado de derrames.

Este hecho es justificado ya que el gobierno de Francia realiza un control aéreo sistemático sobre sus aguas costeras, que repercute en el conocimiento de dicha actividad y de las consecuencias administrativas para los capitanes de los buques.

La tecnología SAR va ligada a un sistema informático que permite conocer la zona y hora, por tanto se conoce el buque que ha realizado el derrame. El problema reside en que su eficacia no es del cien por cien debido a que no realiza una vigilancia de la zona de manera continua. Es decir no está operativo durante 24h los 365 días del año sobre un área en concreto, sino que tarda 35 días en pasar otra vez por la zona lo que dificulta muchísimo la vigilancia y por tanto no puede detectar todos los derrames que se producen. Aún así en el período de 1996-1998 se detectaron 293 manchas, estelas de crudo en mar abierto y penachos de aguas residuales cerca de las costas.

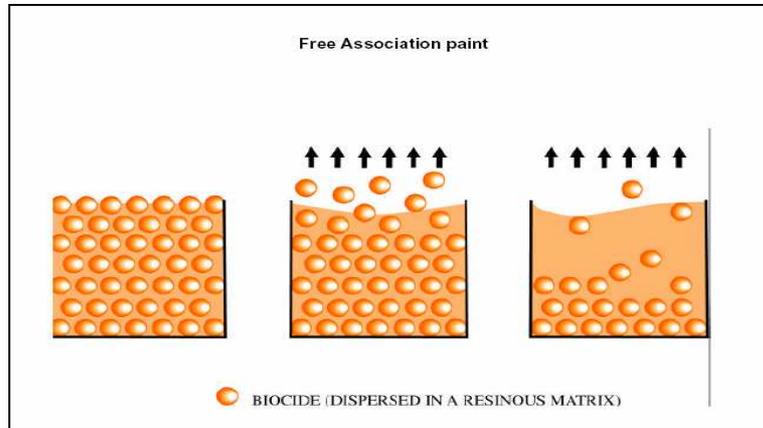
A día de hoy, tras el aumento tan considerable que se ha efectuado en este medio de transporte y el poco desarrollo que ha habido en materia de vigilancia, se cree que el número de sentinazos va en aumento. No siendo suficiente para frenar tal práctica las sanciones económicas impuestas a los armadores, capitanes y jefes de máquinas.

Prueba de ello son las manchas de fuel que de manera frecuente aparecen en la costa Catalana.

Desde los años 70 ha predominado el uso de compuestos orgánicos sintéticos (TBT) como biocida en las pinturas antiincrustantes de los cascos de los buques y otras estructuras inmersas en el mar (como por ejemplo en los tanques de aguas de lastre). El TBT se caracterizaba por ser un producto muy eficaz para proteger la obra viva de los buques además de ser bastante económico. Pero la alta toxicidad del estaño orgánico (ingrediente básico de estas pinturas) hizo que desde el 1 de enero del 2003 se prohibiera a nivel mundial aplicar este compuesto y a partir del 1 de enero de este año (2008) estará totalmente prohibida su presencia en los buques.

Este compuesto se va depositando en los sedimentos y se liberan en la columna de agua, no es soluble pero tiene mucha afinidad por penetrar las membranas biológicas.

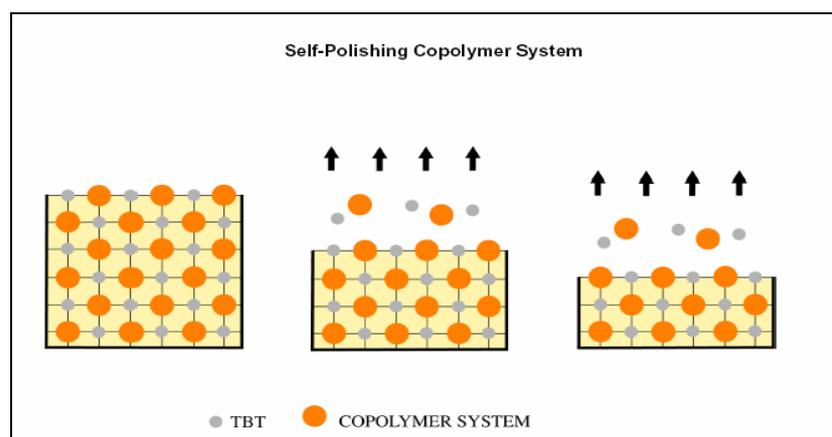
En las pinturas (free association), los ingredientes activos de los biocidas se dispersan desde dónde se filtran al mar, matando toda vida marina que se haya podido enganchar al casco del buque. El porcentaje de entrada de estos compuestos al mar es incontrolado y tiende a ser más rápido al inicio. Los efectos pueden perdurar entre 18 y 24 meses estando el biocida fuera de la pintura.



7

A finales de los años 60 incurrieron en el mercado las pinturas autopulimentantes, estas sólo eran utilizadas por yates y embarcaciones de recreo, hasta que en 1980 su uso quedó restringido a embarcaciones menores de 25m de eslora.

Al contrario que las anteriores, en las pinturas autopulimentantes el porcentaje de entrada de este compuesto en el mar es controlado porque el biocida se desprende cuando el agua reacciona con la capa de pintura de la superficie. Al desprenderse la capa de pintura de la superficie, la misma reacción comienza de nuevo en la siguiente capa. De este modo, el porcentaje de biocida desprendido es siempre el mismo, beneficiando al buque permitiéndole mantener durante más tiempo la protección del casco (hasta 60 meses).



8

⁷ Efectos de las pinturas free association. Foto extraída de www.imo.org

⁸ Efectos de las pinturas antipulimentantes. www.imo.org

Los TFT actúan negativamente sobre la fauna acuática inutilizando el sistema endocrino de los gasterópodos (*imposex*), provocando malformaciones en ostras y en pequeñas concentraciones hay una elevada mortalidad de las larvas del mejillón.

Obviamente todos estos contaminantes que son transmitidos a las comunidades bentónicas, posteriormente son adquiridos por los peces que se alimentan de estos últimos y así sucesivamente.

Al igual que pasa con los PAH_s, la presencia de los TFT es más acentuada en lugares con gran concentración de buques, tales como marinas y puertos. Pero en aguas oceánicas y abiertas, la IMO asegura, se ha encontrado acumulación de TBT en peces y mamíferos.

Existe un estudio realizado por la autoridad portuaria de Barcelona sobre la distribución de los PAH_s y TBT en los sedimentos del puerto de Barcelona y su impacto en las comunidades bentónicas (fecha de finalización 2006). En él se da a conocer que sus 20 Km. de muelles y diques, los sedimentos que se encuentran enriquecidos por más cantidades de TFT ($326-4702\mu\text{g Kg.}^{-1}$) se encuentran en el Port Vell. Los expertos creen que las altas concentraciones de TBT en estas áreas se deben al amarre continuo de embarcaciones de recreo.



9

⁹ Contenido de TBT en los sedimentos a lo largo del Puerto de Barcelona. Imagen extraída del informe realizado por el área de medioambiente de la autoridad portuaria de Barcelona, El departamento de química medioambiental del CESIC y el área de tecnología medioambiental de la UPC. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH_s) and tributyltin (TBT) in sediments in Barcelona harbour (SPAIN) and their impact on benthic communities. Pag22.

Para dar explicación a este hecho los investigadores se remiten al sostenido crecimiento de las actividades de la náutica deportiva que se produjeron en esta área durante los veinte años anteriores. La persistencia de los TBT en los sedimentos (tienen una vida media de 1.85 y 10 años) sigue provocando daños en el medio acuático. Con estos datos se podría decir que se confirma que los principales introductores de esta sustancia en el medio acuático han sido las embarcaciones de recreo. No queriendo con ello restar importancia a los buques mercantes y de pasaje, que también han podido proteger sus cascos con tales compuestos.

Por otro lado, los niveles de metales pesados analizados en las aguas mediterráneas tienen una tendencia a la baja. El uso de gasolinas sin plomo ha tenido una traducción directa en la cada vez menor presencia de este elemento en las aguas del mediterráneo. La tendencia de los últimos quince años muestra que los niveles de este metal pesado han experimentado bajas muy significativas prácticamente en todas las estaciones de muestreo. También se registra un descenso de mercurio. La disposición señala que es en Barcelona y la costa catalana dónde es más baja.

3.1.3. Alteraciones físicas del hábitat:

3.1.3.1. Fondeo de embarcaciones y residuos no degradables:

Bajo el mar se encuentran muchos ecosistemas ricos y variados como los arrecifes de coral, praderas de fanerógamas, bosques de *Laminarias*...

Las praderas de fanerógamas, se denominan algueros aunque estos no son exactamente algas sino plantas acuáticas.

Dentro de esta familia se encuentra la *Posidonia oceanica* habitual del mediterráneo. Se localizan en aguas superficiales hasta unos 35 metros aunque es frecuente que el límite inferior de la pradera se sitúe entre los 15-20 metros, en las costas de las Islas Baleares. Concretamente las Pitusas es uno de los pocos santuarios del mediterráneo donde esta biocenosis todavía se encuentra en unas condiciones más que aceptables.

Entre el 80 % y el 90 % de la *Poseidonia* existente en España se encuentra en la zona que rodea Baleares.

Las praderas fanerógamicas marinas son víctimas de una importante regresión, siendo su presencia en el fondo marino irregular por el impacto directo que ejerce sobre ellas el fondeo de embarcaciones pues son golpeadas por las anclas.

Con fecha del 06/08/06 en el diario el Periódico se publicó un artículo del Doctor Carlos Duarte (investigador del consejo superior de investigaciones científicas) en el que afirmaba que las praderas de *Poseidonia* desaparecen a un ritmo anual de un 5% (diez veces más rápido que las selvas ecuatorianas). En Cataluña sólo queda 40 km² de *Posidonia* y en Baleares, dónde la situación está algo mejor, son entre 1000 y 2000m.

La disminución de estos cultivos es muy desfavorable para el ecosistema, debido a que estas áreas:

- Son unas de las que más elevada producción primaria del mediterráneo generan y que funciona como aporte de oxígeno. Es fuente de alimentación de peces, crustáceos y equinodermos, que a su vez sirven de alimento a otros peces

- Contribuyen a diversificar y estructurar el fondo y son el hábitat de especies de fauna y flora

- Juegan un papel fundamental en la dinámica litoral, manteniendo el equilibrio sedimentario del litoral y protegiendo la costa de la erosión, funcionando como arrecifes-barrera. Constituyen una trampa de sedimento y mantienen limpia el agua, por lo que son excelentes indicadoras de la calidad del agua

Este es el ejemplo, más común, ya que es el hábitat más arroyado en el mar por el ancla de las embarcaciones.

La situación es preocupante, más aún, sabiendo que recuperar una pradera marina puede suponer 200 o 400 años y que un metro de pérdida de *Poseidonia* implica la pérdida de diez metros de playa.

Un estudio realizado en el Caribe, en las Islas Vírgenes, por la organización Oceana; llegó a la conclusión de que con una sola vez que un buque echara su ancla sobre un fondo de Coral podían destruirse unos 190 m².

Otra problemática bastante extendida es la sedimentación de desperdicios no degradable en el fondo marino que alteran la vida de la flora y la fauna, ya sea eliminando nutrientes, interfiriendo en sus mecanismos de defensa (camuflaje) o interfiriendo en su alimentación. El grupo ecologista *Greenpeace* advierte que otra grave cuestión es el derivado de los pequeños fragmentos desprendidos por los plásticos que se depositan en el fondo marino. Estos pequeños fragmentos al ser ingeridos por los animales les puede provocar la obstrucción del tracto digestivo, derivando en la muerte del animal por inanición o malnutrición, en caso de que el tracto digestivo quede bloqueado. También existe la posibilidad de que los productos químicos que contengan esos plásticos sean absorbidos por el cuerpo de los animales que lo engullen.

3.1.3.2. Vertidos:

A parte de las implicaciones químicas que pueden proceder de los vertidos, estos también pueden interferir en la llegada de energía de la luz del sol, necesaria para la síntesis de nutrientes, al fondo marino.

En aguas más superficiales pueden verse gravemente afectadas por vertidos que provoquen alta turbidez y la consecuente reducción de luz y sedimentación, condiciones que no son nada favorables para su desarrollo.

Un ejemplo donde se priva de luz a causa de los vertidos son los fondos de *Maërl*, próximos a las Islas Baleares y compuestos por algas rojas calcáreas de diferentes especies entre las que comúnmente se encuentran *Lithothamnion valens* y *Phymaatholithon calcareum*. Se localizan a partir de los 30m y hasta los 100 m de profundidad en zonas poco iluminadas y con flujo de mareas y corrientes significativos.

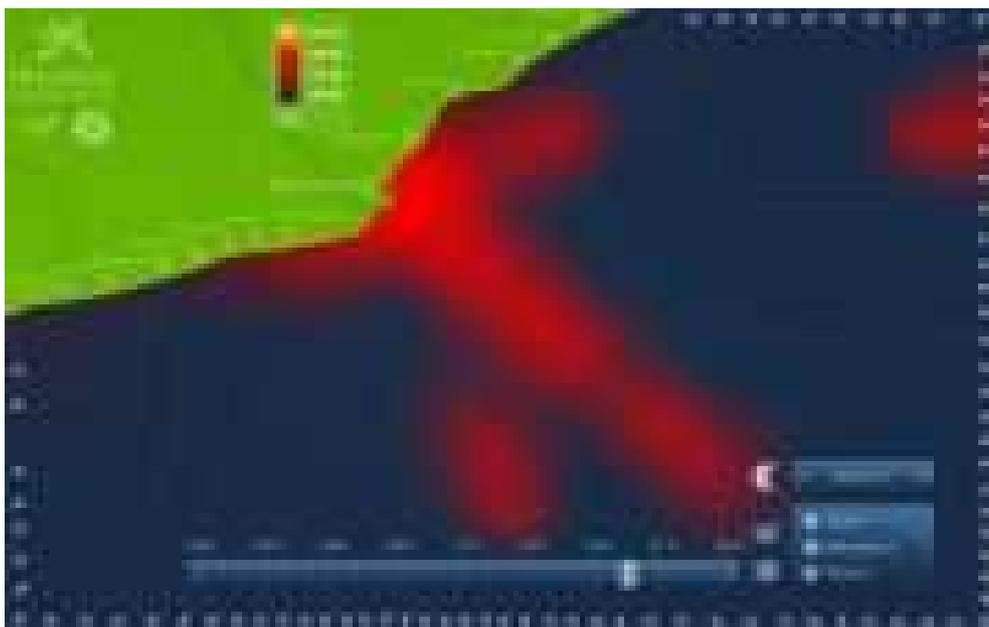
3.1.3.3. Contaminación acústica:

Por contaminación acústica se entiende cualquier sonido a un nivel determinado que puede resultar contaminante si impide o dificulta al animal receptor la buena captación de los ecos sonar o de las señales acústicas de la comunicación de su grupo social. Los niveles de contaminación de un sonido particular y su impacto morfológico y fisiológico dependen del tiempo de exposición y de la intensidad de la señal recibida.

La contaminación sonora submarina se ha convertido en una amenaza para el equilibrio marino porque afecta a especies, como los grandes cetáceos, cuya vida depende de la información acústica que perciben e intercambian con los miembros de su comunidad.

El sentido del oído de los cetáceos actúa a través de los canales auditivos como filtros de frecuencias, y cuando se solapan los ruidos por la contaminación acústica pierden sensibilidad de los sonidos que les permiten vivir.

En el pasado año 2007 se elaboró el primer mapa acústico submarino de la costa catalana realizado por el laboratorio de aplicaciones bioacústicas de la universidad politécnica de Cataluña (UPC), la asociación Sonsdemar y la obra social de La Caixa. Se prevé que para enero del 2009 esté terminado el primer mapa acústico de las costas atlánticas de la península Ibérica.



10

En este mapa se observa cómo el ruido submarino en zonas próximas a los puertos de Barcelona y Tarragona supera el umbral de tolerancia de algunos cetáceos. En los dos principales puertos catalanes se llega a los 190 decibelios de ruido, que son un umbral de dolor para muchas especies de cetáceos.

¹⁰ Mapa acústico de la costa del mediterráneo.

Fuente: http://www.lab.upc.es/index_link.php?web=mapa&long=ca

Aunque en esta memoria se centra en los buques mercantes, se cree conveniente comentar que en las áreas cercanas a los puertos deportivos han llegado a captar en verano una contaminación sonora de 160-170 decibelios bajo el mar.

La contaminación acústica afecta por igual a todos los mares y océanos. En el mediterráneo sus efectos son peores debido a que se trata de un mar cerrado por lo que las ondas de sonido padecen más dificultades para dispersarse debido a que chocan con las costas que las devuelven como si fueran un espejo.

El sonido es la forma de energía que mejor se propaga en el agua y proviene de cualquier ruido que sea generado en un buque (sala de máquinas, hélices, sonar...). Cada ser vivo, en especial los cetáceos, posee un canal auditivo característico. Es decir, es más o menos sensible a ciertas frecuencias sonoras. Además en función del tipo de barco el sonido generado es diferente, lo que dificulta la tarea de los expertos de estimar los efectos de una fuente sonora contaminante. Lo que si está claro, es que los mayores focos contaminantes son los buques de pasaje y carga, debido a que sus salas de máquinas son más ruidosas.

Los entendidos en esta materia actualmente no cuentan con niveles de referencia que permitan prever las consecuencias negativas de estas interacciones a corto, medio o largo plazo sobre el equilibrio natural de los océanos. Pero si que han podido observar que ciertas especies de cetáceos del mediterráneo han sufrido cambios en su comportamiento, en concreto en su instinto de caza; lo que deriva en grandes desequilibrios en la cadena trófica.

Al impacto que generan los sonares convencionales con los que van equipados todos los buques mercantes, hay que sumarles los producidos por los sonares de alta intensidad de uso militar. Estos últimos todavía no se han presenciado en aguas mediterráneas; pero sí en aguas cercanas a Canarias dónde han provocado la muerte masiva de *Sifios* (ballenas picudas).

Según un informe de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, hacía el 20 de septiembre del 2002, 15 ballenas murieron como consecuencia de hemorragias cerebrales provocadas con gran seguridad por fuertes señales acústicas, procedentes de barcos de la OTAN.

Estos sonares tan peligrosos para la fauna son conocidos por las siglas LFAS o SURTASS LFAS que significan Surveillance Towed Array Sonar System (sistema de sonar de vigilancia por medio de barrido reticular) y Low Frequency Active Sonar (sonar activo de baja frecuencia). Son aparatos muy precisos y abarcan distancias de hasta ciento de kilómetros. Su funcionamiento se basa en la utilización de ondas de sonido de alta intensidad (por encima de los 200dB) y baja frecuencia (entre 450 y 700 Hz). Emiten decenas de ondas de sonido en periodos de pocos segundos (cerca de 250 en 4-5 segundos) que golpean sobre los objetos y rebota hasta un receptor que las interpreta y permite visualizar el objeto.

En 1997 la comisión del congreso estadounidense sobre mamíferos marinos ya reconoció que este tipo de sonar puede provocar muerte por hemorragia en los pulmones y otros traumas en los tejidos, pérdida total o parcial de audición; disrupción

de los hábitos alimenticios, reproductores, de la comunicación acústica y sensitiva, y otras alteraciones vitales del comportamiento.

También hacia referencia a las perturbaciones que esta contaminación acústica podía provocar con alteraciones en las rutas migratorias, evitar las habituales zonas de alimentación y reproducción y otras habitas importantes, así como daños psicológicos y stress, haciendo a los animales más vulnerables a patologías, como el ataque de virus, bacterias o parásitos. En consecuencia, efectos sobre su distribución, número y supervivencia.

Este tipo de contaminación, aunque se lleva experimentando desde hace muchos años en nuestros mares, se podría decir que es relativamente nueva. En la actualidad las partes que integran el sector naval no están concienciados con esta problemática, debido a la no existencia de ninguna normativa que les obligue a tomar medidas o porque sus efectos no son tan visibles y escandalosos como el de los otros contaminantes, lo que no quiere decir que por ello sea menos dañino.

Michel André, miembro del laboratorio de aplicaciones biocacústicas (LAB) de la UPC asegura que tomando un mínimo de medidas, tales como aislar el ruido de la sala de máquinas que se filtra al mar se lograría reducir este tipo de contaminante en un 50%. También afirma que sus efectos son los más dañinos, rápidos y lo que más va poner en peligro a nuestros océanos. Por no estar regulada y porque sus características, ya que por ejemplo un derrame de hidrocarburos en principio es un hecho esporádico que se puede contener siendo finalmente afectada la zona dónde se produjo; por el contrario las ondas de sonido se están emitiendo continuamente, no se pueden reprimir y pueden llegar a cualquier lugar.

3.1.3.4. El cambio climático:

El cambio climático produce impactos en los ecosistemas marinos por alteraciones del clima. Estas alteraciones provocan un aumento de las temperaturas como se ha ido registrando en estos últimos años, debido a un incremento de la concentración de los gases de efecto invernadero.

Comúnmente se cree que el efecto invernadero es un proceso negativo, pero esto no es cierto del todo. En realidad se trata de un fenómeno natural que hace que la superficie de la tierra irradie hacía el espacio el calor que ha recibido del sol. En este proceso, parte del calor es absorbido por diversos gases presentes en la atmósfera en bajas concentraciones, especialmente por el dióxido de carbono (CO₂), el vapor de agua (H₂O), el óxido de nitrógeno (NO_x) y el metano. Por tanto en condiciones de equilibrio el efecto invernadero hace que la cantidad total de energía que entra en el sistema por radiación solar se compense exactamente con la cantidad de energía radiada al espacio, permitiendo a la tierra mantener una temperatura media constante en el tiempo. Si no existiera este efecto la temperatura media de la superficie de la tierra sería de unos -22°C, y gracias al efecto invernadero es de unos 14°C.

El problema viene cuando la concentración de los gases de efecto invernadero (presentes en la atmósfera de manera natural), se ve modificada por la actividad humana principalmente por el uso intensivo de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte.

El transporte marítimo siempre ha estado considerado como un medio de transporte favorable al medioambiente, ya que se pensaba que las emisiones procedentes de este sector no superaban las 400 toneladas anuales. Hace unos días un informe reciente de la ONU se filtró al diario británico *The guardian* (fecha del artículo 15/02/08). El estudio realizado por científicos de diferentes países con datos suministrados por las industrias petroleras y navieras, ha destapado la polémica estimando que las emisiones anuales realizadas por los buques han alcanzado ya los 1-120 millones de toneladas de CO₂ al año, cerca de un 4.5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Aún siendo así, el transporte marítimo sigue siendo poco contaminante (dentro de lo que cabe), posicionándose detrás de otros factores contaminantes como los automóviles, el sector doméstico, la agricultura y la industria.

Sector	CO ₂ (Kt CO ₂ eq)	CH ₄ (Kt CO ₂ eq)	N ₂ O(Kt CO ₂ eq)	Fluorats(Kt CO ₂ eq)	Total Kt CO ₂ eq
Producción y transformación de energía	4.855,3	2,0	21,2		4.878,5
Sector industrial	935,8	1,2	9,8	103,2	1.050,0
Comercial, residencial y institucional	441,4	10,7	5,5		457,6
Transporte	3.099,2	5,2	64,2		3.168,6
Por carretera	1.831,2	4,6	52,6		1.888,4
Marítimo	486,3	0,5	3,9		490,7
Aereo	781,8	0,1	7,7		789,6
Gestión de residuos	91,0	234,9	35,9		361,8
Agricultura y otras fuentes	96,7	119,8	156,6		373,1
Total	9.519,4	373,8	293,3	103,3	10.289,7

11

¹¹ Emisiones de gases de efecto invernadero en las Islas Baleares en el año 2005.

Fuente:

<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST145ZI21553&id=21553>
 (fecha de la consulta 10/03/08).

Derivado del cambio climático se prevé en todos los océanos un aumento de la temperatura de las aguas superficiales.

Concretamente en las aguas del mediterráneo occidental, según un estudio publicado por el instituto español de oceanografía en el 2007, a lo largo del siglo XX han aumentado la temperatura y salinidad de las aguas profundas, incrementándose esta tendencia en la segunda mitad del siglo XX. Además las aguas superficiales en la costa catalana, desde 1973 hasta el presente, ha sufrido un calentamiento muy intenso desde la superficie hasta los 80m de profundidad.

Todas estas perturbaciones afectan a los ecosistemas marinos, previéndose un cambio de distribución de muchas especies (tanto pelágicas como bentónicas), con el aumento de especies de aguas templadas y subtropicales y la disminución de especies boreales.

El cambio de temperaturas de las aguas favorece a un aumento de especies invasoras, asimismo de un incremento en la aparición de especies de fitoplancton tóxico o de parásitos de especies cultivadas.

Los científicos señalan que el calentamiento global puede suponer el golpe de gracia para los hábitats submarinos en peligro, ya que con un grado de más se incrementaría en un 3% la pérdida de praderas de *Poseidonia* en lugares tan bien conservados como el archipiélago de Cabrera.

Los bosques de *Laminarias*, que se encuentran en fondos de hasta 150 metros en Cataluña, Baleares, y Comunidad Valenciana, son los más vulnerables al incremento de temperaturas (también se ven muy afectados por la contaminación de metales pesados).

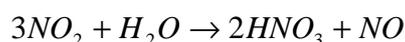
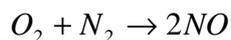
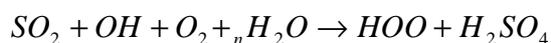
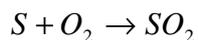
Cómo se ve estos cambios afectarán a muchos grupos de organismos, des del fitoplancton y zooplancton a peces y algas, llegándose a producir cambios en las redes tróficas marinas.

Los gases de efecto invernadero emitidos por los buques son: vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxidos de nitrógeno (NO_x), CO_x , SO_x , y los clorofluorocarbonos que son compuestos artificiales tales como los CFC_s y los $HCFC_s$.

No todos contribuyen de igual manera, ya que por ejemplo el CO_2 genera mayor impacto porque es el que más se emite a la atmósfera. Desde el punto de vista del poder de radiación los que más aportación hacen son los CFC_s y los $HCFC_s$, pero no es así debido a que su utilización está limitada.

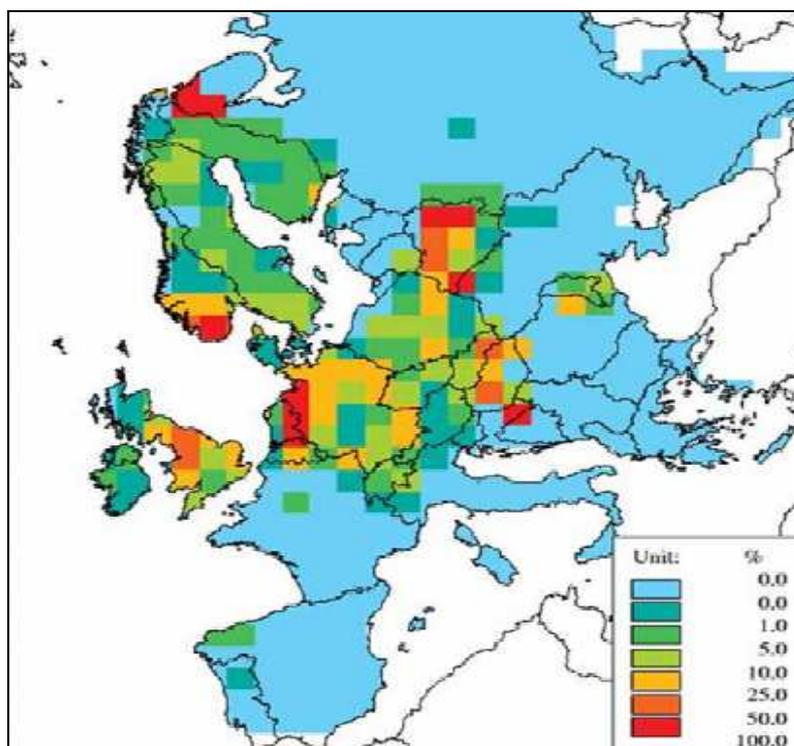
Los NO_x , SO_x y el azufre que pueda contener el combustible también participan en el fenómeno de la lluvia ácida. La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre (que también son emitidos por fábricas, centrales eléctricas, y el resto de transportes que utilicen productos derivados del petróleo o el carbón). En interacción con el vapor de agua, estos gases forman ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácidos nítricos (HNO_3), estas sustancias químicas vuelven a la tierra precipitándose en forma de lluvia, rocío, llovizna, granizo, nieve o niebla.

Las reacciones que se producen:



Los problemas que puede generar la lluvia ácida en el mar es la acidificación de las aguas, que da lugar a un aumento de la mortalidad de los peces.

De manera indirecta también contribuye a la eutrofización de zonas costeras, entre otros lugares, ya que los protones procedentes de la lluvia ácida arrastran ciertos iones del suelo (cationes de hierro, calcio, aluminio, plomo, zinc) que sumados a los nitratos y sulfatos de las aguas da origen a un crecimiento desmesurado de las algas.



12

¹² Mapa Europeo de contaminación EMEP (Monitoring and Evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe). Extraído del informe: impacto previsible de las nuevas normas OMI (Anexo IV

Las emisiones de SO₂ que caen sobre cuadrículas azules, son ecosistemas que superen su carga crítica, son medioambientalmente aceptables. Por carga crítica se conoce al umbral de concentración de un contaminante, aislado o asociado a otros, por debajo del cual no causa efectos significativos sobre la estructura y función de los ecosistemas.

A parte de todos estos daños; las emisiones contaminantes también afectan de modo directo a la salud humana. En el número de marzo de 2008 de la revista MER, se hace referencia al estudio publicado en el mes de diciembre en la revista *Environmental science & Technology*. El artículo titulado “Mortality from ship emissions: a global assessment”, ha sido realizado por el Dr. James J Corbett de la universidad de Delaware y el Dr. James Winebrake miembro del Rochester Institute of Technology. Este hace referencia a la relación del tráfico marítimo con 60.000 muertes anuales por problemas cardiopulmonares y por cáncer de pulmón, particularmente en áreas costeras cerca de las principales rutas marítimas en Europa y del sur de Asia. También prevé que estas muertes podrían aumentar en un 40% antes del 2012, debido al aumento del tráfico marítimo. Se cree que reduciendo el nivel de azufre de los combustibles se puede reducir estas muertes prematuras en un 50-60%. Este estudio es pionero, ya que es el primero que se realiza.

3.1.3.5. Invasión de especies exóticas:

Como ya se mencionó anteriormente, Cataluña y Baleares se caracterizan por tener climas muy similares y por tanto su flora y fauna marina son parecidas. Por este motivo no se da el caso de que se introduzcan especies de hábitat distantes. Pero, si que las especies foráneas que ya hayan sido introducidos en uno de esotas hábitat, puede ser extienda y dispersada en el otro.

Unas 500 especies exóticas procedentes del mar rojo y de habitas tropicales están colonizando el mediterráneo, según datos de Naciones Unidas. Concretamente han contabilizado 98 especies de peces, 63 de crustáceos y 137 de moluscos invasores. Los expertos calculan que alrededor de 200 de estos animales invasores están ya estabilizados en el mediterráneo y han formado colonias. Estas especies llegan a la zona por el agua de lastre de los buques que cruzan el Canal de Suez (44%) y el estrecho de Gibraltar (7%).

Seis de las ocho microalgas invasoras en el mediterráneo están presentes en aguas de Baleares; estas son la *Caulerpa toxifolia*, *Acrothammion pressi*, *Asparasopsis taxiformis*, *Wonersleyella stesetacea*, *Lephocladia lallemandi* y *Caulerpa racenasa*.

El ejemplo más claro que se conoce es el de la *Caulerpa toxifolia*. Es un alga asesina que apareció en Europa en el año 1980. Esta es originaria de Japón, sur de china y Corea. Cuando se instaló en territorio Europeo eliminó de sus aguas algas nativas como la *Poseidonia*, que es fundamental en el ecosistema costero para el desarrollo de los pescados y los invertebrados larvales. Los primeros casos aparecieron en Mónaco pero en poco tiempo ya había colonizado las costas de España, Francia, Italia, Inglaterra, Holanda, Bélgica, Argentina, USA, etc. La *Caulerpa* es tóxica y no proporciona

nutrientes aprovechables por las especies. Se tiene conocimiento de que ya ha llegado a las Islas Baleares pero tienen la situación bajo control.

El fondo marino del litoral de Mallorca, Cabrera e Ibiza se encuentra colonizado por la *Caulerpa racemosa*, un alga del mar rojo que se introdujo en el mediterráneo a través del canal de Suez en la década de los 20 y durante los años posteriores se quedó limitada a la costa de Egipto. En 1991 la colonización de la costa hacia occidente fue imparable conquistando las Islas Baleares. La *Caulerpa racemosa* se caracteriza por crecer a velocidades superiores a un centímetro por día durante el verano y otoño. Sus efectos aún se desconocen; no teniendo claro los científicos si esta desplazando a la *Poseidonia* o si la *Poseidonia* retrocede por otras causas y la *Caulerpa* ocupa estos espacios.

En 1987 en el mediterráneo y concretamente en 1994 en Menoría se detecto por primera vez la *Womersleyella Setacea*, especie muy agresiva que también supone un peligro para la *Poseidonia*. La *Womersleyella Setacea* se incrusta encima de otros organismos y acaba por ahogarlos.

Por último en el 2005 se registro en el mediterráneo la presencia del alga invasora *Lophocladia lallemandii*. Su procedencia se ignora pero constituye una amenaza para la *Poseidonia oceánica*, a la que acaba ahogando.

El puerto de Barcelona es uno de los que más movimiento tiene, recibiendo buques de casi todos los rincones del mundo, por lo que es incalculable la cantidad de aguas de lastre que se pueden mover.

Hay organismos como los *quister dinoflagelados*, que son capaces de sobrevivir largos períodos en las aguas de lastre. La IMO no tiene conocimiento de cuanto tiempo pueden sobrevivir un organismo encerrado en un tanque de lastre. Pero tiene consciencia que el tiempo que permanece el agua de lastre en un tanque de lastre cerrado influye en el número de organismos supervivientes debido a la falta de luz, la reducción de los elementos nutritivos y de oxígeno, los cambios de salinidad y otros factores.

Pero las aguas de lastre no es el único medio de transporte para las especies foráneas, ya que también se pueden introducir especies por medio de los tubos intercambiadores-condensadores de los sistemas de refrigeración.

Sobre la superficie interior de dichos tubos se puede depositar materia orgánica, esta materia recibe el nombre técnico de biofouling. Tan sólo después de un breve espacio de tiempo (minutos) de inmersión de una superficie limpia en un medio acuoso, ciertas moléculas son atrapadas, permitiendo que las bacterias colonicen la superficie seguidas de organismos microscópicos, formándose una película biológica. En una fase ya posterior, invertebrados marinos como larvas y plantas se asientan sobre esta comunidad ya establecida. Lógicamente, toda esta actividad es muy negativa para estos equipos ya que reducen la capacidad de transferencia de calor.

El grupo ecologista Greenpeace advierte que los plásticos que se encuentran a la deriva en el mar también pueden contribuir en la propagación de especies alóctonas. Debido a que pueden actuar como balsas, para ciertas especies marinas (algas marinas flotantes, troncos, semillas). Los plásticos al desplazarse despacio favorecen a los individuos

colonizadores en sus posibilidades de supervivencia, ya que disponen de más tiempo para irse aclimatando a su nuevo hábitat. Esta forma de desplazamiento se da más en latitudes tropicales y latitudes altas, no teniéndose conocimiento que se haya podido producir en aguas mediterráneas.

4. PARÁMETROS INDICADORES DE LA CONTAMINACIÓN MARINA:

Para conocer la cantidad de contaminación que reside en nuestros mares no existe ninguna unidad de medida, por lo que la comunidad científica para cuantificar el impacto ambiental emplea en sus estudios monitores (también conocidos como indicadores)

La monitorización es un proceso que consiste en una serie de análisis y observaciones que permiten evaluar las modificaciones sufridas con el tiempo por un ecosistema expuesto a un tipo de contaminación. Para ello cuentan con indicadores que es un elemento del medio ambiente humano afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio.

La monitorización se puede realizar de tres formas que se pueden aplicar de forma aislada o conjunta:

- Emisión: monitorización de la tasa de liberación de los contaminantes
- Inmisión: monitorización del grado y variación de los contaminantes en el ambiente
- Monitorización de los efectos bioecológicos

La emisión y la inmisión pertenece a la denominada monitorización química, que trata de determinar el nivel de contaminante en un foco o en el biotopo. Por otro lado la monitorización biológica (biomonitoring) evalúa el nivel del contaminante en los organismos y el impacto producido por dicho contaminante sobre la biota.

Un indicador puede ser un componente estructural, un proceso funcional o un índice. A las especies indicadoras se las conoce como bioindicador o biomonitores. Estas especies por su presencia o también por su ausencia, proporciona información sobre alguna o algunas características del medio o de la biocenosis (el conjunto de organismos vivos que hay en un ecosistema) que forman parte. Pueden ser de dos tipos:

- Directos o acumuladores: se explota su capacidad de acumulación corporal de compuestos químicos
- Indirectos o sensitivos: Se aprovecha su sensibilidad diferencial frente a los contaminantes cuantificables visiblemente (abundancia relativa, cambios morfológicos, alteraciones etológicas...) o a través de sus respuestas fisiológico-bioquímicas (tasa fotosintética, actividad enzimática...)

Un monitor puede suministrar los dos tipos de información al mismo tiempo.

Los requisitos generales que debe cumplir un organismo para ser un buen bioindicador son los siguientes:

- Poseer una amplia distribución geográfica y ecológica, lo que permite la comparación de resultados

- Ser común y relativamente estático (preferentemente sésil) para tener una referencia espacial clara
- Estar disponible todo el año y, si es posible, varios años, con el fin de seguir la evaluación de la contaminación en el tiempo y por clases de edad
- Poseer una talla o densidad suficiente para poder disponer de biomasa mínima para los análisis
- Un biotopo y un comportamiento que faciliten el muestreo y la manipulación de laboratorio y campo respectivamente
- Buen acumulador, de tal forma que la acumulación corporal, por un lado, sea lo suficientemente elevada para permitir su análisis directo (factor de bioacumulación elevado) y, por otro, que presente relaciones simples con la biodisponibilidad del contaminante en el medio
- Debe presentar una relativa tolerancia a los contaminantes, es decir, debe de ser capaz de acumular el contaminante sin alterar significativamente su comportamiento bioacumulador

Se cree conveniente comentar, que estudios científicos han demostrado que la respuesta de los bioindicadores puede resultar afectada por factores bióticos y abióticos, tales como la estacionalidad, la temperatura, el sexo, el estado nutricional y la talla.

Concretamente en el medio que nos atañe, el marítimo, los organismos del bentos son unos buenos bioindicadores a largo término ya que en los sedimentos reside un elevado contenido de PAH's y TFT's. Además de por la naturaleza sedentaria del bentos y su ubicuidad (omnipresencia). Los organismos que más comúnmente residen en el bentos son los moluscos, crustáceos, equinodermos y anélidos (concretamente los poliquetos). Estos seres abarcan la plataforma costera, la continental, el talud continental, la zona abismal y las grandes fosas oceánicas; debido a que el bentos se extiende por toda la superficie del fondo de mares y océanos, de norte a sur y de este a oeste de la tierra. Pero su densidad varía mucho de unas zonas a otras del sistema bentónico, decreciendo progresivamente su abundancia con la profundidad.

El empleo de indicadores biológicos se utiliza como complemento a los métodos tradicionales de muestreo de aguas y sedimentos. Analizando los sedimentos se advierte de la presencia en estos de mercurio, plomo, cadmio, cobre, zinc, níquel, cromo, PCB's, PAH's, hexaclorobenceno, hexaclorociclohexano, DDT y derivados.

No se quiere dar por finalizada esta breve introducción sin aclarar el concepto de biomarcador, que se trata de otro medio de cuantificar los efectos de la contaminación, y que puede dar lugar a confusión con el término bioindicador.

Los biomarcadores es el conjunto de cambios moleculares, celulares o morfológicos, indicadores de exposición a contaminantes y/o lesiones inducidas por dichas contaminaciones. Cualquier cambio producido por un contaminante a nivel bioquímico o celular puede ser utilizado como biomarcador. Se distinguen dos tipos de

biomarcadores: los que indican exposición y aquellos que indican daños producidos por la exposición.

La mayoría de alteraciones bioquímicas y celulares están intrínsecamente ligados a sistemas de protección y defensa ambiental a nivel celular. Algunos tipos de biomarcadores:

- Proteínas y enzimas (citocromo P-450 monooxigenasa, proteínas del estrés, antioxidantes y otros)
- Biomarcadores bioquímicos (metabolitos endógenos de plantas y animales, fitoquelatinas, vitelogenina, etc)
- Biomarcadores moleculares (alteraciones estructurales del ADN, además en el procesado del ADN o las producciones de genes mutantes)
- Biomarcadores inmunológicos (respuestas del sistema inmune caracterizadas con las técnicas toxicológicas clásicas)
- Indicadores histopatológicos (específicos a nivel de órganos, tejidos, células y orgánulos, se incluyen análisis de deformidades y asimetría fluctuante)

4.1. Bioindicadores:

4.1.1. *Mytilus galloprovincialis*:

En el mar mediterráneo el estado de salud de los mejillones (*Mytilus galloprovincialis* o mejillón de roca mediterráneo) es el principal sistema de alerta de los niveles de contaminación. Este crustáceo se ha utilizado como bioindicador desde principios de los años 70. Los mejillones son definidos por los expertos como un bioindicador ideal por su amplia distribución geográfica, su capacidad para acumular contaminantes y responder tanto a contaminantes en fase disuelta o fase en suspensión. Asimismo tienen la capacidad de poder reflejar tanto las concentraciones del medio circundante como los efectos biológicos asociados.

Este molusco va filtrando las partículas que encuentra en suspensión en el agua. A medida que lo hace, si hay contaminantes en el agua, también se incorpora a sus tejidos. En este individuo la incorporación del contaminante es procesado por tanto directamente del medio, denominándose factor de bioconcentración (concentración corporal/ concentración en el medio) En los mejillones se procesa y analiza la glándula digestiva y los tejidos blandos, junto con la membrana lisosomal que determina el estrés general de esta especie. El *Mytilus galloprovincialis*, se trata de la especie más ideal para estos estudios, según afirman los científicos, ya que responden a las siguientes exigencias:

- fisiología y proceso de bioacumulación conocidos
- Amplia zona de distribución en el mediterráneo
- facilidad de suministro

- tolerancia a una amplia gama de salinidad y temperaturas

- tolerancia a la deshidratación lo que les facilita a los expertos el transporte para su posterior estudio

El instituto español de oceanografía (IEO), desde su centro de San Pedro (Murcia) es uno de los pioneros en el análisis de los mejillones, su campo de trabajo abarca desde Cadaqués hasta Tarifa, donde tiene repartidos treinta y tres puntos que se muestrean cada año y que corresponde a poblaciones de mejillones fijados en rocas y boyas. Este proyecto se conoce como MEDPOLIEO y cuenta con la participación de todos los países ribereños. El IEO también recoge muestras de salmonete del fango y de sedimentos.

Un homólogo de este proyecto es el proyecto MYTILOS que fue promovido por la Unión Europea. Este tuvo una duración total de tres años (01/2004-12/2006) y forma parte del programa INERREG II B MEDOCC (Mediterráneo Occidental). El proyecto MYTILOS fue coordinado por el IFREMER (Instituto Francés del Mar) y contó con la colaboración de países e instituciones ribereñas del mediterráneo. En España, además del IEO, colaboraron en el estudio la agencia catalana del agua (ACA), el instituto de investigaciones químicas y ambientales de Barcelona (II AQB, CSIC) y el instituto mediterráneo de estudios avanzados (IMEDEA) de Baleares. El objetivo común era la evaluación de la contaminación química del mediterráneo según la directiva marco del agua (directiva 2000/60/CE). Por ello a partir del estudio se creó una red permanente de alerta de contaminación marina. Esta red está comprendida por especialistas, laboratorios regionales y nacionales, etc.

El proyecto MYTILOS se basa en un biomonitoring activo que emplea mejillones en jaulas localizados en puntos estratégicos del litoral. El término activo se refiere a que se trata de una exposición controlada de organismos y comunidades en condiciones de laboratorio*. En total instalaron 139 puntos de control entre España, Francia, Grecia, Italia, Argelia, Marruecos y Túnez. En España dos de los lugares que formaron parte de la red de seguimiento de la contaminación fueron Ibiza y Formentera (Sant Antoni, Formentera, el puerto de Ibiza y Santa Eulària). Las jaulas se colocaron en zonas con una profundidad de 15 y 60 metros, a 7 metros de la superficie.

El biomonitoreo a través de mejillones se basa en la hipótesis de la capacidad de estos organismos en concentrar en sus tejidos (proceso de bioacumulación) de forma proporcional los contaminantes químicos presentes en el medio:

- metales y órgano-metales
- pesticidas organoclorados
- bifenilos policlorados
- hidrocarburos policíclicos aromáticos

* Otro tipo de biomonitorización es la pasiva. En esta los organismos o comunidades utilizadas son autóctonas (nativas) Estos organismos son llamados detectores y son los encargados de denotar los cambios ambientales en función de su abundancia, vitalidad, tasa de reproducción.

- dioxinas y furanos
- detergentes no iónicos, nonifinales y octilfenales

El problema con el que se encontraron, fue que debido a la colocación de los mejillones en lugares distintos esto implicó una alimentación diferente, por lo tanto, un crecimiento diferente. La acumulación de contaminantes depende del crecimiento alcanzado en cada una de las zonas donde se transplantaron. Para minimizar estas diferencias los expertos utilizaron la biometría (índice de condición):

$$\frac{\text{PESO SECO DE LA CARNE}}{\text{PESO SECO DE LA CONCHA}}$$

Con ello consiguieron los datos en función de las diferencias de crecimiento.

Además de los mejillones se suelen emplear otros crustáceos tales como las almejas, ostras, etc; como bioindicador de la contaminación por cadmio. Este es un metal que a largo de los últimos años ha ido aumentando su presencia en las aguas comprendidas entre Barcelona y Baleares. El Cadmio se produce en la combustión y se utiliza en las pilas y las baterías. También se encuentra de manera natural en la corteza terrestre, proveniente de la refinación del zinc y esta muy presente en el ambiente, especialmente en Castellón.

4.1.2. *Mullus barbatus*:

Otro bioindicador de los que los estudios de la materia también recogen muestras son los salmonetes del fango (*Mullus barbatus*). Es una especie común del mediterráneo que vive cerca de la costa a profundidades entre los 2 y 30m; pudiendo profundizar más, su hábita común son los fondos fangosos, limosos y arenosos. Este se envía a los laboratorios para hacerles un seguimiento de los niveles de contaminación a través del análisis de metales pesados, hidrocarburos aromáticos y organoclorados que han sido retenidos y acumulados en estos procesadores naturales.

Los salmonetes del fango son un buen bioindicador de la situación ya que se trata de unos peces que se alimentan, precisamente, de pequeños organismos que viven sobre los sedimentos (poliquetos, isópodos y moluscos en general). Por lo que a diferencia de los mejillones en este caso el contaminante se adquiere por vía trófica, factor de biomagnificación (concentración en el depredador/ concentración en la presa). Es una de las especies utilizadas como bioindicador específico de la contaminación metálica (especialmente por cobre) en el programa de seguimiento de la contaminación del mar mediterráneo (MEDPOL). En los salmonetes el estudio se centra en el hígado y en la sangre.

4.1.3. Los cetáceos:

En el caso de la contaminación acústica los científicos han buscado un organismo suficientemente representativo, es decir cuyo equilibrio y desarrollo pueda influir sobre el equilibrio y desarrollo del resto de la cadena trófica y utilizarlo como bioindicador frente a la fuente contaminante. Los cetáceos, por su relación de dependencia vital y casi exclusiva con la información acústica, es el mejor bioindicador de los efectos de la contaminación por el ruido submarino. Para ello estudian los efectos de las fuentes del

sonido en comportamientos extraños del cetáceo como huída y otros cambios de comportamiento e incluso la muerte del cetáceo.

Asimismo los cetáceos, por su condición de predadores finales en la cadena trófica, son testigos fieles de los altos niveles de contaminantes que los mares y océanos albergan y que llegan a ellos a través de los peces. Los pesticidas y los organoclorados se encuentran entre las sustancias halladas con más frecuencia en los ejemplares que aparecen muertos en la costa.

Estos mamíferos marinos debido a su biología, fisiología y ecología son particularmente vulnerables a la contaminación química. Debido a sus necesidades de almacenamiento de energía y termorregulación, una larga proporción de su cuerpo esta compuesto de tejido adiposo, rico en lípidos, que acumula eficientemente los compuestos organoclorados, fuertemente lipófilos.

Los cetáceos además, carecen de ciertas sustancias de detoxificación comunes en aves y otros mamíferos, por lo que en ellos los procesos de acumulación y toxicidad son más intensos.

La mayoría de estudios de contaminación realizados en cetáceos únicamente han determinado las concentraciones de compuestos químicos presentes en sus tejidos. Por si sólo, está información es insuficiente para establecer los niveles de exposición detectados son relevantes y están relacionados con algún efecto sobre el metabolismo, fisiología o salud de los animales.

Diversos grupos de investigadores están trabajando actualmente en este nuevo campo, buscando posibles relaciones entre contaminantes y microorganismos causantes de enfermedades y las soluciones a este tipo de patologías. Estos investigadores trabajan frente a la dificultad de que debido que la mayor parte de estos mamíferos marinos se hallan en recesión o amenaza, tienen que desarrollar técnicas de estudio no destructivas, perturbando lo mínimo posible los animales, o bien procesando los animales hallados muertos en las costas por causas ajenas al estudio. En otros grupos de animales el estudio es más fácil debido a que los biomarcadores son sacrificados específicamente para su posterior análisis.

4.1.4. Bosques de poseidonia:

Tal como se vio en el capítulo tres; los bosques de poseidonia están altamente amenazados por las anclas de las embarcaciones, principalmente por las de recreo, y pesca de arrastre. Los bosques de poseidonia es lugar de puesta, reproducción y protección de muchas especies. Además, contribuyen a estabilizar la dinámica de las arenas, producen materia orgánica y oxigenan el agua, lo que los convierte también en importantes bioindicadores del medio marino.

4.1.6. Anélidos:

Uno de los contaminantes que más afecta a los organismos que viven en los fondos marinos es el exceso de materia orgánica que proviene de desechos domésticos, industrias y buques. La materia orgánica se va al fondo y se adhiere a los granos de arena o lodo y, en exceso, produce una disminución de oxígeno provocando la muerte

por asfixia de muchos organismos. Algunas especies que se alimenta de la materia orgánica adherida al sedimento pueden sobrevivir en medios extremadamente contaminados, sitios dónde otras especies mueren. Los expertos en estas especies las consideran indicadoras de la contaminación debido a que son dominantes y frecuentes en ambientes perturbados.

Los organismos que viven en la arena o lodo son excelentes indicadores de la contaminación orgánica, en especial los poliquetos. Los poliquetos indicadores que mejor reflejan los diferentes grados de contaminación orgánica son los *capitelitos* y algunos *espiónidos* debido a que proliferan en condiciones adversas en las que otras especies desaparecen.

Se finaliza diciendo que las partes firmantes del convenio de Barcelona han promovido un sistema de indicadores sobre el desarrollo sostenible en la región. Este cuenta con cerca de 130 indicadores más la serie de indicadores complementarios de presión estado y respuesta propuestos por los diferentes estados y autoridades locales. El PAM es el encargado de realizar el glosario detallado de las definiciones y metodologías de elaboración de los indicadores.

Cada cinco años, a partir del pasado 2002, las partes tienen que realizar un informe sobre el desarrollo sostenible en la región, basado en el sistema de indicadores que finalmente le proporcionan al PAM. También las partes están obligadas a crear en lo posible, observatorios nacionales para el medio ambiente.

5. MARCO NORMATIVO:

A inicio del siglo XX aparecieron los primeros acuerdos internacionales respecto a la protección del medio ambiente marino. Durante los años 20 y 30 estaba prohibida la descarga de hidrocarburos a menos de 50 millas de la costa. Los Estados Unidos también aplicaron esta norma pero ampliada a 100 millas.

Al constatar que estas son medidas ineficaces, en el año 54 se adoptó el convenio OILPOL. El problema del OILPOL se encuentra en que sólo trataba la contaminación por hidrocarburos, no teniendo en cuenta otros tipos de contaminantes que se comenzaban a introducir.

Cinco años después, en 1959 nació The Internacional Maritime Organisation (IMO). Pero no fué hasta 1973 que el OILPOL fue reemplazado por el MARPOL (MARPOL 73), tras el accidente del buque *Torrey Canyon* años antes (1967). En 1978, en la conferencia de seguridad de buques tanques y prevención de la contaminación convocada por la IMO, se adoptó el protocolo de la convención MARPOL 73. Finalmente no se hizo efectivo hasta el 2 de octubre de 1983.

Con el nuevo convenio internacional INTERVENTION 69/75, se regulaba la intervención en alta mar de los accidentes con hidrocarburos. Afirmándose el derecho a un estado ribereño a actuar tomando las medidas necesarias, para evitar que los hidrocarburos llegaran a las costas de un estado concreto, en aguas internacionales. El estado, previamente a su actuación, se tiene que poner de acuerdo con los estados afectados.

El CLC 69/75, es un convenio que se creó para calcular las cuantías de las indemnizaciones, siendo el armador el responsable de abonar dicha cuantía. Las cantidades que se fijaron fueron:

Para todos los buques mayores a 2000 TRB → 2000 francos/TRB

Aplicándose un máximo de 210 millones de francos.

Pero lógicamente el armador no es el único responsable, además se dieron cuenta de que 210 millones de franco es una cifra insuficiente, así que se creó un fondo económico con las aportaciones de los importadores. Esto se recoge en el convenio FUND 71/78. La contaminación del mar por cualquier sustancia desde tierra está regulada por el convenio LDC 72.

En el mes de Junio de 1972, en Estocolmo se realizó la conferencia sobre medio ambiente humano (más conocida como conferencia de Estocolmo), dónde se definieron los ámbitos de actuación prioritarios entre los cuales estaba la protección de los mares y de los océanos, y se solicitó la creación del programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA). La función del PNUMA es coordinar las actividades relacionadas con el medio ambiente dentro de las Naciones Unidas.

El plan de acción para la Mediterránea (PAM), fue aprobado en la conferencia celebrada en Barcelona del 28 de enero al 4 de febrero de 1975, dónde se solicitó también la preparación de los textos de un convenio marco para la protección de la mediterránea y

de dos protocolos conexos, uno sobre cooperación en caso de accidentes marítimos y el otro sobre la descarga desde los buques.

En la conferencia convocada por el PNUMA en Barcelona del 2 al 16 de febrero de 1976 se aprobaron los textos del convenio para la protección de la Mar Mediterránea contra la contaminación (Convenio de Barcelona), el protocolo sobre la prevención de la contaminación de la mar mediterránea causado por la descarga desde barcos y aeronaves, y el protocolo de cooperación para combatir la contaminación del Mar Mediterráneo causada por hidrocarburos y otras sustancias peligrosas en situaciones de emergencia.

Finalmente en 1978 entró en vigor en España el convenio de Barcelona, y el protocolo sobre cooperación para combatir en situaciones de emergencia la contaminación del Mar Mediterráneo causada por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales.

La ley 27/1992, del 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante determina la prohibición de descarga de cualquier clase de residuo en el dominio público portuario y establece un régimen de sanciones para cualquier descarga contaminante desde buques en aguas bajo jurisdicción del Estado Español.

Los encargados de controlar y apoyar todas estas medidas son la Dirección General de la Marina Mercante, a través de las Capitanías Marítimas, comprueba en cada puerto la instalación disponga de los medios de recogida adecuados y que el servicio se preste a los buques en óptimas condiciones; las Autoridades Medioambientales de cada comunidad Autónoma vigilan que los residuos recogidos se transporten con garantías suficientes y que reciban el adecuado tratamiento hasta su reciclado o destrucción; las Autoridades Portuarias de cada puerto donde la instalación MARPOL presta su servicio, se debe asegurar que dicha instalación cumple todos los requisitos para poder ejercer su actividad en el dominio público portuario.

La comisión MARPOL, es el órgano coordinador entre las distintas administraciones públicas y dictamina si la instalación cumple con los fines del programa sectorial de instalaciones de reopción.

A continuación se definen los convenios y leyes de carácter internacional, europeo y nacional que en la actualidad están vigentes y que tienen el propósito de apaliar en la medida de lo posible el impacto que el transporte marítimo puede producir a los ecosistemas marinos y al medio ambiente.

5.1. Normativa internacional:

5.1.1. LA IMO:

La Organización Marítima Internacional (IMO) es un organismo de la ONU, al que se le encomendó la misión de desarrollar una normativa internacional para conseguir un mar más seguro y menos contaminado.

En la convención de Génova de 1948 se estableció la IMO, y su primer encuentro se realizó en 1959. La principal tarea de la IMO fue desarrollar y mantener un marco regulatorio referente a los buques en materia de seguridad, concienciación

medioambiental, marco normativo, cooperación técnica y seguridad marítima. La IMO está formada por 167 estados y tres miembros asociados.

Todo convenio creado por la IMO no entrará en vigor hasta doce meses después de la fecha en que por lo menos veinticinco estados miembros, cuyas flotas mercantes combinadas representen no menos el veinticinco por ciento del tonelaje bruto de la marina mercante mundial, la haya firmado.

Tal como se avanzó en el principio, el MARPOL es un convenio creado por la IMO con el objetivo de conseguir un mar más seguro y limpio. Otros convenios gestados en la IMO son el convenio de líneas de carga, convenio contra abordajes, SOLAS y el convenio titulación, formación y guardias.

5.1.1. MARPOL:

El MARPOL es un convenio internacional, que al ser aceptado por España, se convierte en una norma de aplicación en el ordenamiento jurídico Español.

Los tratados internacionales son celebrados por el poder ejecutivo (gobierno) y tienen que estar publicados en el boletín oficial del estado (B.O.E).

El contenido y los acuerdos que figuran en el MARPOL, por tratarse de un tratado internacional, no puede ser modificado o derogado por una norma Española o por algún país miembro.

El MARPOL está formado por una estructura que tiene una parte jurídica, dos protocolos más el protocolo del 78 y seis anexos que conforman la parte técnica.

En concreto este convenio tiene el propósito de prevenir la contaminación del los ecosistemas marinos derivada de la descarga de sustancias perjudiciales y otros contaminantes. Para conseguirlo, sus seis anexos contienen las regulaciones para el control de las descargas. En general, prohíbe las descargas al mar de las sustancias definidas en cada anexo, excepto cuando las condiciones específicas en cada regulación son satisfechas.

Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos → Entro en vigor el 2 de octubre de 1983

Anexo II: Reglas para prevenir el control de la contaminación por sustancias nocivas líquidas a granel → Entro en vigor el 6 de Abril de 1983

Anexo III: Prevención de la contaminación por sustancias nocivas transportadas por mar embarcadas → Entro en vigor el 28 de Febrero de 1994

Anexo IV: Prevención de la contaminación por aguas sucias de los buques → Entro en vigor el 27 de septiembre de 2003

Anexo V: Prevención de la contaminación por basuras de los buques → Entro en vigor el 31 de diciembre de 1988

Anexo VI: Prevención de la contaminación aérea por los buques → Entro en vigor el 19 de mayo de 2005

Cualquier anexo o modificación que se quiera añadir al convenio MARPOL, para que entre en vigor tiene que ser previamente aceptado por al menos 15 estados que represente el 51% de la flota mundial. Entrando en vigor 12 meses después de lo demás esmentado.

Cuando se modifica o añade alguna cuestión al convenio MARPOL se adopta un procedimiento de captación tácita.

Después de que se haya adaptado una enmienda entrará en vigor automáticamente en una fecha fijada no inferior a 16 meses, al menos que sea rechazada en un plazo de 10 meses; por un tercio de las partes contratantes o por un número de estados cuya flota mercante combinada represente no menos del 51% del tonelaje bruto mundial.

La adopción de este convenio internacional implica el cumplimiento de los aspectos operacionales que deberá ser controlado por inspectores y personal especializado de las administraciones marítimas. Las administraciones marítimas suelen tener dos secciones de inspecciones, una especializada en la construcción naval y equipamientos y otra especializada en aspectos operacionales, tales como el control del lavado de tanques, descarga de lodos...

5.1.1.1.1. Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos:

Está conformado por cuatro capítulos, veintiséis regulaciones y tres apéndices. El anexo I del MARPOL se aplica a todos los buques mercantes (petroleros y los que no son petroleros), que tengan a bordo hidrocarburos. Hay un convenio para los buques de pesca (convenio de Torremolinos), que hace aplicar el MARPOL a los que tienen más de veinticuatro metros de eslora. Los únicos buques exentos de esta normativa son los buques de guerra.

La descarga de hidrocarburos está completamente prohibida en las áreas especiales. Estas zonas están delimitadas por unas longitudes y latitudes y se encuentran en el mediterráneo, mar negro, el báltico, mar rojo, el área del golfo de Adén, el área del antártico y el área que conforma el noreste de las aguas europeas.

		PETROLEROS	BUQUES > 400 TRB	BUQUES < 400 TRB
PROCEDENTE DE LA SALA DE MÁQUINAS	TOTALMENTE PROHIBIDO			
	CONCENTRACION < 15ppm			
	AGÜAS TRATADAS CON SEPARADOR DE SENTINAS(*)			
	LASTRE LIMPIO O SECREGADO			

¹³ Requisitos para el control de las descargas de hidrocarburos dentro de las áreas especiales.

(*) Condiciones que se deben cumplir:

- El agua de sentinas no puede proceder de las sentinas de la sala de bombas de carga
- El agua de sentinas no puede estar mezclada con residuos de hidrocarburos
- Buque en navegación
- Contenido de hidrocarburos comprendidos en la disolución < 15ppm
- El buque disponga en operación un equipo de filtrado de hidrocarburos que cumpla con la normativa
- El sistema de filtrado cuente con un mecanismo automático que pare la descarga cuando sobrepase las 15 ppm.

Todos los buques petroleros y demás barcos iguales o mayores de 400 TRB fuera de las zonas especiales tienen también totalmente prohibida la descarga de hidrocarburos excepto:

- El buque esté en navegación
- La concentración no exceda de 15 ppm
- El buque tenga en operación un sistema automático de control de descargas, y un equipo de filtrado de hidrocarburos u otro equipo que cumpla con los requerimientos que exija la normativa.

En ambos casos existe la excepción, de que se puede realizar cualquier descarga desde cualquier buque sin tener en cuenta las ppm siempre que sea para garantizar la seguridad de la vida humana en la mar o del buque.

El MARPOL es el encargado de hacer que se establezcan instalaciones de recepción en los puertos dónde los barcos puedan descargar los residuos de hidrocarburos.

Las administraciones, en el caso específico del estado Español la dirección general de la Marina Mercante, realiza una serie de inspecciones para verificar el cumplimiento de todo lo requerido en el anexo I.

Reconocimiento inicial: Todos los barcos cuando son construidos en el astillero pasan un completo y minucioso reconocimiento, y ciertas pruebas y ensayos para verificar que los equipos están en concordancia de lo dictado por el anexo I. En caso afirmativo se le otorga el certificado IOPP (Internacional Oil Pollution Prevention). Este es obligatorio para petroleros de más de 150 TRB y para el resto de buques mayores o iguales a 400 TRB. Tiene una validez de cinco años.

Reconocimiento anual obligatorio: Se realiza un examen general del buque y sus equipos para confirmar que siguen cumpliendo con los requerimientos para los que fueron construidos.

Reconocimiento intermedio: revisión del buque y sus equipos que se realiza para revalidar el certificado IOPP. No hace falta esperar a los cinco años y se puede solicitar que se realice la inspección antes o después de esta fecha (tiene un período de seis meses antes o seis meses después).

Reconocimientos periódicos: Se puede realizar en cualquier momento, y se hacen con el objetivo de asegurarse de que el certificado IOPP ha sido renovado.

Todos los buques petroleros mayores o iguales a 150 TRB y los demás buques iguales o mayores de 400 TRB están obligados a llevar a bordo el libro de registro de hidrocarburos, dónde se tienen que recoger todos los movimientos de los hidrocarburos que se hayan realizado. Este libro puede ser inspeccionado por las autoridades de cualquier estado que forme parte de la convención.

5.1.1.1.2. Anexo IV: Prevención de la contaminación por aguas sucias de los buques:

Dentro de las aguas sucias se distingue entre aguas negras y aguas grises. Las aguas negras engloban las aguas fecales procedentes de los wc, urinarios, espacios dónde se transporte animales vivos y restos procedentes de los dispensarios médicos. Por aguas grises se entiende aquellas originadas en las duchas, lavabos, lavanderías y cocinas.

El anexo IV ha sido uno de los últimos en entrar en vigor (27/09/03). Debido a que muchos países miembros del convenio consideran que las aguas sucias procedentes de los buques no producen un impacto relevante en los ecosistemas marinos en comparación con las aguas residuales urbanas. Pero el impacto puede ser importante si se habla de buques de pasaje.

Lógicamente, el impacto generado por un buque de carga con 25 personas de tripulación no es comparable con un crucero que transporte a más de 2000 personas.

Este anexo se aplica a los buques nuevos, es decir, aquellos construidos después de la entrada en vigor del anexo o que el contrato de construcción se realizará en ese tiempo.

A bordo de los buques las aguas sucias van a parar a un tanque de retención o a una planta séptica. Todas las descargas al mar están prohibidas, excepto en las siguientes condiciones:

- A más de cuatro millas de la costa, si el buque dispone de una planta séptica
- A más de doce millas de la costa si no dispone de planta séptica pero posee un tanque de retención

En ambos casos se tiene que realizar la descarga con el buque navegando a una velocidad no inferior a cuatro nudos y cuando esta no produzca decoloración ni sólidos flotando en el agua. Si esto no se cumple se tendrá que disponer de un tanque de retención y descargar en una estación receptora en puerto.

5.1.1.1.3. Anexo V: Prevención de la contaminación por basuras de los buques:

Las basuras generadas por los buques se pueden equiparar a los residuos sólidos urbanos (restos de comidas, papel, plásticos, material de estiba, trapos...), siempre que no estén mezclados con otros contaminantes más peligrosos definidos en los otros anexos (hidrocarburos o aguas sucias).

El Marine Environment Protection Committee (MEPC), redactó unos principios generales para que sirvieran de guía a los países que habían ratificado el anexo V:

- Definiciones incluyendo una identificación comprensiva de basuras
- Concienciación, educación e información
- Minimización de acumulación de residuos potenciales
- Procesos para clasificar y almacenar las basuras
- Equipos para los buques para procesar las basuras
- Facilidades que ofrecen los buques para la recepción de basuras
- Asegurar el debido cumplimiento del anexo V
- Estimación de la cantidad de basuras generadas en un buque

Está totalmente prohibido tirar por la borda cualquier tipo de materia plástica. Las regulaciones establecidas para fuera de zonas especiales:

	+25 millas	+12 millas	+3 millas
TABLAS, FORROS DE ESTIBA Y MATERIALES DE EMBALAJE QUE PUEDAN FLOTAR			
RESTOS DE COMIDA Y OTRAS BASURAS INCLUYENDO PRODUCTOS DE PAPEL, TRAJOS, VIDRIO, METAL, BOTELLAS DE VIDRIO			
BASURA TRATADA POR UN TRITURADOR CON UNA LUZ DE ALMENOS 25mm			

¹⁴ Regulaciones para el lanzamiento al mar de basuras fuera de zonas especiales.

En las zonas especiales esta totalmente prohibido lanzar al mar cualquier tipo de basura excepto restos de comida a una distancia no menor a doce millas de la costa.

Todos los barcos de mas de 400 TRB o los buques autorizados a llevar más de 15 personas a bordo están obligados a tener un plan de gestión de basuras y un libro de registros de basuras, donde se anote lo que se hace con los residuos a bordo (descargas al mar, instalaciones receptoras o incineración).

Los buques con más de doce personas tienen que disponer de señales descriptivas de los materiales.

Al igual que en el resto de anexos la descarga esta permitida para asegurar la vida humana o la integridad del buque.

El anexo V plantea como posibilidad de tratamiento de basuras la incineración. Esto es una práctica bastante inhabitual por la probable generación de gases tóxicos y nocivos como compuestos orgánicos volátiles, dioxinas, SO_x y NO_x.

La resolución MEPC 59 de la IMO contiene las especificaciones estándares para las incineradoras de los buques donde se define el diseño, construcción, mantenimiento, operación, funcionamiento y las pruebas necesarias.

El anexo que define las basuras que pueden ser incineradas en un barco en el mar es el anexo IV del MARPOL, debido a la posibilidad de emisión de gases.

5.1.1.1.4. Anexo VI: Prevención de la contaminación aérea generada por los buques:

El anexo VI del MARPOL 73/8 fue adoptado en la conferencia diplomática celebrada des del 22 al 26 de septiembre del 1997 y entró en vigor en mayo del 2005, siendo el último anexo en incorporarse.

Concretamente este anexo determina los límites de emisión de SO_x estableciendo áreas de control de emisiones (el Mar Báltico con una limitación de 1.5% de azufre) y del NO_x limitando las emisiones de los motores diesel:

- 17.0 g/Kwh. n < 130rpm
- 45.0n^(-0.2) g/Kwh. 130 ≤ n ≤ 2000rpm
- 9.8 g/Kwh. n ≥ 2000rpm

Respecto al contenido de azufre de los combustibles se tiene como objetivo llegar a un contenido mínimo de 1.5% de azufre en los combustibles empleados en la navegación y del 0.2% de los empleados en puerto.

De las sustancias definidas por el Protocolo de Montreal (1987); como sustancias que reducen la capa de ozono, las siguientes sustancias se pueden encontrar a bordo de un buque:

- Halon 1211 Bromochlorodifluoromethane
- Halon 1301 Bronotrifluoromethane
- Halon 2402 1,2-Dibromo-1,1,2,2-Tetrafluoroethane (Halon 114b2)
- CFC-11 Trichlorofluoromethane
- CFC-12 Dichlorodifluoromethane
- CFC-113 1,1,2- Dichloro-1,1,2,2-Tetrafluoroethene
- CFC-115 Chloropentafluoroethene

Todas las emisiones deliberadas de cualquier sustancia que atente contra la capa de ozono están prohibidas, excepto en los casos regulados por el anexo (seguridad tanto de los tripulantes como del buque).

Además en las instalaciones modernas, que contengan dichas sustancias, estarán prohibidas en los barcos excepto cuando estas nuevas instalaciones contengan hidroclorofluorocarbonos (HCFC_s) que estarán permitidas hasta el 1 de Enero de 2020.

Tal como se mencionó en el apartado anterior el anexo IV es el que regula la incineración a bordo de los buques, prohibiéndola dentro de los puertos y estuarios. Asimismo define como sustancias prohibidas a incinerar:

- Los residuos definidos en los anexos I.II y III y los materiales de embalaje
- Polychlorinated biphenyls (PCB_s)
- Sustancias que contengan materiales pesados
- Productos de petróleo refinado que contengan compuestos halogenados

Los buques para certificar que cumplen con todos los requisitos del Anexo VI del MARPOL tienen que llevar a bordo el Internacional Air Pollution Prevention Certificate (IAPP). Además los buques equipados con motores diesel según indica el código técnico de control de emisiones de óxidos de nitrógeno desde los motores marinos, tienen que estar en posesión del Engine Internacional Air Pollution Prevention Certificate (EIAPP). La función de este código es especificar los requerimientos de pruebas, inspecciones y certificación de los motores diesel marinos; para asegurarse de que cumplen con las limitaciones de emisiones de óxidos de nitrógeno reguladas en este anexo.

Este anexo en ningún momento menciona las emisiones de CO₂ debido a que el protocolo internacional de Kyoto es el que se encarga de regularlas. El protocolo internacional de Kyoto establece que todos los países que se comprometen a reducir las emisiones de CO₂ acuerdan reducir las emisiones en el año 2010 a los valores que había en el año 1990. Para ello la solución es quemar menos combustibles fósiles y buscar otras alternativas.

También existen iniciativas de la OMI para la reducción de las emisiones de los gases invernaderos (principalmente el CO₂) desde los buques. En concreto en noviembre de 2003, adoptó la resolución A.963 (23) informando de las prácticas y políticas que está llevando a cabo en relación con este tipo de reducciones.

El anexo VI del MARPOL y el código técnico de NO_x, en la actualidad se está sometiendo a revisión con el objetivo de reducir al máximo las emisiones de contaminantes. Para ello en Julio de 2007 se aprobó la realización de un estudio exhaustivo por parte de los gobiernos, industrias y un grupo de científicos y expertos; del impacto sobre el medioambiente derivado del transporte marítimo y de la industria petrolera. En ese estudio se han aplicado algunas de las opciones de combustibles propuestos para reducir los SO_x y otras emisiones como las de CO₂. Los resultados estaban previstos para febrero de 2008.

Respecto a las emisiones de CO₂ en octubre de 2006 el MEPC se puso de acuerdo para realizar un plan de trabajo con el fin de identificar y desarrollar los mecanismos necesarios para alcanzar limitaciones de CO₂ en los buques. Está previsto su finalización para 2008/2009.

En la publicación NUESTROMAR con fecha del 07/04/08; se muestran las modificaciones de las regulaciones del Anexo VI del MARPOL, realizadas tras el estudio anteriormente mencionado. Estas consisten en una reducción progresiva de las emisiones de óxidos de sulfuro, para lograr en principio una reducción del 3.50% de la capa global de sulfuro (del actual 4.5%, efectivo desde el 1 de enero de 2012; luego progresivamente hasta un 0.50%, efectivo desde el 1 de febrero de 2020, sujetos una revisión que deberá ser completada no más tarde de 2018. Los límites aplicables en las áreas de control de emisión de sulfuro, deberían ser reducidas al 1% comenzando el 1 de marzo de 2010 (del actual 1.5%), reduciéndose luego hasta el 0.1%, efectivo desde el 1 de enero del 2015. Estas enmiendas se prevé que serán adoptadas por el anexo VI en octubre del 2008.

5.1.2. Otros convenios de la IMO sobre cuestiones medioambientales:

Los convenios más recientes sobre cuestiones medioambientales, son el AFS2001 sobre las pinturas antiincrustantes y el BMW2004 sobre aguas de lastre.

Convenio AFS 2001: El 5 de Octubre de 2001 la IMO realizó el borrador del convenio internacional IMO-AFS (Convenio Internacional Sobre Control de Sistemas Antiincrustantes Nocivos en los Buques). Esta normativa no entró en vigor en España hasta que fue publicada en el Boletín Oficial del Estado, número 267, del 7 de noviembre de 2007.

El 17 de septiembre de 2007 fue firmado por los veinticinco estados requeridos para su entrada en vigor, por lo tanto el convenio será de aplicación obligatoria a partir del 17 de septiembre de 2008.

El Anexo I de dicho convenio establece que los compuestos órgano estánicos que actúan como biocida en los sistemas antiincrustantes de los buques, no se podrán aplicar ni replicar en ningún buque a partir del 1 de Enero de 2003, ni que lo llevarán en el

casco ni en las partes o superficies externas. Tampoco se podrá aplicar ninguna capa de recubrimiento antiincrustante que contengan compuestos orgánicos de estaño, o recubrimientos que sellen anteriores recubrimientos antiincrustantes tóxicos en la superficie exterior del casco.

Para asegurar el cumplimiento de estas obligaciones, la IMO ha desarrollado también directrices sobre auditoria y vigilancia realizadas por las sociedades de clasificación. Antes de la entrada en servicio del buque se tendrá que efectuar el primer reconocimiento, en caso de cumplir todos los requerimientos se le entregará el certificado AFS inicial. Después, cada vez que se modifique o sustituya el sistema de recubrimiento protector se le realizará una auditoria de seguimiento.

La convención AFS también establece mecanismos para evaluar otros sistemas antiincrustantes y así prevenir el uso de otras sustancias dañinas en este tipo de sistemas.

Esta normativa se aplica a los buques con pabellón de los países que firmen el convenio. También tendrán que obedecerla los barcos que aunque no tengan bandera de los países que componen la convención, operan bajo su autoridad o entran en un puerto, astillero o Terminal de tierra de un estado miembro. Las plataformas flotantes, las unidades de almacenamiento flotantes y las unidades de descarga flotantes también se ven afectadas por esta convención.

La sociedad de clasificación Germanischer Lloyd; para hacer cumplir los requisitos de auditoria y certificación de los estados de bandera ha desarrollado un sistema de certificación global que permite a las sociedades de clasificación verificar de manera fidedigna los recubrimientos de los buques libres de TBT. Este procedimiento de certificación se basa en los requisitos del convenio internacional citado. Una auditoria in-situ permite verificar y documentar el cumplimiento de todos los criterios necesarios para emitir el correspondiente certificado, tal como estipulan el convenio IMO-AFS o el Reglamento de la Unión Europea respectivamente.

Para implantar esta reglamentación, un auditor de la Germanischer Lloyd tiene que comprobar y documentar si el recubrimiento antiincrustante está libre de TBT. Esto se efectúa tomando una muestra y realizando un análisis. Si el recubrimiento antiincrustante es un producto homologado y, por tanto, libre de TBT, solo se le realiza una comprobación de la identidad del producto. Después de la auditoria y de la evaluación de la documentación, al buque se le expide un certificado donde se especifica el sistema de eliminación de desarrollo de organismos marinos.

Los fabricantes de recubrimientos antiincrustantes pueden solicitar la certificación de sus productos como “libres de TBT”. El proceso de certificación comienza con una revisión de la documentación del fabricante, seguida por una auditoria de las instalaciones del fabricante, incluyendo los procesos de fabricación. Las muestras de recubrimiento antiincrustantes que se han de certificar, se analizan en un laboratorio para determinar su contenido de estaño.

Si se cumplen los requisitos, el recubrimiento anti-incrustante se declara “libre de TBT” y se expide el correspondiente certificado, que permite al armador demostrar que no han usado pinturas prohibidas en su buque.

Convenio BMW2004: La IMO desde 1991 es consciente de la problemática derivada de la descarga no controlada de agua de lastre y sedimentos desde los buques, que ocasiona la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos que pueden causar daños al medio ambiente e incluso a la salud humana. Por ello se adoptaron las siguientes resoluciones:

- En 1991 el MEPC, adoptó la resolución 50(31): Directrices para prevenir la introducción de organismos y patógenos indeseables de la descarga de aguas de lastre y sedimentos de los barcos.

- En noviembre de 1993 la IMO, adoptó la resolución A 774(18): Directrices para prevenir la introducción de organismo y patógenos indeseables de la descarga de aguas de lastre y sedimentos de los barcos. Se basa en las pautas aceptadas en 1991.

- En noviembre de 1997 la IMO, adoptó la resolución A 868(20): Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos.

Finalmente en febrero de 2004 se adoptó el convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y sedimentos de los buques. Esta convención exige que los buques que precisen de agua de lastre estén provistos de un plan de gestión de agua de lastre (específico para cada buque) para reducir al mínimo la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos. El plan de gestión de aguas de lastre tiene que haber sido aprobado por la administración. Además tienen que llevar a bordo un libro de registro de aguas de lastre donde se anotará cuando el agua ha sido cogida, circulada o tratado como agua de lastre, y la descarga en el mar. Asimismo del registro de cuando el agua ha sido descargada en una estación receptora o se ha vertido accidentalmente.

Respecto al tratamiento de aguas de lastre sólo existen unas recomendaciones de la IMO para su gestión durante el trayecto y es lo que se esta empleando en la actualidad. Esta dicta que durante la navegación se tiene que ir intercambiando el agua de lastre cada determinada distancia de trayecto (entre 500 y 1000 millas).

En mayo de 2006 la convención aprobó los sistemas propuestos por Japón de un sistema especial de tuberías de administración de aguas de lastre combinado con un tratamiento de ozono, y el sistema electroquímico (EctosysTM) propuesto por Suecia.

Existen otros métodos que en la actualidad la IMO esta comprobando y estudiando; y se espera para este año 2008 obtener los resultados de su validez.

Obviamente queda terminantemente prohibido la descarga de agua de lastre sin una previa gestión de esta, excepto cuando la totalidad del agua de lastre y los sedimentos provengan de las mismas zona dónde se quiere efectuar la descarga o cuando de este modo se garantice la seguridad de la vida humana en el mar o del buque.

La descarga de agua de lastre se hará por lo menos a 200 millas de la tierra más próxima con una profundidad mínima de 200m. Si no se pudiera cumplir esto, se realizará lo más lejos posible de tierra (por lo menos a 50 millas) y con una profundidad mínima de 200m. En último caso cuando las condiciones no sean como las dispuestas, el estado

rector del puerto, en consulta con los estados adyacentes o con otros estados, podrá designar zonas en las que se permita al buque efectuar el cambio.

La IMO menciona que existen dos métodos para efectuar el cambio de agua de lastre en alta mar:

- El método secuencial, en el que los tanques de lastre se vacían por completo antes de volverse a llenar con agua limpia

- El método de flujo continuo, en el que los tanques de lastre se llenan con agua limpia a la vez que se vacían.

El cambio de agua de lastre debe tener una eficacia mínima del 95% de cambio volumétrico. Para los buques que lastren siguiendo el método de flujo continuo este parámetro se asemejará al bombeo de tres veces el volumen de cada tanque de agua de lastre aunque puede ser inferior si se demuestra que se alcanza tal parámetro. Además tienen que descargar menos de diez organismos viables por metro cúbico (tamaño mínimo mayor o igual a 50 micras) y menos de diez organismos viables por milímetro (tamaño mínimo menor a 50 micras e igual o mayor a 10 micras). Con respecto a los microbios indicadores:

- *Vidrio choleare* toxsiológico (01 y 0139): menos de una unidad formadora de colonias (UCF) por 100 mililitros o menos de una UFC por gramo (peso húmedo) de muestras de zooplacton.

- *Escheridiria coli*: menos de 250 UFC por 100 mililitros

- *Esterococos intestinales*: menos de 100 UFC por 100 mililitros

La eficiencia de descarga con la que tiene que cumplir los buques se resume en el siguiente cuadro:

BUQUE CONSTRUIDO ANTES 2009 500<CAPACIDAD>1500 m ³	HASTA 2014: DEBE CUMPLIR COMO MÍNIMO CON LA EFICACIA EN LA DESCARGA O CON LA CANTIDAD DE ORGANISMOS DESCARGADOS	DESPUÉS 2014: COMO MÍNIMO SÓLO TENDRÁN QUE CUMPLIR CON LA CANTIDAD DE ORGANISMOS DESCARGADOS
<ul style="list-style-type: none"> ▪ CONSTRUIDO ANTES 2009 5000> CAPACIDAD< 500 m³ ▪ DESPUÉS 2009 PERO ANTES 2012 CAPACIDAD≥ 5000 m³ 	LO MISMO QUE EN EL ANTERIOR PERO HATA EL 2016	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ CONSTRUIDO EN 2009 O POSTERIORMENTE CAPACIDAD< 5000m³ ▪ CONSTRUIDO EN 2012 O POSTERIORMENTE CAPACIDAD≥ 5000 m³ 	SÓLO TIENEN QUE CUMPLIR CON LA NORMA DE CANTIDAD DE ORGANISMOS DESCARGADOS	

¹⁵ Eficiencia de descarga con la que tiene que cumplir los buques

Obviamente esto no se aplicará a los buques que descarguen en instalaciones de recepción.

Finalmente el convenio dispone que todos los países miembros deban garantizar en sus puertos y en las terminales en los que se realicen trabajos de reparación o de limpieza de tanques de lastre, que cuentan con instalaciones de recepción de sedimentos y con los medios necesarios para eliminar tales sedimentos.

5.2. Legislación Europea:

Los reglamentos son normas que se aplican por igual en todos los países miembros de la Unión Europea una vez que se publican en el diario Oficial de la Unión Europea. Por el contrario las directivas son leyes marcos y no se aplican por igual en todos los países miembros. Es decir, la Unión Europea dicta unos objetitos y cada país los debe intentar conseguir con los medios y normas que consideren. En caso de que un estado no consiga desarrollar los objetivos se le aplica directamente las directivas.

A continuación se citarán algunos de los reglamentos y directivas más destacadas en la lucha de la contaminación marina derivada del transporte marítimo.

- Directiva 2000/59. Impone la descarga de residuos de cualquier tipo en puertos de la Unión Europea. Un buque que llegue a cualquier puerto de la Unión Europa esta obligado a descargar cualquier tipo de residuos que lleve a bordo. El coste económico de la realización de esta descarga recae sobre el armador.

- Directiva 76/464. Es una directiva marco relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la comunidad europea Se aplica a las aguas interiores, superficiales, aguas marinas territoriales, aguas interiores del litoral y aguas subterráneas.

- Directivas 1993/12/EEC y 199/32/EC. Hacen referencia al contenido de azufre de los combustibles líquidos. El Parlamento Europeo y el consejo ha propuesto enmendar la directiva 199/32/EC, en lo que concierne el contenido de sulfuro en los combustibles marinos, con un máximo del 0.2% de azufre para todos los combustibles marinos utilizados en buques en puerto de todos los puertos de la comunidad.

- Las sustancias tóxicas y persistentes en aguas marinas, se centran principalmente en el ámbito de dos directivas, la Directiva marco del agua (2000/60/CE) y la directiva de sustancias peligrosas arrojadas al medio acuático (2006/11/CE). La directiva marco del agua se encuentra en la decisión 2455/2004/CE, las sustancias prioritarias a controlar en la posición común aprobada por el consejo del 20 de diciembre del 2007 (2006/0129 (CDO)) los niveles de calidad ambiental para cada una de estas sustancias prioritarias. Esta última modifica las directivas 82/176/ECC, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE y 2000/60/CE.

- Directiva 2000/60/CE. Es la que establece la lista de las 33 sustancias o grupos de sustancias clasificadas en orden prioritario que tienen que ser objeto de medida a escala comunitaria. De entre estas sustancias, las clasificadas como peligrosas, los estados miembros deben aplicar las medidas necesarias con el objeto de interrumpir o suprimir gradualmente las emisiones, los vertidos y las pérdidas. (ver anexo A)

- Reglamento 782/2003. Entro en vigor el 10 de mayo de 2003 y dicta:

- No está autorizada la aplicación de compuestos orgánicos de estaño al casco de los buques a partir del 1 de enero de 2003. (Igual que lo estipulado en el convenio IMO-AFS).

- A partir del 1 de Julio de 2003 los buques deberán disponer de un recubrimiento capaz de sellar anteriores recubrimientos antiincrustantes que contengan compuestos orgánicos de estaño.

- A partir del 1 de enero de 2008, a los buques que tengan un recubrimiento del casco con TBT activo que no haya sido sellado, le será prohibida la entrada en puertos de la Unión Europea.

5.3. El convenio de Barcelona:

El convenio para la protección del medio marino y del litoral que conforma el mediterráneo afecta, además, de al fondo marino y del subsuelo a la plataforma continental.

Fue aprobado en la ciudad de Barcelona el 16 de febrero de 1976, durante la conferencia de plenipotenciarios de los estados ribereños del mediterráneo y entro en vigor el 12 de febrero de 1978. En la conferencia de plenipotenciarios del mes de Junio de 1995, celebrada de nuevo en Barcelona, se aprobaron unas enmiendas que fueron añadidas al convenio.

El objetivo principal del convenio de Barcelona es reducir y combatir la contaminación del mar mediterráneo. Mediante una mejor vigilancia de la contaminación y contando con la cooperación científica y técnica, con el fin de contribuir al desarrollo sostenible. También apuestan por la cooperación en la determinación de la responsabilidad y la identificación del daño.

Se basa en el principio de “quien contamina paga”, por lo que el responsable de la contaminación tiene que abonar los costes de las medidas destinadas a prevenir, combatir y reducir la contaminación.

Además todos los estados mediterráneos firmantes de este convenio se comprometen a obedecer el derecho internacional y asegurar la aplicación de estas normas para prevenir, reducir y combatir la contaminación en el mar mediterráneo. También acuerdan tomar las medidas apropiadas para aplicar el plan de acción para el mediterráneo (PAM).

Las normas y los procedimientos quedan establecidos por los cuatro protocolos que lo conforman:

- Protocolo para la prevención de la contaminación del mar mediterráneo causado por la descarga desde los barcos y las aeronaves o por la incineración en el mar.

- Protocolo para la cooperación en situaciones de emergencia para combatir la contaminación del mar mediterráneo causado por otras sustancias perjudiciales.

- Protocolo para las zonas especialmente protegidas del mediterráneo.

- Protocolo para la protección del mar mediterráneo contra la contaminación resultante de la explotación de la plataforma continental y del fondo marino y de su subsuelo.

En caso de que cualquier país firmante de dicho protocolo quiera adoptar protocolos adicionales, o enmiendas en los ya existentes o al convenio, la organización ha de convocar una conferencia diplomática. Esto sólo se puede realizar a petición de dos tercios de las partes contratantes.

Cualquier enmienda, tanto al convenio como algún protocolo, ha de ser adoptada por mayoría de tres cuartos de las partes contratantes. Una vez aceptadas se tienen que notificar por escrito al depositario. Treinta días después que el depositario reciba la notificación de su aceptación, la enmienda entraría en vigor entre las partes contratantes que las hayan aceptado.

Para que un estado pueda formar parte contratante de este convenio, tiene que aceptar el convenio y al mismo tiempo aceptar uno de los protocolos como mínimo.

5.3.1. Protocolo para la prevención de la contaminación de la mar mediterránea causada por la descarga desde los barcos y las aeronaves o por la incineración en el mar:

El protocolo de descargas, como también se conoce, entró en vigor el 12 de febrero de 1978. Tan sólo trata aquellas sustancias o elementos que son embarcados con el propósito de deshacerse de ellos, depositándolos o enterrándolos en el fondo marino o en el subsuelo marino. Se excluyen de este protocolo las descargas de aguas residuales, lastre sucio, basuras o cualquier otro residuo generado durante la navegación.

Referente a la incineración, el protocolo dicta que queda totalmente prohibida, cuando se trate de la combustión de residuos u otros materiales en las aguas marítimas del mar mediterráneo. No englobándose dentro de esta definición la destrucción térmica de residuos y otras materias procedentes de las operaciones normales de los barcos y las aeronaves (aprobada en el anexo V del MARPOL).

Este protocolo a su vez esta formado por tres anexos:

- Listado de sustancias prohibidas de descargar al mar
- Listado de las sustancias que se pueden descargar al mar pero que requieren un permiso y unas circunstancias especiales
- Criterios para otorgar los permisos

Excepcionalmente, se permite la descarga de cualquier material o sustancia en caso de fuerza mayor, si de esta manera se garantiza la seguridad de la vida humana en la mar o del buque. En este caso se tiene que informar inmediatamente sobre la descarga a las autoridades, proporcionándose el mayor número de detalles relativos a las circunstancias, naturaleza y cantidad de residuos o materias desembarcadas.

5.3.2. Protocolo para la cooperación en situaciones de emergencia para combatir la contaminación de la mar mediterránea causada por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales:

También es denominado protocolo sobre accidentes. Su finalidad es conseguir la cooperación entre los países miembros para prevenir y combatir la contaminación causada por hidrocarburos y otras sustancias en situaciones de emergencia, ya sea por derrames accidentales o debidos a la acumulación de pequeñas descargas que contaminen.

Al igual que el protocolo tratado en el apartado anterior entro en vigor el 12 de febrero de 1978.

Las partes firmantes de este protocolo están obligadas a divulgar al resto de partes y al centro regional de respuesta a situaciones de emergencia de contaminación marina en el mar mediterráneo (CERSEC), la información referente ha:

- Organización nacional (autoridades nacionales), competentes en materia de la lucha contra la contaminación del mar causada por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales.

- Nuevos métodos para evitar la contaminación del mar por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales, las nuevas medidas para combatir esta contaminación y el establecimiento de programas de investigación relacionados con estas actividades.

Para conseguir una correcta y eficiente cooperación entre todos los miembros, cada parte tienen que afrontar las siguientes tareas en caso que se produzca un accidente marítimo:

- Evaluación de la naturaleza y extensión del siniestro o de la situación de emergencia.

- Tomar todas las medidas posibles para evitar y reducir los efectos de la contaminación

- Informar inmediatamente a las otras partes sobre las evaluaciones y todas las medidas tomadas y/o previstas

- Proseguir en la labor de seguimiento durante el máximo de tiempo posible y enviar un informe.

Además están obligadas a realizar todos los esfuerzos posibles a la hora de dar asesoramiento técnico, suministro o oferta de productos, equipamientos y de medios náuticos; a cualquier otra parte que necesite asistencia para combatir la contaminación por hidrocarburos u otras sustancias perjudiciales. La parte que solicite asistencia lo podrá hacer directamente o bien por medio del centro regional, comenzando por las partes que puedan resultar afectadas por la contaminación.

El centro regional podrá adoptar el papel de coordinador de las partes cuando las partes que intervienen en una operación no consigan ponerse de acuerdo.

5.3.3. Protocolo para la protección del mar mediterráneo contra la contaminación resultante de la explotación y de la explotación de la plataforma continental y del fondo marino y de su subsuelo:

El protocolo sobre fondos marinos fue adoptado el 14 de octubre de 1994 en Madrid y actualmente no ha entrado en vigor. Se aplica en las aguas del mediterráneo, incluidas el fondo marino y su subsuelo. No se dirige sólo a los buques; también engloba las industrias e instalaciones próximas a las zonas costeras.

El objetivo de este protocolo es proteger las zonas marinas de importancia para la conservación de los recursos y de las especies naturales del mar mediterráneo, para ello las partes tienen que velar por que se adopten todos los medios necesarios con el fin que las actividades no causen contaminación, impulsando para ello todas las mejores técnicas disponibles, ecológicamente eficaces y económicamente adecuadas.

Es de suma importancia que las partes firmantes de este protocolo respeten las normas internacionales referentes a los residuos, su utilización, almacenamiento y descarga de sustancias y materiales perjudiciales o nocivos.

5.4. Plan de acción del mediterráneo:

El plan de acción del mediterráneo (PAM) fue aprobado en 1975 y consta de cuatro capítulos:

- I. planificación integrada del desarrollo de la gestión de los recursos de la cuenca mediterránea
- II. Programa de investigación y vigilancia de la contaminación de la mediterránea
- III. Marco jurídico:
- IV. Consecuencias institucionales y financieras

5.4.1. Planificación integrada del desarrollo y de la gestión de los recursos de la cuenca mediterránea:

Dentro de los programas que se desarrollaron se destacan:

Plan azul: Estudia y coordina las actividades sobre las relaciones entre medio ambiente y desarrollo sostenible. Para ello se creó en Francia (Sophia) el Centro de Actividad Regional (CAR).

En la reunión que se efectuó en Turquía (Antalaya) del 12 al 15 de Octubre de 1993, se propuso que el CAR efectuará una observación permanente y una evaluación del medio ambiente y del desarrollo de la región mediterránea.

Declaración de Génova sobre el segundo decenio de la mediterránea: Algunos de los objetivos que se plantearon en la reunión de Génova celebrada del 9 al 13 de septiembre de 1985 fueron:

- El establecimiento de instalaciones de recepción portuarias en el mediterráneo para el agua de lastre y para otros residuos de hidrocarburos procedentes de los barcos cisternas y otros buques.

- Cooperación para mejorar la seguridad de la navegación marítima y para reducir considerablemente el riesgo de transporte de sustancias tóxicas peligrosas susceptibles de afectar al litoral o de provocar contaminación marina.

- Protección de las especies marinas amenazadas, como la foca monje y la tortuga mediterránea.

- Reducción considerable de la contaminación atmosférica que ante la posibilidad de provocar fenómenos de lluvia ácida perjudica al litoral y al medio marino.

Muchos de estos objetivos no se han cumplido como la reducción de la contaminación atmosférica que año tras año va en aumento, o el establecimiento de instalaciones de recepción portuarias. En la actualidad ningún puerto del estado Español dispone de instalaciones de recepción de aguas de lastre, y de los 46 puertos que hay en España tan sólo seis están ofreciendo el servicio de recepción de residuos que proviene de la limpieza de tanques.

5.4.2. Programa de investigación y vigilancia de la contaminación de la mediterránea:

El MEDPOL (Programa coordinado de investigación y vigilancia de la contaminación en el mediterráneo) es el programa científico y técnico del PAM para la reunión, el análisis y la difusión de datos fiables comparable, mediante programas nacionales de vigilancia de contaminación marina del mediterráneo.

Cinco organismos especializados de las Naciones Unidas (FAO, OMS, la COI de la UNESCO y OIEA) cooperan en estas actividades. Prestan asistencia financiera a laboratorios de la región para la adquisición de instrumentos analíticos y participan en actividades del programa. Asimismo, cuentan con un programa de control de calidad destinado al mejoramiento de la calidad de datos, así como a la capacitación del personal, el mantenimiento de instalaciones y prácticas de laboratorio idóneas. Además un programa de investigación apoya las actividades de vigilancia.

5.4.3. Marco jurídico:

El convenio de Barcelona y sus seis protocolos constituyen el Marco jurídico del PAM. En la actualidad, ya han entrado en vigor el convenio y cuatro protocolos.

En el año 2005 el PAM elaboró la estrategia del mediterráneo para el desarrollo sostenible (EMSS). Exactamente se trata de grupos temáticos integrados por representantes de los países y la sociedad civil que formulan recomendaciones a la comisión mediterránea a nivel regional, subregional y nacional, sobre el desarrollo sostenible.

El PAM colabora con las AAM, iniciativas regionales y otros organismos de las Naciones Unidas con el propósito de promover objetivos relativos a los mares regionales.

Recientemente, el PAM y la comisión Europea han consolidado, aumentando e intensificando su cooperación para lograr metas y objetivos comunes en la esfera del medio ambiente. La iniciativa mas reciente de la comisión Europa de descontaminar el mediterráneo para 2020 (el horizonte de 2020), se ejecutará por medio del PM y estará financiada por el Banco Europeo de Inversión. REMPEC, uno de los centros de actividad regionales del PAM, aplica los convenios de la OMI relativos al mediterráneo, mientras que el centro de actividades regionales de Túnez para la diversidad biológica, trabaja en estrecha colaboración con el convenio sobre la diversidad biológica a favor de la protección de su diversidad en la región.

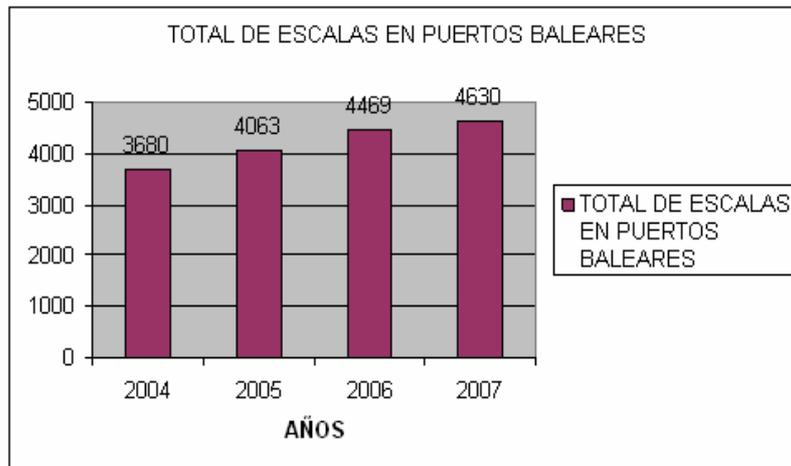
Para el 2008, se tiene previsto la aplicación de la estrategia de modalidades de aserción a favor del gran ecosistema del mar mediterráneo, elaborado por el fondo para el medio ambiente mundial (FMAM).

En la actualidad no hay ninguna normativa internacional, europea o nacional que regule la contaminación acústica. El ministerio de Medio ambiente Español le ha encargado al grupo de trabajo que ha elaborado el primer mapa acústico del mediterráneo que colaboren en la redacción de una normativa que regule el ruido en el interior del mar, que pretenden que este construida antes de dos años (2010).

6. TIPOS DE BUQUES QUE OPERAN ENTRE BARCELONA-BALEARES.

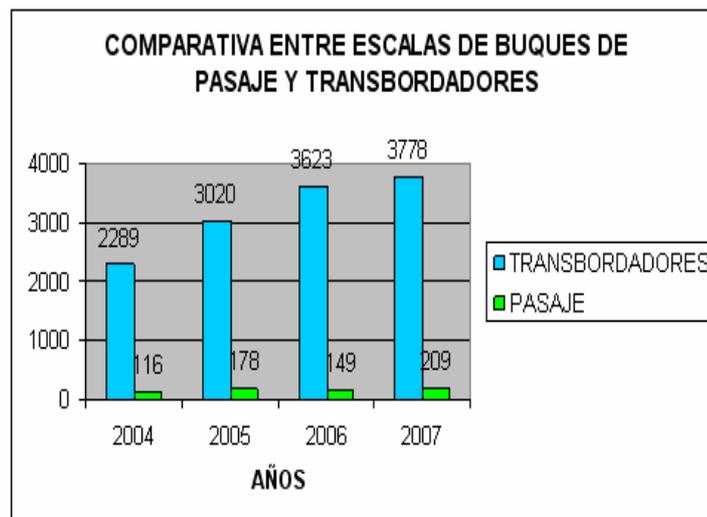
A continuación se va a realizar una pequeña descripción de cómo ha evolucionado el tráfico marítimo entre Barcelona-Baleares, de cuales son los servicios más comunes y del tipo de propulsión empleada en la actualidad.

El tráfico marítimo entre la península y los puertos del archipiélago balear (Alcudia, Ibiza, Mahon, Palma de Mallorca, Ciudadela y San Antonio) ha sufrido un fuerte incremento en los últimos tiempos. Tal como se muestra en la siguiente gráfica, realizada con los datos facilitados por la autoridad portuaria de Barcelona, las 3680 salidas a los puertos de las Islas Baleares realizadas en el 2004 han ido aumentando hasta alcanzar 4630 salidas en el 2007.



16

6.1. Los Buques de pasaje:



17

¹⁶ Total de escalas en los puertos de Baleares. Ver anexo B.

¹⁷ Comparativa entre las escalas de buques de pasaje y transbordadores. Ver anexo B.

Sin duda los buques que más han influido en el desarrollo del transporte marítimo han sido los transbordadores (buques “canguro” fast ferris y ferris) y los cruceros. En el año 2007 se efectuaron 3778 salidas de transbordadores y 209 cruceros, frente a las 289 de transbordadores y 116 cruceros registrados en el 2004.

Bajo la denominación de Fast Ferries son clasificados aquellos buques que tienen una velocidad por encima de los 25 nudos, el casco está construido con materiales de alta resistencia y bajo peso y, la maquinaria y equipamiento del mismo tiene muy poco empacho. Los Fast Ferries sólo se dedican al transporte de pasajeros y a sus vehículos, por lo que se excluye el transporte de mercancías en vehículos pesados a tracción a motor.

La vida media para la que se diseñan y construyen los fast ferries es de veinte años aproximadamente trabajando a pleno rendimiento, lo que implica el tener un plan de mantenimiento dirigido a la protección del casco (para este tipo de buques puede ser de aluminio), y de la maquinaria principal y auxiliar. El mantenimiento de este tipo de aluminio es mediante de su permanente aislamiento del agua de mar, bien a través de pintado o bien por medio de limpieza por agua dulce de aquellas zonas que hayan estado en contacto con agua de mar.



18

¹⁸ Limpieza del casco del buque Wisteria en los Astilleros Unión Naval de Barcelona. Colección propia.

Los buques Fast-ferris que operaron en esta agua durante el año 2007:

BUQUE	COMPañIA AÑO CONSTRUCCIÓN	VELOCIDAD	Nº TRAYECTOS	PUERTOS	PROPULSOR
AL MUDAINA DOS	ACCIONA (1997)	38 nudos	91	IBIZA/MAHON	
LA SUPREMA	GRANNAVI (2003)	28 nudos	1	MALLORACA	OIL ENGINE
MILENIUM	ACCIONA (2000)	47,0 nudos	46	MALLORCAMBIZA	OIL ENGINE
MILENIUM DOS	ACCIONA (2003)	47,0 nudos	250	MALLORCA	OIL ENGINE
PITUSA NOVA	ISCOMAR	30,0 nudos	1	MAHON	

19

Tal como se observa en la tabla, la compañía líder en el sector de los fast ferries es acciona- transmediterranea. Los buques que actualmente prestan este servicio son buques nuevos con una antigüedad inferior a 10 años (excepto el AL MUDAINA DOS), y se caracterizan por estar equipados con motores ecológicos que favorecen en cierta medida al medio ambiente. Asimismo la compañía asegura que en sus buques se emplean agentes refrigerantes ecológicos, alumbrado de bajo consumo, bajas emisiones acústicas, cierres ecológicos y pinturas ecológicas libres de estaño.

Pese a todas estas mejoras tienen la problemática de que colisionan frecuentemente con los cetáceos. El 23 de Febrero de 2007 se encontró un *Rorcuel* común (cetáceo) de 13 m varado en Vilanova i la Geltrú (Barcelona). Esa misma semana se encontraron dos ejemplares de esta misma especie en otros puntos de las costas españolas. La muerte de los tres ejemplares fue probablemente producida por colisión. La no existencia de aislamientos del casco (para los ruidos de la cámara de máquinas), teniendo en consideración la cantidad de viajes que pueden efectuar estos buques (un total de 389 de salidas desde Barcelona a Baleares), deriva en una perturbación acústica constante para la vida acuática.

Los buques destinados al transporte de pasajeros y sus vehículos que realizaron este trayecto como línea regular durante el 2007 fueron:

¹⁹ Buques Fast-Ferries que operaron en el 2007. Tabla elaborada a partir de los datos de la autoridad portuaria de Barcelona.

BUQUE	COMPAÑÍA	VELOCIDAD	EQUIPO PROPULSOR	ESCALAS	FRECUENCIA
BAHIA DE MALAGA	BALEARIA 1969		OIL ENGINE	MAHON	3
BORJA	BALEARIA		OIL ENGINE	MALLORCA	215
C.D SALAMANCA	ACCIONA 1982	22.5n	OIL ENGINE	IBIZA/MALLORCA	2
C.D. VALENCIA	ACCIONA 1984	21.0n	OIL ENGINE	IBIZA/MAHON	6
CARMEN DEL MAR	ISCOMAR 1970	13.0n	OIL ENGINE	IBIZA	1
EL GRECO	ACCIONA			IBIZA/MAHON/MALLORCA	56
ISLA DE BOTAFOC	BALEARIA 1980	19.5n	OIL ENGINE	MAHON	17
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	ACCIONA 1993	16.0	OIL ENGINE	MALLORCA/IBIZA/MAHON	16
MELOODIA	BALEARIA 1979	14.4	OIL ENGINE	MAHON/IBIZA	199
MERCEDES DEL MAR	ISCOMAR 1976	18	OIL ENGINE	MALLORCA/IBIZA	19
MURILLO	ACCIONA 2002	22.8	OIL ENGINE	MALLORCA	177
PATRICIA DEL MAR	ISCOMAR 1976	19.5	OIL ENGINE	MAHON	1
SOROLLA	ACCIONA 2001	23	OIL ENGINE	MAHON/MALLORCA/IBIZA	248
WISTERIA	ACCIONA 1985	12	OIL ENGINE	IBIZA/MAHON	106
ZURBARAN	ACCIONA				218

20

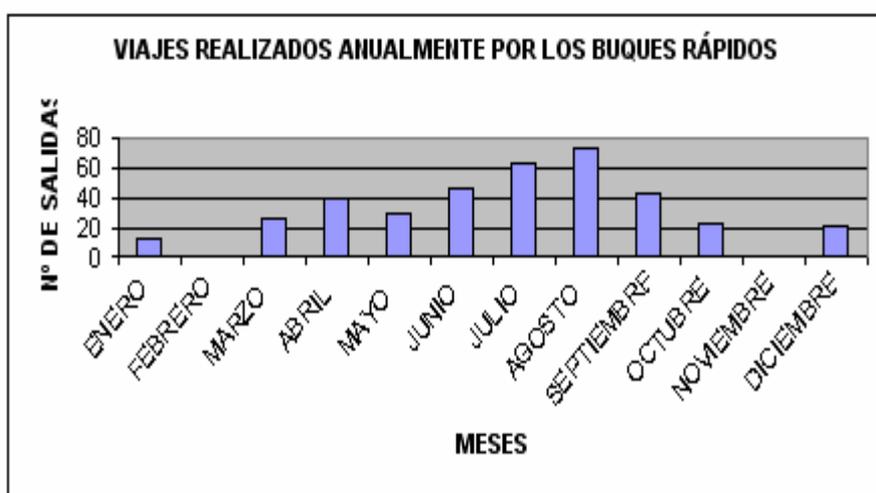
Si se compara, en general, la edad de estos ferris con la de los fast ferris hay que destacar que son más antiguos. Existiendo incluso un barco realizando servicios regulares (199 salidas durante el año 2007) con 29 años de antigüedad. Esto da a pensar que sus motores principales no están tan bien preparados como los actuales y por ello pueden ser altamente contaminantes. Afortunadamente, el resto de buques que habitualmente transitan son los más nuevos, con lo que ofrecen tecnologías más recientes para combatir la contaminación. Los más antiguos que hacen de forma esporádica el recorrido mayormente son empleados por sus compañías como un comodín, es decir, como refuerzos en temporada alta.

²⁰ Buques destinados al transporte de pasajeros y sus vehículos que operaron durante el 2007. Tabla elaborada a partir de los datos de la autoridad portuaria de Barcelona.

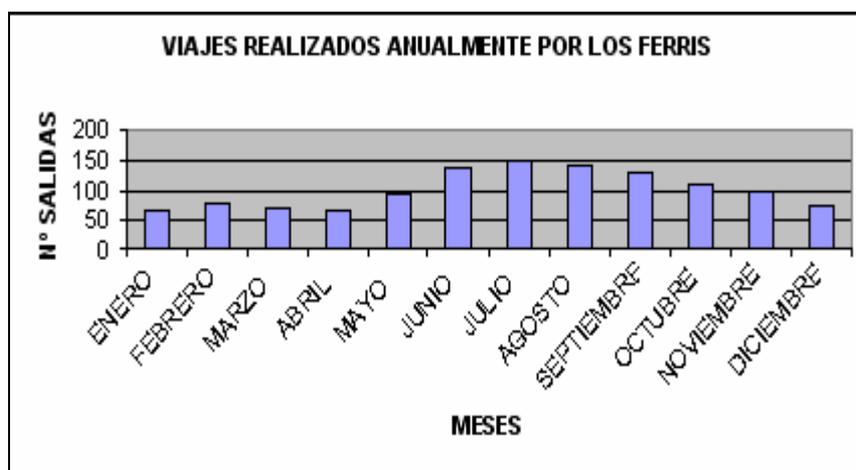
La escala más frecuentada, con gran diferencia, por los buques transbordadores es palma de Mallorca con 1631 escalas, seguida por Ibiza y Mahon con 928 y 663 escalas respectivamente. Estos datos se refieren al año 2007.

El aumento, de este medio de transporte para llegar a las islas, es debido a la incorporación de las nuevas embarcaciones rápidas capaces de competir con los aviones. Además de las ofertas tan económicas que han llegado a ofrecer, suponiendo en ciertas condiciones el transporte del vehículo gratuitamente.

Asimismo se quiere destacar que es en verano cuando, lógicamente, se producen la mayoría de los desplazamientos, reduciéndose mucho la actividad durante el invierno.



21



22

Aunque el anexo IV del MARPOL (prevención de la contaminación por aguas sucias de los buques) es obligatorio para todos los buques construidos después del 27/09/03 (fecha en la que entro en vigor dicho anexo), todos los buques de pasaje que transitan

²¹ Viajes realizados anualmente por los buques rápidos. Ver anexo B.

²² Viajes realizados anualmente por los Ferris. Ver anexo B.

por esta zona poseen una planta séptica o un tanque de retención. También están obligados a llevar un plan de gestión de basuras y un libro de registro de basuras. Ninguno de los buques estudiados lleva incineradoras a bordo por lo que optan por descargar los desperdicios a tierra.

El hecho de que el transporte marítimo de pasajeros le esté ganando terreno, poco a poco, al transporte aéreo es muy favorable. Ya que como ya se había comentado en apartados anteriores, las emisiones de gases de efecto invernadero son mucho menores en los buques y por tanto es una forma de desplazamiento más respetuosa con el medio ambiente.

	CO ₂ (Kt CO ₂ eq)	CH ₄ (Kt CO ₂ eq)	N ₂ O (Kt CO ₂ eq)	Total (Kt CO ₂ eq)
MARITIMO	486.3	0.5	3.9	490.7
AVIÓN	781.8	0.1	7.7	789.6

23

Todos los operadores que cubren la línea ferry Barcelona-Baleares aseguran que a bordo de sus buques se realiza una clasificación de las basuras generales, las cuales se depositan en contenedores en los puertos para su posterior retirada por parte de una empresa autorizada por la autoridad portuaria correspondiente. Asimismo afirman que se realizan la recogida de residuos oleosos generados en el buque, para su posterior tratamiento. Tal como se introdujo en el tema dedicado a la normativa vigente, para que dichos buques puedan operar deben de disponer de sus respectivos certificados MARPOL de recogida de basuras y residuos oleosos, dónde se certifica que estos han sido entregados a una empresa autorizada para ejecutar dicho trabajo.

Estimaremos el grado de contaminantes que pueden llegar a emitir estos buques dedicados al transporte de pasajeros, calculando el consumo de combustible que generan en navegación, maniobra y estancia en puerto (las formulas han sido extraídas del libro: la sostenibilidad de las autopistas del mar y los buques de alta velocidad, pag.119). Lógicamente contra más elevado sea el consumo más elevadas serán las cantidades contaminantes derivadas a la atmósfera.

- Consumo de combustible durante la navegación:

$$\text{Buque convencional-rápido} = 5.06 * \text{tiempo(horas)}$$

El tiempo estimado de navegación de un ferry desde Barcelona a Mallorca es de 8h.

$$\text{Buque convencional-rápido} = 5.06 * 8 = 40.48gr$$

$$\text{Buque alta velocidad} = 10.88 * \text{tiempo(horas)}$$

²³ Comparación de las emisiones de los buques y los aviones, Fuente: <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST145ZI21553&id=21553> (fecha de la consulta 10/03/08).

El trayecto ejecutado por este tipo de buques tiene una duración de 4h.

$$\text{Buque alta velocidad} = 10.88 * 4 = 43.52 \text{ gr}$$

- Consumo de combustible durante el tiempo de estancia:

Se supone un tiempo medio de estancia en puerto para los buques convencional rápido de 8h y para los de alta velocidad 4h.

$$\boxed{\text{Buque convencional rápido} = 1.26 * \text{tiempo}(\text{horas})}$$

$$\text{Buque convencional rápido} = 1.26 * 8h = 10.08 \text{ gr}$$

$$\boxed{\text{Buque alta velocidad} = 2.72 * \text{tiempo}(\text{horas})}$$

$$\text{Buque alta velocidad} = 2.72 * 4h = 10.88 \text{ gr}$$

- Consumo de combustible en maniobra:

El tiempo de maniobra puede variar en función de las inclemencias del tiempo, el estado de la mar y el puerto dónde se va a realizar esta (la maniobra de entrada en el puerto de Mahon es mucho más duradera que en el puerto de Barcelona o de Mallorca). Por lo que se va a estimar para ambos buques un tiempo medio de 20 min.

$$\boxed{\text{Buque convencional rápido} = 2.53 * \text{tiempo}(\text{horas})}$$

$$\text{Buque convencional rápido} = 2.53 * \left(20 \text{ min} * \left(\frac{1h}{60 \text{ min}} \right) \right) = 0.8433 \text{ gr}$$

$$\boxed{\text{Alta velocidad} = 5.44 * \text{tiempo}(\text{horas})}$$

$$\text{Buque alta velocidad} = 5.44 * \left(20 \text{ min} * \left(\frac{1h}{60 \text{ min}} \right) \right) = 1.813 \text{ gr}$$

Indiscutiblemente el consumo de los buques de alta velocidad es mucho más elevado que los de un buque convencional rápido. Por lo que las emisiones son más elevadas y más si se tiene en cuenta que son los que mayor número de viajes realizan.

Otro tipo de transporte de pasajeros que va en aumento año tras año, son los cruceros. En el año 2004 se registraron un total de 116 escalas; siendo el puerto más visitado el de Palma de Mallorca (103 escalas). Esa cifra se llegó casi a duplicar el año pasado con 209 escalas, volviendo a ser el Puerto de Palma de Mallorca el que más tipos de esos barcos albergó (169). En Ibiza y Mahón cada año va en incremento esta forma de turismo, cuadruplicándose casi las escalas desde el año 2004 al 2007. Por lo que los cruceros es un tipo de turismo que está a la alza.

BUQUE	COMPañÍA	PROPULSOR	DESTINO	NºPASAJEROS	FRECUENCIA
AIDAAURA	AIDA CRUISES 2003	DIESEL ELECTRIC	MALLORCA	1230	7
AIDACARA	AIDA CRUISES 1996	OIL ENGINE	MALLORCA	1186	10
AIDADIVA			MALLORCA	1582	10
BLACK PRINCE	1966	OIL ENGINE	IBIZA		2
CLUB MED 2	V SHIPS 1992		MAHON	521	
COSTA AATLANTICA	COSTA CRUISES 2000	DIESEL ELECTIC	MALLORCA	2680	2
COSTA CLASSICA	COSTA CRUISES 1991	OIL ENGINE	MALLORCA	1766	3
COSTA CONCORDIA	COSTA CRUISES		MALLORCA	1025	33
COSTA MARINA	COSTA CRUISES 1969	OIL ENGINE	IBIZA/MALLORCA	2832	3
COSTA ROMANTICA	COSTA CRUISES 1993	OIL ENGINE	MALLORCA		2
EUROPA	1999	DIESEL ELECTRIC	MAHON		1
INSIGNIA	1998	DIESEL ELECTRIC	MAHON	702	1
ISLAND ESCAPE	SUNSHINE CRUISE 1982	OIL ENGINE	MALLORCA	1863	14
KRISTINA REGINA	KRISTINA CRUISES 1960	OIL ENGINE	MAHON	366	1
LE DIAMANT		OIL ENGINE	MALLORCA		1
MELODY	1982	OIL ENGINE	IBIZA		27
NORWEGIAN DREAN	NCL 1998	OIL ENGINE	MAHON		1
REGATTA	1998	DIESEL ELECTRIC	IBIZA		1
ROYAL IRIS	GOLDEN CRUISES 1971	OIL ENGINES	MAHON		2
SEA BOX			MALLORCA		1
SEA CLOUD					1
SEA CLOUD II	2000	OIL ENGINE	MALLORCA		1
SEVEN SEAS NAVIGATOR	1999	OIL ENGINES	MAHON		1
SEVEN SEAS VOYAGER	2003	DIESEL ELECTRIC	MALLORCA	1769	2
SILVER CLOUD	1994	OIL ENGINES	MAHON	296	1
SILVER WHISPER	2001	OIL ENGINE	MAHON	388	1
STAR CLIPPER	1992	OIL ENGINE	MALLORCA		1

THE WORLD	2002	OIL ENGINE	MALLORCA	1378	1
THOMSOM CELEBRATION	1984	OIL ENGINE	MALLORCA		9
THOMSOM SPIRIT	1983	OIL ENGINE	MALLORCA	1374	5
WESTERDAM	2004	DIESEL ELECTRIC	MALLORCA	3200	6
WIND SPIRIT	1988	DIESEL ELECTRIC	MALLORCA	150	2
WIND SURF	1985	DIESEL ELECTRIC	MALLORCA/MAHON	453	2

24

Para tener una idea general de la cantidad de residuos que se pueden generar en un buque se tendrá en cuenta:

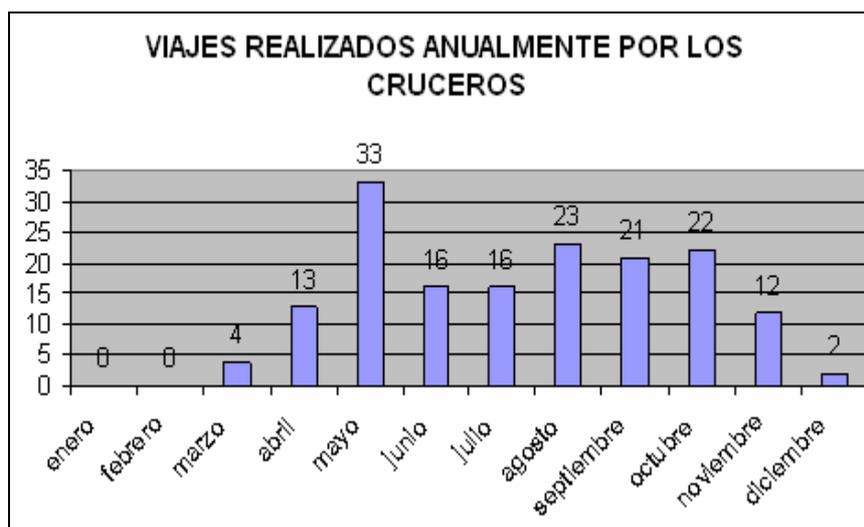
- Residuo seco 0.7 Kg por persona/día
- Residuos derivados de la alimentación 0.5 Kg por persona /día
- Vidrios y latas 1.5 Kg persona/día

Si la media de pasajeros que oscila en un buque de tal índole es de 1500 personas se tiene:

- Residuo seco= 1500 personas* 0.7 Kg persona/día= 1050 Kg/ día
- Residuos derivados de la alimentación= 1500 personas*0.5 Kg persona/día= 750 Kg/día
- Vidrios y latas= 1500 personas * 1.5 Kg persona/día= 2250 Kg/día

Lo que da un total de 4050 Kg/día, es decir 4.5 Ton en lo que dura el trayecto entre Barcelona y Mallorca. Así que no se descarta la posibilidad de que algunos de estos buques dispongan de incineradora a bordo cosa que incrementaría la emisión de gases nocivos a la atmósfera. La otra probabilidad que se alberga, que es más favorable para la atmósfera, es que dispongan de máquinas compactadoras y que cuando estén a tres millas de la costa lo tiren por la borda. Esta medida no es del todo muy ecológica ya que estos residuos en el mar es una aportación extra de nutrientes que puede derivar en una eutrofización

²⁴ Buques de crucero que operaron durante el 2007. Tabla elaborada a partir de los datos de la autoridad portuaria de Barcelona.



25

Además este tipo de turismo se puede considerar uno de los principales introductores de especies exóticas. Se hace esta afirmación debido a que las principales especies foráneas encontradas en esta agua (la alga asesina *Caulerpa toxifolia*), provienen de zonas alrededor de Italia los primeros casos provienen de zonas alrededor de Italia. Paradójicamente la mayoría de los cruceros que circulan por esta agua siguen rutas que transitan por esos lugares; un ejemplo de algunas de estas:

- Civitavecchia, Roma, Livorno, Portofino, Ajaccio, Palma de Mallorca, Barcelona, Monte-Carlo

- Niza, Saint Tropez, Monte Carlo, Ibiza, Palma de Mallorca, Barcelona

- Barcelona, Palma de Mallorca, Túnez, La valetta, Palermo, Civitavecchia, Roma

- Barcelona, Marsella, Savono, Nápoles, Palermo, Túnez, Palma de Mallorca, Barcelona

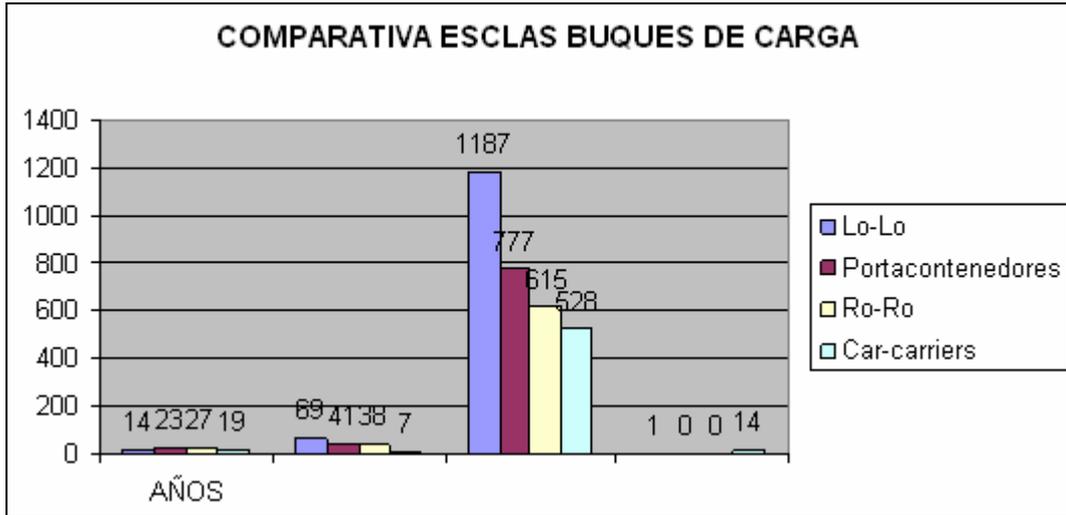
- Barcelona, Palma de Mallorca, Túnez, La Valetta, Palermo, Civitavecchia, Roma

Lógicamente los cruceros no son los únicos culpables de la introducción de especies ajenas, pero si uno de los focos más importantes. Por lo que se considera que sería interesante alguna restricción respecto a las aguas de lastre, y más teniendo en cuenta que debido al aumento gradual de la temperatura de esta agua se prevé un aumento de fauna colonizadora, lo que daría lugar a grandes desbarajustes en los ecosistemas autóctonos.

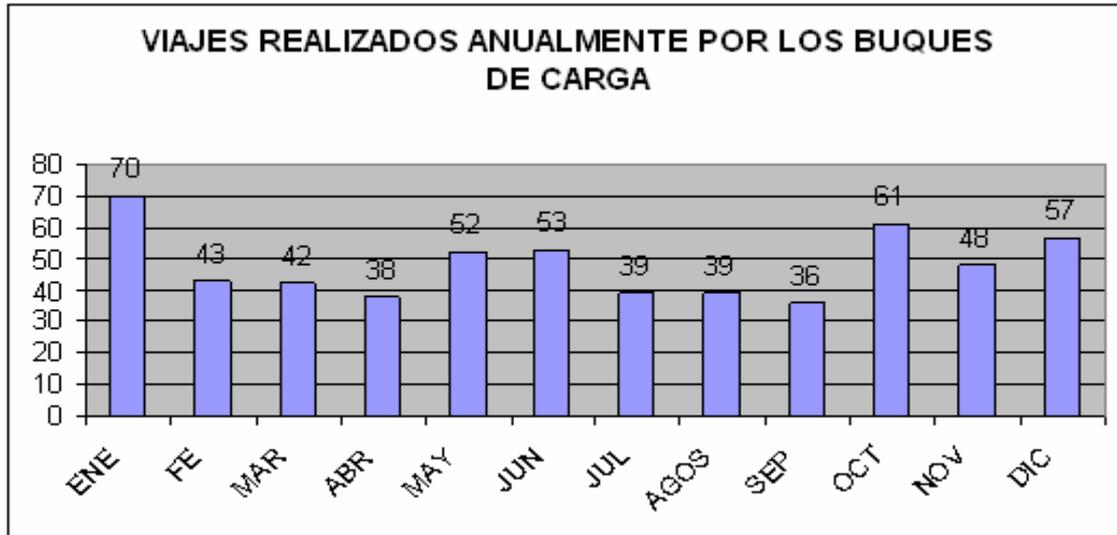
²⁵ Viajes realizados anualmente por los cruceros. Ver anexo B.

6.2. Buques de carga general:

Los buques considerados como carga general son los Lo-Lo, Ro-Ro y portacontenedores. Al contrario que los buques de pasaje su actividad se ha visto disminuyendo año tras año, destacadamente en los portacontenedores y ro-ro. Una posible explicación al descenso de los ro-ro puede ser la integración en el año 2007, en esta ruta, de los car-carriers; también pudiera ser debido, en un cierto porcentaje, por los ferrys.



26



27

²⁶ Comparativa de las escalas de los buques de carga. Ver anexo B.

²⁷ Viajes realizados anualmente por los buques de carga. Gráfica elaborada a partir de los datos de la autoridad portuaria de Barcelona.

	COMPANÍA	PROPULSOR	DESTINO	FRECUENCIA	TIPO
	AÑO				
BLANCA DEL MAR	CONTENEMAR 1960	OIL ENGINE	MALLORCA/IBIZA/MAHON	340	CONTAINER SHIP
BREANT	1979	OIL ENGINE	IBIZA/MAHON	11	RO-RO
CEMENMAR CUATRO	CEMEX ESPAÑA S.A. 1975	OIL ENGINE	MAHON/MALLORCA	2	BULK CEMENT CARRIER
DON FERNANDO	ISCOMAR 1983	OIL ENGINE	MALLORCA/MAHON/IBIZA	76	RO-RO
DON PEDRO	ISCOMAR 1984	OIL ENGINE	MALLORCA/MAHON	40	RO-RO CARGO SHIP
ELIF D	1984	OIL ENGINE		2	GENERAL CARGO
GALICIA	SUARDIAZ S.A. 2003	OIL ENGINE	MALLORCA/MAHON	2	VEHICLES CARRIERA
KAF-D	1983	OIL ENGINE	MALLORCA/IBIZA	2	GENERAL CARGO
KILCOE	1980	OIL ENGINE	MALLORCA/IBIZA	2	RO-RO
LASS MARS	WUBE 1992	OIL ENGINE	IBIZA/MALLORCA	4	GENERAL CARGO
LASS MOON	WUBE 1992	OIL ENGINE	MALLORCA	1	GENERAL CARGO
LIS WEBER	WEBER APS 1978	OIL ENGINE	IBIZA	1	GENERAL CARGO
MONTLHERY	1982	OIL ENGINE	MALLORCA	4	VEHICLES CARRIER
PAMIR	1994	OIL ENGINE	MALLORCA	1	GENERAL CARGO SHIP
ST TELMO	1981	OIL ENGINE	MALLORCA	1	VEHICLES CARRIER
STAD AMSTERDAM	PACIFIC SHIPPING 1984	OIL ENGINE	MALLORCA	1	BULK CARGO SHIP
STENA FOR WARDER	ACCIONA	OIL ENGINE		11	RO-RO
TENERIFE CAR	NAVICAR S.A. 2002	OIL ENGINE	MAHON	1	VEHICLES CARRIER
TOR FORTUNA	DFDS AVS 1996	OIL ENGINE	IBIZA/MALLORCA		RO-RO
URSINE	COBELFRET	OIL ENGINE	IBIZA	13	RO-RO

²⁸ Buques de carga que operaron durante el 2007. Tabla elaborada a partir de los datos de la autoridad portuaria de Barcelona.

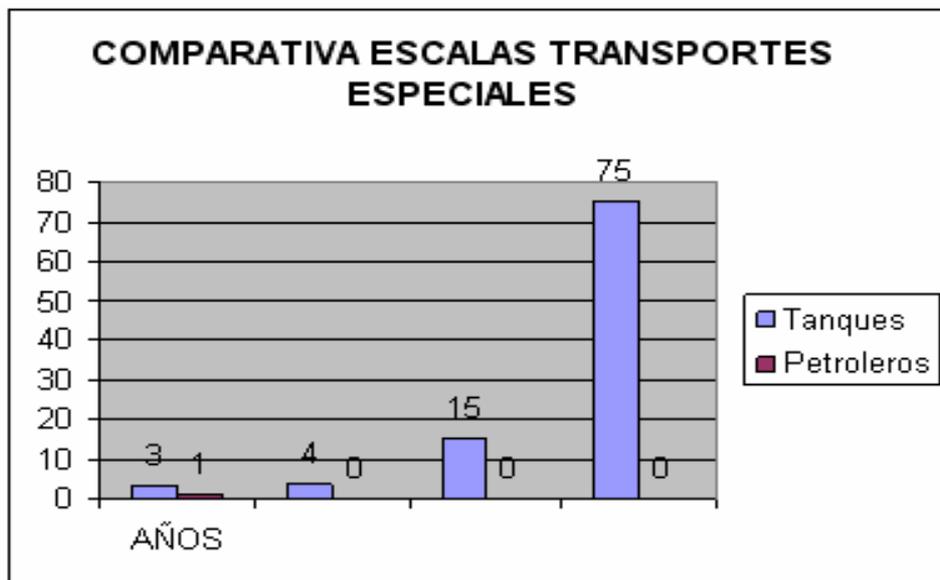
Los buques dedicados a este tipo de transporte son notablemente mucho más antiguos, por lo que su tecnología sea posiblemente más obsoleta dando lugar a un elevado porcentaje de emisiones dañinas para la atmósfera, ruidos y vibraciones. Los buques tienen una media de edad de 22 años.

Se debe apuntar que el accidente marítimo más importante en materia de contaminación que se ha producido en esta agua, tubo lugar el 11 de Julio de 2007 cuando se hundió el Ro-Ro Don Pedro a una milla del puerto de Ibiza y a unos cincuenta metros de profundidad, tras chocar con el islote es Dau Gros. Afortunadamente sus tanques no estaban a plena capacidad albergando en su interior más de cien toneladas de fuel.

6.3. Buques de transportes especiales:

Dentro de los buques de transportes especiales se engloban los buques tanques y los petroleros. La explicación al hecho de que el tránsito de los petroleros en esta ruta es muy poco frecuente o casi nula, es debido a la ausencia de petroquímicas importantes en Barcelona, estando estas situadas en Cartagena y Tarragona.

El tránsito de buques tanques ha aumentado considerablemente desde el 2004 al 2007, pero aún con este aumento sigue siendo el tipo de transporte menos frecuente. Las mercancías con las que siguen estas rutas son gasóleos y gasolinas (anexo C).



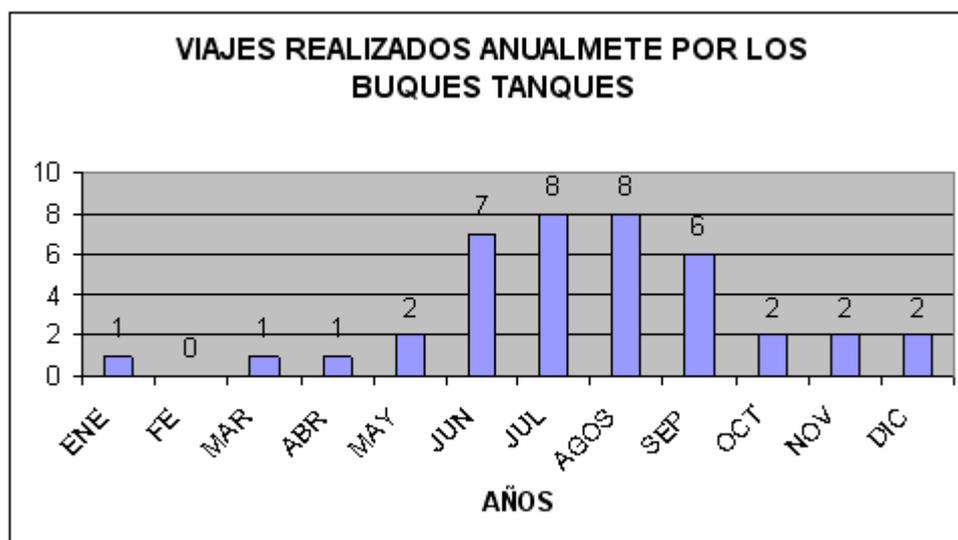
29

Son buques relativamente nuevos con una media de diez años de antigüedad.

²⁹ Comparativa de las escalas de los buques de transportes especiales. Ver anexo B.

BUQUE	COMPañÍA	PROPULSOR	FRECUENCIA
	AÑO		
MAR PATRICIA	MARITIMA DEL NORTE S.A. 1998	OIL ENGINE	1
MAR ROCIO	MARPETROL S.A. 1999	OIL ENGINE	36
MARELD	VALERO SHIPPING S.L. 2004	OIL ENGINE	1
SVEVA	IRMASET B 1993	OIL ENGINE	1
TRAVESSTERN	IRMASET A 1993	OIL ENGINE	1

30



31

6.4. Puertos:

Los puertos son también un elemento muy importante en la lucha contra la contaminación además de ser un foco constante de contaminantes. Por ello es necesario que estén debidamente acondicionados con las instalaciones de recepción de residuos pertinentes. El convenio MARPOL 73/78, tal como ya se vio en su momento, dicta que los responsables de los buques están obligados a comunicar a las autoridades portuarias correspondientes la cantidad y el tipo de residuo que transporte y si tienen la necesidad de evacuarlo.

³⁰ Buques de transportes especiales que operaron durante el 2007. Tabla elaborada a partir de los datos de la autoridad portuaria de Barcelona.

³¹ Viajes realizados anualmente por los buques tanques. Gráfico elaborado a partir de los datos de la autoridad portuaria de Barcelona.

España es miembro de la IMO desde 1962 y firmó el MARPOL en 1984. En 1998 se publicó la lista de las facilidades de recepción de residuos necesarias para cubrir las necesidades contempladas en tal convenio. Desde entonces y hasta la fecha, tan sólo seis puertos de los 46 puertos españoles ofrecen servicio de recogida de aguas de lastre y residuos de limpieza de tanques. Ciertamente y verdad es que la gestión de aguas de lastre no es obligatoria debido a que la IMO ofrece tan sólo recomendaciones. Pero de todas formas es terrible que el puerto de Barcelona no ofrezca tales servicios siendo uno de los puertos más transitados.

Reception facilities under the Annex I del MARPOL in Spain						
Port	Dirty ballast waters	Tank cleaning	Oil mixes with chemical contents	Sludge from the tank cleaning	Bilges	Refined fuel-oil residues
Bilbao	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Pasajes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Santander	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Avilés	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Gijón	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Ferrol	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
A Coruña	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Vilagarcía	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Marín	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Vigo	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Huelva	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Algeciras	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tenerife	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Las Palmas	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Almería	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Garrucha	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Carboneras	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Aguilas	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Cartagena	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Valencia	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Alicante	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Burriana	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Sagunto	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Gandia	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Castellón	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Palma	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Ibiza	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Mahón	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Barcelona	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Tarragona	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes

32

Los puertos de las zonas de estudio de este trabajo (Barcelona, Palma, Ibiza, Mahon) ofrecen prestaciones de recepción de residuos de hidrocarburos (Anexo I), recepción de

³² Analysis of oil pollution at sea by means of sea craft in Spain. Department of nautical engineering and science. Pr. F. Xavier Martínez de Osés. Pag 42.

aguas residuales negras y grises (Anexo IV) y recepción de basuras, y residuos de carga (Anexo V).

La Autoridad Portuaria de Barcelona afirma que el 90% de los barcos realizan entregas de residuos.



33

Dichos servicios no son ofrecidos directamente por la autoridad portuaria, sino que delega en empresas privadas que previamente han sido autorizadas como gestor de residuos por sus respectivas comunidades autónomas. Concretamente en el Puerto de Barcelona las empresas privadas que gestionan estas actividades son:

- ECOIMSA: Recepción de residuos de hidrocarburos
- ECOIMS, Ricardo Asensio i Cespa GTR, SA: Reopción de aguas residuales negras y grises
- Servicios Flotantes de Otto Schwanalt, SL: Recepción de basuras y residuos de carga

La autoridad portuaria de Barcelona en su afán de reducir las fuentes de contaminantes y contribuir al desarrollo sostenible ha establecido las siguientes medidas para la mejora de la calidad del aire:

- Rediseño de las tasas portuarias para favorecer los buques menos contaminantes

³³ Fotografía del servicio de recogida de aceites oleosos.

- Requerimientos ambientales para la flota de camiones de contenedores, con obligaciones e incentivos precisos para obtener la autorización de entrada y salida del recinto
- Renovación de la flota de embarcaciones de soporte a la prestación de servicio que operan en el interior de la dársena
- Promoción para la renovación de la maquinaria auxiliar de carga y descarga
- Reserva necesaria de espacio para el suministro eléctrico a los buques a las nuevas terminales o las que están afectadas por una modificación sustancial, evitando utilizar los motores de las embarcaciones cuando están atracadas en el muelle (reducción del 90% de las emisiones)
- Desarrollo del transporte ferroviario de mercancías, absorbiendo parte del incremento que genera la ampliación del puerto
- Limitar o suspender determinadas operaciones en la manipulación de productos pulverulentos cuando se produzcan elevadas velocidades de viento.

En la publicación que apareció en el diario El Vigia con fecha del 11 de Julio de 2007 el puerto de Barcelona declaraba que con todas estas medidas sería posible una reducción del 20% de las emisiones de dióxido de nitrógeno y del 10% de las partículas en suspensión de diámetro inferior a las 10 micras.

Asimismo se ha iniciado en el puerto e Barcelona la construcción de dos grupos de generadores de ciclo combinado en el Muelle de Inflamables, que se no se prevé que este operativo hasta el primer semestre de 2010. Esta planta constará con una potencia total de 850 MW y evitará la emisión de 655 toneladas de óxidos de nitrógeno anuales a la atmósfera.

La energía generada tendrá acceso inmediato a las redes de distribución, garantizando suministro estable en una zona de elevado consumo. Esta central incorporará un sistema de combustión que minimizará las emisiones de óxidos de nitrógeno. El proyecto de la instalación prevé la construcción de un sistema de refrigeración en circuito cerrado, lo que permitirá reducir al mínimo las necesidades de aportación de agua. Además, la toma de agua se realizará directamente desde la planta de regasificación de Enagás, lo que evitará la necesidad de construir instalaciones de toma y vertido y reducirá el impacto térmico en el mar.

7. ALTERNATIVAS PARA REDUCIR LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN:

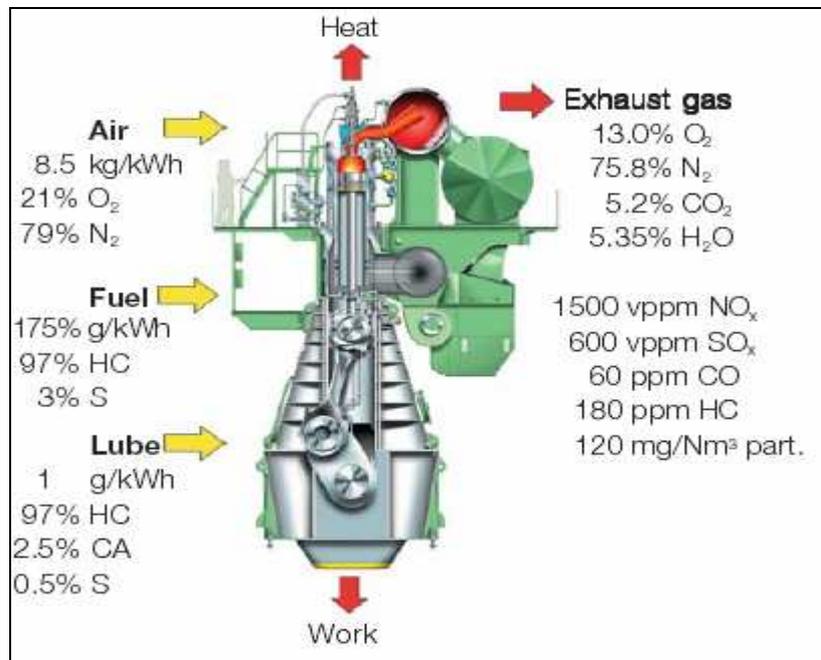
La mentalidad común por alcanzar que los medios de transportes interfieran el mínimo posible con los recursos naturales; ha hecho que en los últimos años se hayan realizado diversos proyectos para conseguir este fin.

Por otro lado cada vez son más las compañías, tanto de buques de pasaje como de carga, que invierten tiempo y dinero en concienciar a sus oficiales y marineros en la tarea del reciclaje. Para ello ponen a su disposición containeres para pilas, tubos fluorescentes, trapos con aceite, y demás desechos altamente contaminante.

En las siguientes líneas se van a analizar algunas de las nuevas tecnologías que se están empezando a emplear con el fin de conseguir que el transporte marítimo sea más respetuosos con el medio.

7.1. Medios para disminuir las emisiones contaminantes a la atmósfera:

Los motores diesel se consideran que son los más contaminantes (en comparación con otros medios de propulsión, como son las turbinas de gas). Este concepto se podría decir que no es del todo cierto, es decir los motores diesel producen bajas emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono e hidrocarburos; siendo las emisiones de óxidos de nitrógeno altas. El verdadero culpable de la presencia en los gases de escape de óxidos de azufre, y otros contaminantes, son los combustibles residuales, que contienen azufre, asfáltenos y cenizas, utilizados en los buques.



34

³⁴ Emisiones en los motores. Imagen extraída de: Emisión control MAN B&W two-stroke Diesel Engines. Pag4.

Como ya se pudo observar en el apartado dónde se habló sobre la normativa vigente el anexo VI del MARPOL solamente regula los límites de emisión de SO_x limitando el contenido de azufre de los combustibles y restringiendo las emisiones de NO_x en los motores diesel.

En la actualidad hay dos vías enfocadas a la reducción de los NO_x , una destinada a los motores ya existentes y la otra para las nuevas construcciones. Concretamente para los motores existentes estas medidas se basan:

- Combustibles más limpios o nuevos combustibles
- Pretratamiento o acondicionamiento del combustible y/o del aire de combustión
- Mejoras en el motor, o en el modo de funcionamiento

Por el contrario los nuevos diseños se están basando:

- Modificaciones y mejoramiento de los componentes de la cámara de combustión, del sistema de combustible, de los sistemas del control del motor...
- Condicionamiento de los gases de escapes después del proceso de combustión
- Incrementando el mantenimiento del motor, reduciendo el consumo de electricidad, mejorando el diseño del buque o ajustando la velocidad del buque para que navegue utilizando menos fuel por unidad de distancia navegada.

7.1.1 Motores existentes:

7.1.1.1. Combustibles más limpios:

A bordo de los buques se distinguen dos tipos de combustibles; marine distillate fuels (diesel) y marine residual fuels (gasoil).

Los marine distillate fuels son conocidos también como Premium o diesel marino. Se trata de una destilación densa aunque se pueden encontrar en algunas zonas mezclados con residuos densos en proporción considerable. Por otro lado el marine residual fuels pueden también ser denominados boiler oil, heaving fuel o bunker fuel. Todos estos sinónimos dan nombre a los combustibles marinos de bajo costo. Están destinados en principio a calderas, hornos y aplicaciones similares no estando producidos para utilizarlos en motores diesel. Para poder ser utilizado en los motores deben ser sometidos a un refinado adicional para poder reducir el contenido en azufre, cenizas, vanadio, etc... además de segregación y tanques de almacenamiento separados en los puertos de aprovisionamiento, lo que encarece el producto.

La mayoría de los buques utilizan ambos combustibles para la propulsión de sus motores, concretamente los gasóleos dan servicio durante las maniobras debido a la gran cantidad de combustible que se gasta en ese periodo derivado de la continua parada y arrancada de la máquina. Sin embargo el diesel se consume tan sólo durante la navegación normal (anexo D).

Las nuevas normativas internacionales, Europeas y nacionales obligan a las compañías que suministran estos productos a ir reduciendo el contenido de azufre:

- Directiva 1999/321/EC (R.D 287/2001). Reducción de azufre en combustibles líquidos; Bunker no incluido, gasóleos marinos (densidad y viscosidad según ISO 8217) están incluidos limitando el contenido de azufre al 0.2% y a partir del 1/01/08 al 0.1% (Canarias excluida)

- Buques de pasajeros en servicios regulares contenido de S<1.5%

- Combustibles marinos en buques atracados y en navegación interior contenido de S<0.1% desde 1/01/10 prohibida la venta de calidades DMA y DMX con contenido superior al citado

- Establece el 1.5% de azufre como nuevo límite para el diesel marino (DMB y DMC)

La asociación Española de operadores de productos petrolíferos advierte que la reducción de azufre en los bunkers requiere ciertas inversiones en mejoras tecnológicas en las refinerías cosa que derivará en una logística más compleja y por tanto aumentando los costes operativos. Lo que repercutirá en los costes de venta. Obviamente esto obligará a los buques a subir el precio de los servicios. En la zona de estudio (Barcelona-Baleares), el transporte de carga no se cree que se vea muy perjudicado por ello; porque al fin y al cabo no les queda otra alternativa a los empresarios para hacer llegar sus productos a las islas; y en cierta manera podrán restablecerse de ese incremento aumentando el precio de venta de sus productos. Pero en los buques de pasaje podría tener un efecto muy negativo, ya que la subida de precios puede hacer decantar a sus clientes por utilizar los aviones que al fin y al cabo es la manera más rápida de llegar a las islas., pero son más perjudiciales sus emisiones para la atmósfera. Ha día de hoy ya se han comenzado a registrar las primeras movilizaciones en los buques pesqueros a causa de la brutal subida de precios de los combustibles.

En la actualidad las refinerías para la producción de bunker bajo en azufre cuentan con tres posibilidades:

1. Mezcla con F.O de bajo azufre. En la unión Europea se podrían obtener 5Mt (13% de la demanda total) de HFO<1.5% S utilizando mezclas.

2. Procesando crudos dulces (bajo azufre). Es el método más efectivo. Con la producción mundial de crudo dulce podrían abarcar el 18% de la producción. Estos combustibles son originarios de África (Argelia, Libia y Nigeria) y Europa (Mar del Norte).

3. Desulfuración de residuos. Es el método más caro ya que requiere una inversión por parte de las compañías petrolíferas en plantas de desulfuración de residuos de vacío. Además estos aumentarían las emisiones de CO₂ y son grandes consumidores de energía.

Finalmente se quiere apuntar que la reducción del azufre en los combustibles marinos además de ser positivo para el medio ambiente es beneficiosa para la propia maquinaria debido a que el azufre es el responsable de la corrosión a baja temperatura (por debajo de los 200°C) acentuando el riesgo de desgaste de las camisas y aros del pistón.

7.1.1.2. Biocombustibles:

Se trata de combustibles producidos a partir de la biomasa (organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos, tales como el estiércol de vaca). Los más utilizados y desarrollados son el bioetanol y el biodiésel.

Pueden ser utilizados como los sustitutos de los combustibles fósiles tradicionales (petróleo y carbón), evitando el agotamiento del petróleo. Además contribuyen favorablemente reduciendo las emisiones de CO₂ y no contribuyendo al impacto que supone al cambio climático.

El biodiésel se fabrica a partir de aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar, y grasas animales con un alcohol ligero como el metanol o el etanol. Sus características son muy parecidas a las del gasoil (anexo E).

Las densidades son iguales, aunque la viscosidad del biodiésel es mayor que la del gasoil. Respecto al índice de cetano es superior en los biodiésel, siendo estos valores adecuados para su uso como combustible. Lo que verdaderamente interesa de los biocombustibles respecto a los gasóleos es que reducen las emisiones de monóxido de carbono, partículas, hidrocarburos, dióxido de carbono, óxidos de azufre, es biodegradable (93.8% en 21 días) y no es tóxico. Además los ésteres metílicos derivados de los aceites vegetales poseen unas características físicas y fisicoquímicas parecidas al gasóleo, lo que permite mezclarlos en cualquier proporción. En proporciones superiores al 5% es necesario reemplazar el material empleado en el circuito de alimentación de combustibles por otro más resistente, ya que se puede deteriorar por el mayor poder disolvente del biodiésel.

Se han comenzado a realizar pruebas en el mundo naval con biodiésel compuesto por materias primas derivadas de la producción de lípidos de composiciones similares a los aceites vegetales, mediante procesos microbianos a partir de algas, bacterias y hongos así como a partir de microalgas.

En el mes de Julio del pasado año 2007, zarpó el primer barco pesquero impulsado con cinco mil litros de biodiesel, producido a partir del aceite de microalgas patagónicas y desechos de merluza y calamar. Este buque pertenece a la empresa Harengus y tan sólo navegó durante una semana para probar el rendimiento del biodiésel en alta mar durante ese período.

En realidad se trata de un buque propulsado por un ciclo combinado que navegó con un 80% de combustible fósil y un 20% de biodiésel.

El biocombustible utilizado está compuesto por un 15% de desperdicios de merluza, un 30% de desperdicios de calamar, un uno por ciento de aceite de microalgas, un 42% de aceite producido a partir de la rosa mosqueta y el aceite restante era aceite de cocina.

Se quiere aclarar que la reducción de emisiones de CO₂ al usar biocarburantes no es del 100%, puesto que hay que tener en cuenta la energía consumida en el proceso de producción de los mismos, debido a lo cual el balance no es nulo y se emite CO₂. De todas maneras, la cantidad emitida es mínima en comparación con la de los combustibles fósiles, y con ellos es posible que la Unión Europea cumpla con los compromisos adquiridos con el protocolo de Kyoto.

La cara negativa de este tipo de combustibles, es que su producción está afectando a muchos países del sureste asiático que están destruyendo sus selvas para crear plantaciones para biocombustibles. Esto repercute negativamente porque los bosques y las selvas limpian más el aire de lo que lo hacen los cultivos que ponen en su lugar. Además el aumento de la demanda de trigo, o del azúcar de caña, ha hecho aumentar el precio de estos productos que, para mucha gente, son básicos en su alimentación.

Este último problema se está mitigando gracias a los biocombustibles de segunda generación que se fabrican a partir de desechos agrícolas y residuales.

La Unión Europea tiene pendiente una directiva que obligará a las petroleras y a las industrias de comercialización a sustituir un porcentaje de los carburantes convencionales por otros biológicos, a partir del 2009. El presidente de biocarburantes de la asociación de productores de energías renovables (APPA), Rodoric Miralles, afirma en la publicación número 31 de la revista *Energía & Empresa* (abril 2008), que esto será un objetivo difícil de conseguir para España por el elevado coste de las materias primas y por una fiscalidad menos favorable respecto a países como Estados Unidos o Argentina.

Referente al sector naval, en el estand de biocarburantes magazine, ubicado en el Energy Forum '08 (celebrado en Barcelona del 16-18 de Abril) confirmaron que no es viable la utilización de biodiesel para la propulsión de los buques, debido que sus costes de producción son mucho más elevados que los del gasoil que actualmente se está usando.

7.1.1.3. Pretratamiento o acondicionamiento del combustible y/o del aire de combustión.

Tanto para el combustible como para el aire de combustión la técnica se basa en la inyección de agua.

En el caso del combustible el tiempo de inyección del fuel emulsionado es mayor con fuel en la misma carga en el motor. Debido a esto la temperatura de la llama es más baja y la formación de NO_x también es menor. Además el agua presente durante la inyección, crea microexplosiones secundarias que derivan en una pulverización completa del combustible inyectado, resultando una combustión mejor y más completa, contribuyendo también a la disminución de la temperatura de la llama. Asimismo favorece a la reducción del tamaño de los asfáltenos y por tanto de los depósitos generados en la cámara de combustión.

Son diversas las tecnologías desarrolladas para lograr tal efecto:

▪ *Inyección directa de agua:* Wärtsilä es el único fabricante que emplea esta técnica en sus motores vasa32, W32 y W36. Se basa en inyectar una neblina altamente pulverizada de agua libre de impurezas, dentro de la cámara de combustión.

El sistema emplea únicamente una válvula de inyección combinada de agua-combustible y una boquilla montada en cada cilindro. Cada boquilla tiene dos agujas separadas para el combustible y el agua, las cuales son controladas separadamente. El porcentaje agua/combustible habitual oscila entre un 40 a un 70% y esto permite reducir las emisiones de NO_x alrededor de un 50-60%. En motores de velocidades medias que empleen IFO o HFO, esta tecnología produce unas emisiones de NO_x de 5 al 7 g/K Wh.

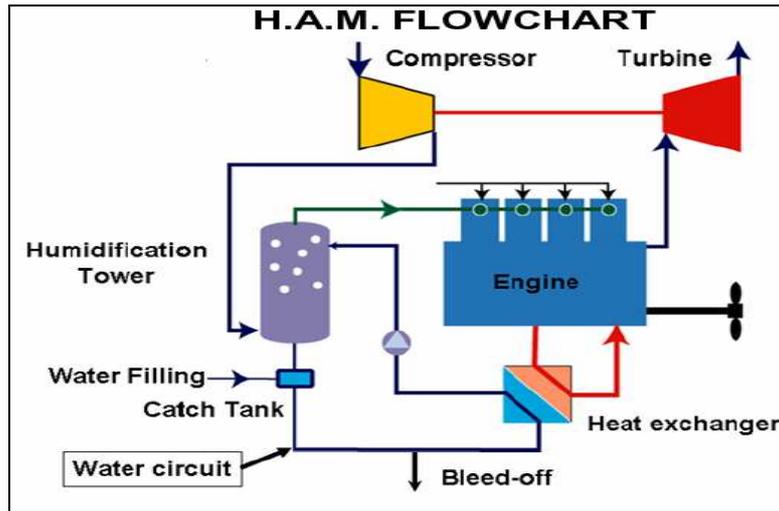
La inyección del agua se realiza antes que la del combustible, enfriándose de esta manera la cámara de combustión antes de la combustión del combustible. Lógicamente para evitar problemas en la ignición y la combustión, la inyección del agua acaba antes que la inyección del combustible.

▪ *Emulsión agua-combustible:* Esta técnica ha sido desarrollada por MAN B&W marine engines. Se trata en mezclar gotitas microfinas de agua con el combustible que va a ser inyectado dentro de los cilindros, para conseguir una reducción de NO_x del 30 al 60%. Además se logra una reducción de los humos generados y de las deposiciones de hollín.

El agua y el combustible fluyen por separado a través de la unidad de control de dosificación hasta entrar en el homogenizador. Mediante un mezclador movido eléctricamente se realiza una primera emulsión agua-combustible. Para crear emulsiones microfinas con elevado grado de estabilidad se emplean energías ultrasónicas. La cavitación ultrasónica reduce el tamaño de las gotitas. Un dispositivo instalado antes del sistema de inyección del motor es el encargado de controlar la cantidad de agua dentro de la unidad de dosificación.

La inyección de agua directamente dentro del flujo de aire de combustión es otro método para disminuir la temperatura de combustión. Consiste en utilizar la energía de los gases de escape para alimentar el turbocompresor, este aire tras su paso por el compresor debe ser enfriado antes de entrar en el motor como aire de alimentación. Hay muchas maneras de inyectar el agua dependiendo del tipo de motor. En los motores de dos tiempos esta técnica es un poco arriesgada ya que puede derivar en daños en el motor si el agua inyectada al resbalar por las paredes de los cilindros limpia la película lubricante. Por lo que se podría decir que este método es más adiente para los motores de cuatro tiempos.

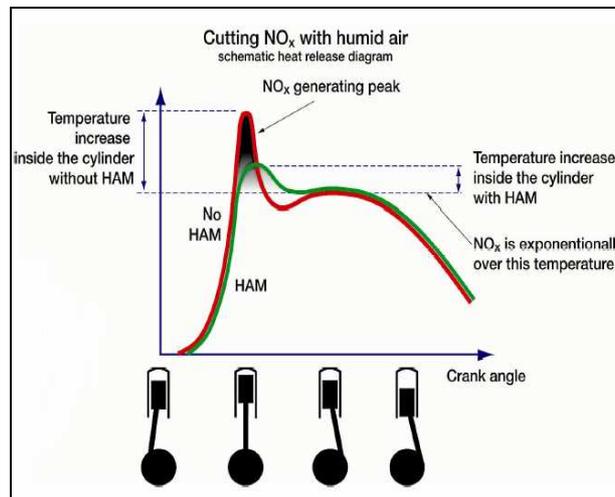
Este procedimiento ha sido desarrollado por HAM. El aire de carga es humidificado con el vapor de agua producido en el humidificador por evaporación de agua dulce o agua de mar, directamente dentro del aire de carga; usando el calor que proviene del motor o de los gases de escape.



35

El agua previamente a su llegada a los cilindros tiene que haberse evaporado completamente y mezclado con el aire de la combustión. En el momento de la evaporación el agua pasa de estado líquido a vapor, para ello consume energía. Esta energía consumida es la que hace reducir la temperatura del aire comprimido. Así se permite que mucho del calor inicial generado en el ciclo de compresión sea absorbido, reduciendo la formación de NO_x .

La presencia del vapor de agua también provoca que el aire de la combustión se diluya, hasta que la concentración de oxígeno en el cilindro disminuye. Al ser bajo el exceso de oxígeno se reduce la tendencia de la formación de NO_x . Con el método de humidificación del aire se puede lograr una rebaja del NO_x del 60-80%.



36

³⁵ Proceso de inyección de agua directamente dentro del flujo de aire de combustión. Imagen extraída de: MAN DIESEL Prime serv France. 2007. pag3.

³⁶ Reducción de emisiones de NO_x con el proceso de inyección de agua directamente dentro del flujo de aire de combustión. Imagen extraída de MAN DIESEL Primer Serv France.2007.pag7

Para lograr una reducción de NO_x mayor este último método se puede combinar con las técnicas de inyección de agua directamente o emulsión agua-combustible.

7.1.2. Nueva tecnología propulsora diesel:

Durante el 2007 se llevó a cabo en el buque “Victoria” (propiedad de la empresa Bp) un proyecto con la misión de reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 , SO_x y partículas inquemadas. Este proyecto está basado en las siguientes cuatro técnicas:

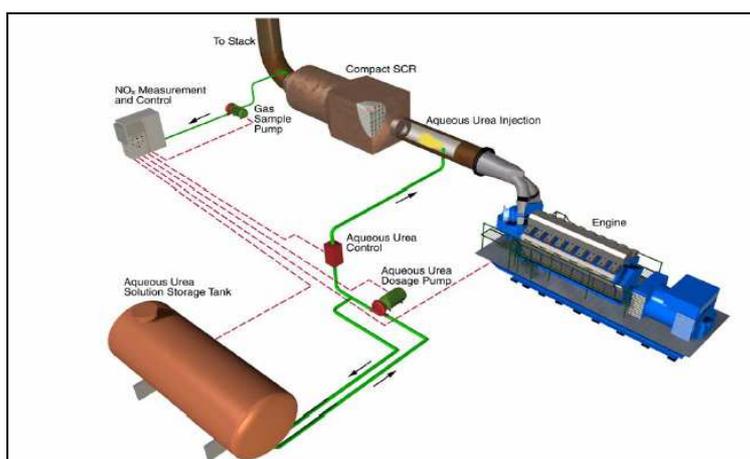
- Advising tempomaat (ATM): Se trata de un programa informático que informa de cual es la ruta y la velocidad más económica. De esta manera se consigue que el buque llegue puntual a su destino y con un uso eficiente del combustible y por consiguiente de las emisiones contaminantes.

- Fueles con bajo contenido en azufre: El buque ha sido alimentado con un combustible bajo en azufre, igual a los que se emplean en el transporte por carretera (EN590). Su contenido es de 10ppm.

- Filtros especiales para este tipo de combustible

- Reducción catalítica selectiva (SCR): De todas las técnicas que se han visto el SCR; es la única que controla las emisiones de NO_x en los gases de escape una vez que se han generado. Para ello se inyecta un agente reductor (amoníaco en forma de urea) dentro de los gases de escape. En presencia de un catalizador el NO_x reacciona con el amoníaco reduciendo el monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno en nitrógeno y agua. Asimismo reduce significativamente las emisiones de CO y hidrocarburos.

Durante la operación las partículas de hollín son retenidas en un filtro, hasta que se alcanza la temperatura de regeneración (450°C), que provoca que estas se quemen sin dejar residuos.



37

³⁷ Reducción catalítica selectiva (SCR). Imagen extraída de Emissions Reduction solutions for marine vessels.-Wärtsilä perspective-. 2007. pag15.

Con estas cuatro técnicas han pretendido alcanzar los siguientes resultados:

	NO _x	Partículas inquemadas	Consumo combustible	CO ₂	SO _x
ATM	-7%	-7%	-7%	-7%	-7%
Combustible bajo en azufre	-	-17%	-	-	-99.5%
SCR	-85%	-	-	-	-
Filtros especiales	-	-95%	+2%	+2%	+2%
TOTAL REDUCCIÓN EMISIONES	-86%	-96%	-5%	-5%	-99.5%

7.1.3. Sincronizado Millar y turbocompresores de dos etapas:

El ciclo Millar es una variación del ciclo Otto en la que se utiliza un cilindro más grande de lo habitual, se aumenta la relación de compresión mediante un compresor mecánico y se cambian los momentos de apertura y cierre de las válvulas de escape. Otra modificación es la utilización de un intercooler en la admisión. Se trata de un proceso de combustión usado en los motores de cuatro tiempos de combustión interna.

Para mejorar la eficiencia de los motores sin aumentar las emisiones dañinas, existe la posibilidad de reducir la temperatura al comienzo aplicando un sincronizado Millar. En el ciclo Millar el aire de combustión se comprime a una presión más alta de la necesaria para llenar el cilindro con la proporción aire/combustible demandada. El cierre de la válvula de admisión está ajustado para cuando la cantidad necesaria de aire es aspirada dentro de los cilindros. Con este sistema se consiguen presiones relativamente bajas de descarga y se reducen las emisiones de NO_x al mismo tiempo, gracias a las bajas temperaturas de combustión.

Pero para conseguir esto el turbocompresor tiene que suministrar presiones el doble de altas de las que suministraba hasta el momento. Para ello ABB ha creado un turbocompresor de dos etapas para incrementar la eficiencia y la presión proporcionada. Así con ello se consigue la reducción del consumo de combustible y de las emisiones de NO_x.

7.1.4. Futuros avances para reducir el consumo de combustibles fósiles:

La industria naval en su afán de encontrar nuevas fuentes de energías que contribuyan a la reducción de las emisiones contaminantes y disminuir el gasto de combustible fósil, han comenzado a considerar alternativas tales como la energía solar o la energía eólica.

- **Energía solar:** Los paneles fotovoltaicos empleados en las embarcaciones en la actualidad generan alrededor de 100 w/m². Un buque con un tamaño medio y una potencia propulsora de 10.000 Kw necesitaría 100.000m² de paneles fotovoltaicos (alrededor de 20 campos de fútbol).

Por este motivo, por el momento, la energía solar es usada tan sólo en embarcaciones de recreo y en pequeños ferrys. Sobretudo en los yates de vela y en las lanchas a motor, los módulos solares se emplean como fuente de energía para las luces de posición, los sistemas eléctricos de a bordo y los equipos electrónicos de audio y video.

La revista photon en su número de abril de 2008 estima que cerca de la mitad de los yates preparados para la navegación en alta mar están ya dotados con equipos fotovoltaicos más o menos grandes.

Las placas empleadas en los buques a diferencia a las que se utilizan en las instalaciones de tierra son resistentes al agua salada, que es extremadamente agresiva. Además sus módulos no se conectan mediante cajas de conexión ya que en poco tiempo el aire salino atacaría el cobre de los cables solares. En su lugar, los módulos marinos disponen de un cable de tres metros, que está soldado firmemente con una caja de conexión en la parte frontal de los módulos, la conexión entre si se realiza bajo cubierta.

Para evitar la rotura de las células por la caída de algún objeto y/o tripulante, van encapsuladas entre una chapa de acero inoxidable con recubrimiento de polvo y una lámina de teflón resistente a los rayos ultravioleta. Además, esta estructura es algo flexible lo que permite adaptarse a la forma de la cubierta.

Algunos de estos sistemas solares van equipados con un seguidor de punto de potencia máxima especiales para ser utilizados en el mar de manera que no interfiera con el sistema electrónico de a bordo.

▪ *Energía eólica:* Cuando se habla de energía eólica en un buque lo primero que viene a la mente son los sistemas de velas tradicionales con mástil. Pero la técnica avanza y lo que propone en concreto la empresa alemana Skysails GMBH&Co.KG es la utilización de cometas, con forma comparable a la de un parapente, de manera complementaria al sistema de propulsión convencional (los motores).

Esta empresa afirma que aprovechando la fuerza del viento en mar abierto se permite reducir el consumo de combustible. Según los cálculos de Skysails una cometa de unos 300m² de superficie puede conseguir el equivalente de 6800 CV de potencia y reducir el consumo de combustible de los buques entre un 10 y un 35% y hasta un 50% en condiciones de viento óptimas.

Prueba de ello es el buque “BELLUGA Skysails” equipado con una cometa de 160 m³, como soporte de remolque en alta mar. En su viaje de prueba entre Alemania y Venezuela consiguió un ahorro de energía de más del 20% de combustible (2.5 toneladas de diesel).

Los componentes principales que integran este sistema son una cometa de tracción con cable, un sistema de despegue y aterrizaje y un sistema de manejo completamente automático. La cometa de tracción está fabricada con fibras textiles altamente resistentes y a prueba de las influencias atmosféricas. Los Skaisails generan entre el doble y el triple de energía comparado con las velas convencionales.



38

7.2. Como reducir la contaminación acústica generada por los buques:

Tal como se explicó en su momento la contaminación acústica que reside en el mar proviene de cualquier fuente sonora del buque, debido a que el casco de los buques no aísla el ruido de la sala de máquinas que se filtra al mar. Por normativa, el resto de compartimentos externos a la sala de máquinas (camarotes, comedores, puente, el resto de cubiertas...) están aisladas del ruido para garantizar el descanso de los tripulantes y pasajeros, pero no hay ninguna reglamentación que obligue a aislar el casco.

La empresa Noise and Vibration Specialist Ø degaard & bamneskidd-samsøce (Ø&b); se encarga de buscar soluciones para silenciar los buques para proporcionar confort a la tripulación y a los pasajeros. Estos proponen las siguientes tres acciones:

- Aislar la maquinaria del buque la cual esta comúnmente montada rígidamente en una cuaderna principal, permitiendo que el ruido y las vibraciones sean transmitidas a través de la estructura.

- Revistiendo el casco y otras superficies para mitigar el ruido propagado a través del barco por la estructura.

- Colocando material absorbente en la cámara de maquinas, para aminorar el ruido transmitido por el aire, por medio de unos polímeros visco-elásticos con unas excelentes resultados tanto en peso como en coste. La densidad de aplicación de este material es de 3mm, incrementándose el peso tan sólo en un 30%. Este material esta proyectado para buques de alta velocidad y todos aquellos con cascos de aluminio o acero.

³⁸ Sistema Skysails. Foto extraída de: [http:// innovamar.org\(15/04/08\)](http://innovamar.org(15/04/08))

Michel André (director del laboratorio de aplicaciones bioacústicas de la UPC), propone algo similar para reducir el ruido que se filtra al mar. Concretamente solicita que se aísle el casco de los buques con una resina pulsada. Este material se suele emplear en los buques militares para pasar desapercibido ante los buques enemigos. La resina pulsada al ser proyectada ante una superficie crea unas bolsas de aire que absorbe el sonido y por tanto disminuye el ruido. No se trata de un material con un coste excesivo y tampoco incide negativamente aumentando el peso del casco del buque.

Otras alternativas que se ofrecen es intentar reducir las vibraciones de los motores, colocando unas arandelas en los polines que los fijan al suelo o utilizar medios de propulsión que generen menos ruidos y vibraciones. En la actualidad, la gran mayoría de motores que se proyectan se caracterizan por reducir el nivel de vibraciones. Sin duda el medio de propulsión que mejor huella acústica genera son las turbinas de gas (por lo que son utilizadas en los buques militares, además de por reducir considerablemente la huella infrarroja), el problema de este tipo de propulsión reside en el aspecto económico que continua siendo un factor que incide favorablemente en el uso de motores Diesel.

Un correcto diseño de las hélices también puede reducir en cierta manera el ruido submarino. El ejemplo más reciente son las hélices Q-Prop fabricadas por la Norwegian Company Sleipner que tienen la capacidad de reducir el sonido en un 75% (dependiendo del modelo). Para ello han modificado el diseño de los perfiles de las palas de las hélices, y ha incrementado el número de palas de cuatro a cinco para disipar mejor el ruido. Además han apostado por un nuevo material compuesto que reduce la fricción.

La hélice de proa también es una elevada fuente de ruido y vibraciones, debido a los problemas de cavitación y transformación hidrodinámica. Al igual que antes, la cavitación se puede reducir en cierto grado con el diseño de la pala. Pero las limitaciones de diseño y las altas cargas a las que están expuestas las hélices contemporáneas generalmente hacen inevitable un cierto grado de cavitación.

En resumen, cualquier medio que sirva para reducir los sonidos y las vibraciones de un buque es válido para mitigar este tipo de contaminación.

7.3. Tratamiento de las aguas negras y las aguas grises:

A bordo de los buques, las aguas sucias, por ley, tienen que ir a parar a un tanque de retención o a una plata séptica. Todos los buques dedicados al transporte de pasajeros disponen de una planta séptica.

Básicamente todas las plantas de tratamiento de aguas sucias están estructuradas de la misma manera y siguen los mismos principios de funcionamiento.

Estos sistemas de tratamiento suelen estar comprendidos por un tanque dividido por medio de mamparos en varios depósitos interconectados por tuberías y con un sistema de suministro de aire para la circulación de líquido y reactivación de las reacciones biológicas aeróbicas. En la última etapa se incluye un sistema de inyección de cloro como desinfectante.

Internamente este tanque está dividido en tres o cuatro compartimentos, en función del modelo y tipo de fabricante. A continuación para tener una idea del funcionamiento de una planta séptica se va a describir la instalación albergada en el buque Sorolla propiedad de la compañía Acciona.

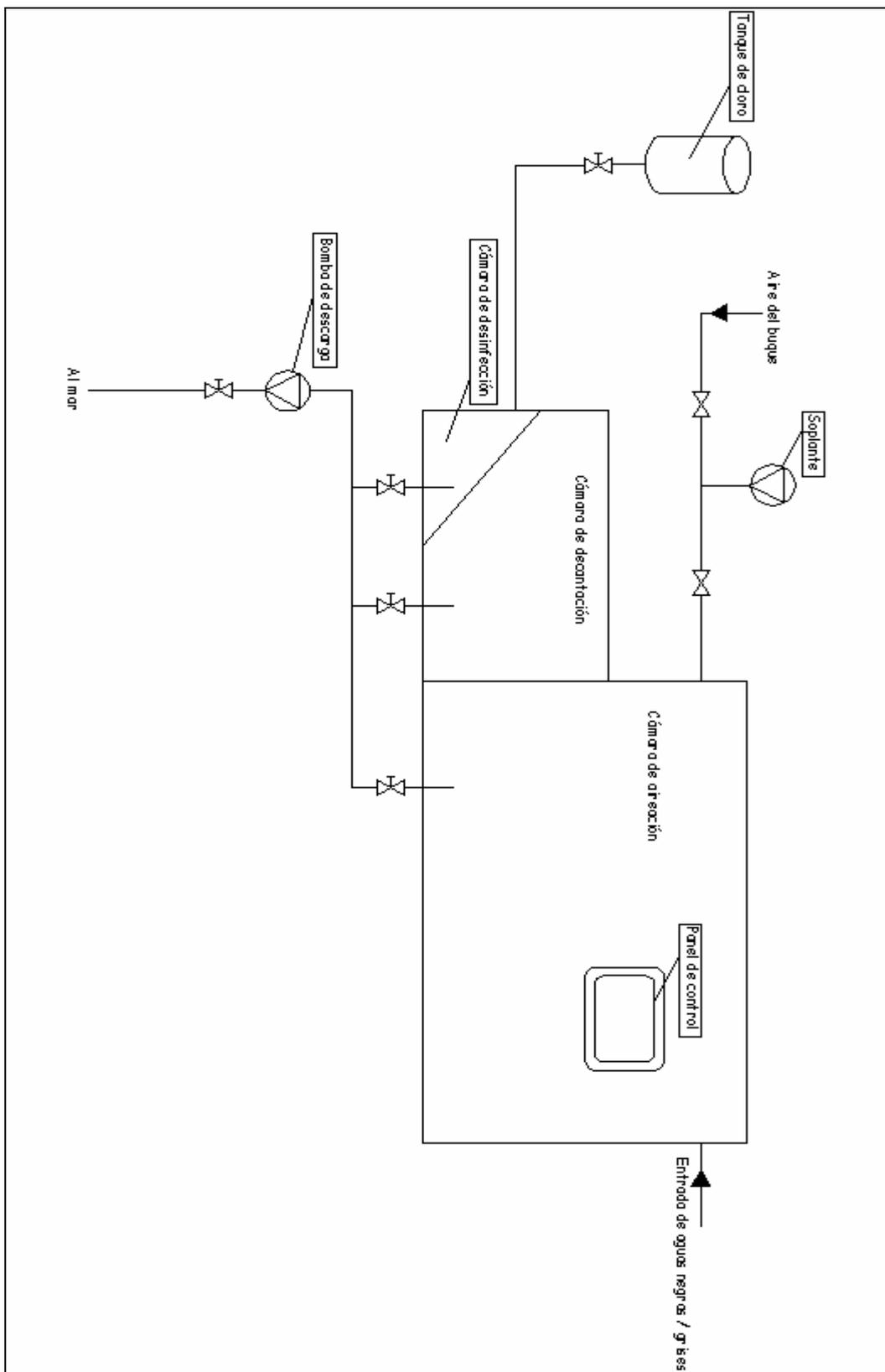
En este caso concreto el tanque se encuentra dividido en tres compartimentos: una cámara de aireación, una de decantación y la tercera de desinfección.

El sistema de aireación de dicha cámara, está formado por tuberías, válvulas y interconexiones que distribuyen y controlan el flujo de aire suministrado a los difusores y el sistema de recirculación de lodos. El aire se emplea para conseguir la agitación en la cámara de aireación activando la oxidación de reducción biológica y para generar el flujo de recirculación de lodo activa. El suministro de aire se da por medio de una soplante (o más), con lo que también existe una conexión con el aire del buque por si esta falla.

El sistema de desinfección consigue la destrucción de las bacterias en el efluente que proviene de la cámara de decantación. Consta de un tanque almacén de solución clorada de hipocloritosódico. La dosificación se realiza por gravedad mediante una válvula dosificadora. La descarga se realiza por medio de dos bombas centrifugas que aspiran de la cámara de desinfección. Para el funcionamiento automático de las bombas el equipo tiene detectores de nivel.

El funcionamiento es el siguiente: las aguas residuales entran dentro de la cámara de aireación a través de una rejilla para la retención de sólidos. Aquí se inicia el proceso de reducción biológica. En esta cámara, el aire a baja presión es introducido por medio de difusores de acero inoxidable colocados cerca del fondo de la cámara de aireación. En estos difusores se generan pequeñas burbujas de aire que producen rotura mecánica de los sólidos en pequeñas partículas, aumentando la superficie de contacto entre las bacterias y el oxígeno incorporado. De esta manera, se produce la bio-reducción de sólidos con desprendimiento de dióxido de carbono y otros componentes. Durante este proceso, las bacterias forman unas pequeñas colonias alrededor de las partículas de materia orgánica en suspensión pasando a través de una obertura de transferencia situada entre las dos cámaras, a la cámara de decantación. La cámara de decantación está totalmente llena de líquido y opera bajo la presión hidrostática debido a la diferencia de nivel entre la cámara de aireación y decantación.

Los lodos ricos en concentración bacteriana (lodos activos) se decantan en esta cámara, y el líquido en la parte superior del tanque pasa a través de un manifold a la cámara de desinfección como última etapa. El lodo activo se recircula a la cámara de aireación según la señal de un temporizador. Al líquido limpio, una vez que ha llegado a la cámara de desinfección, se le añade disolución de cloro. Esta inyección de cloro es continua. Después de la etapa de clorinación, el efluente se manda al mar por medio de dos bombas centrífugas citadas anteriormente.



39

³⁹ Planta séptica del buque Sorolla. Propiedad de ACCIONA

7.4. Recubrimientos antifouling:

Desde hace años, la eliminación y prevención de los problemas originados por las pinturas antiincrustantes o antifouling ha sido objeto de estudio de numerosos investigadores. Estas pinturas, junto con la protección catódica y los recubrimientos anticorrosivos, forman un sistema de aplicación para los cascos de las embarcaciones. Obtener una buena protección del casco, es un objetivo muy importante ya que con la elección de un buen sistema antifouling se puede conseguir un casco limpio que deriva en que el consumo de combustible sea menor a la vez que el mantenimiento del buque disminuye y el tiempo de operación aumenta. Una pequeña cantidad de fouling depositada en el casco de un barco puede hacer incrementar el consumo de combustible hasta en un 50% debido a que la resistencia hidrodinámica al movimiento aumenta, a la vez que la velocidad disminuye.

Desde el año 2001 hasta día de hoy se han ido aumentando los descubrimientos en esta materia. Los ocho desarrolladores más prolíficos de pinturas y recubrimientos antisuciedad e incrustaciones para el casco de los buques son:

	Nº DE PATENTES
CHUGOKU MARINE PAINTS	23
NIPPON PAINT CO LTD	9
KANSAI PAINT COLTD	5
SHINETSU CHEMICAL CO	5
MITSUBISHI RAYON CO	4
NIPPON PAINT MARINE KK	4
GESSER HYMAN D	3
SIGMA COATINGS BV	3

40

Sólo la labor de este grupo supone prácticamente la mitad de las invenciones conseguidas en el área tecnológica de estudio.

En el período transcurrido desde la adopción del convenio de la IMO, la industria de los recubrimientos para aplicación a los cascos de los buques ha desarrollado muchos tipos de productos antiincrustantes autopulimentantes, libres de TBT (llamados antiincrustantes de primera generación sin TBT) tales como los que contienen carboxilato de zinc o acrilato de cobre.

Los más recientes desarrollos se han basado en tecnologías emergentes tales como las nanocápsulas de acrilato y la silicona no adhesiva, como productos básicos para la elaboración de los recubrimientos antiincrustantes.

En el artículo sobre pinturas marinas publicado en la revista *Infomarine* del mes de abril del 2007, se comenta que los productos a base de nanocápsulas de acrilato parecen más indicados para buques con velocidades de servicio por debajo de los 15 nudos, los

⁴⁰ Desarrolladores más prolíficos de pinturas y recubrimientos antisuciedad e incrustaciones. Tabla extraída de Pinturas y recubrimientos antifouling. Boletín de inteligencia tecnológica N°2. Diciembre de 2007. pag 16.

antiincrustantes a base de silicona anotan que parecen dar mejores resultados en los buques de alta velocidad, tales como portacontainers, buques de pasaje y ferries, o transportes de LNG. En este mismo artículo se revela que los antiincrustantes a base de silicona representan en este momento la opción que muchos consideran la más ecológica, puesto que se trata de la única alternativa que no libera biocida en el medio marino.

La compañía naviera de contenedores Hapag-Lloyd AG, ha sido una de las que ha podido experimentar en cuatro de sus buques las ventajas de las pinturas de silicona aplicada a la obra viva de estos. Para ello durante un largo período de tiempo han empleado el producto Intersleek® de Internacional Saint-AKzo Nobel. Con ello han realizado un estudio comparándolo con el anterior recubrimiento (SPC Self Polishing Coolymer). Los resultados advierten que con la utilización de pinturas de silicona en su obra viva consiguieron una reducción del combustible de hasta un seis por ciento.

Los antiincrustantes a base de silicona no interfieren de forma agresiva con la vida acuática debido a que no liberan biocida. El método empleado para evitar las adherencias de fouling marino es dificultándole su adhesión proporcionando para ello al sustrato una superficie ultra lisa, resbaladiza, hidrófoba y con un reducido coeficiente de fricción. Todos estos medios para impedir la proliferación de fouling en el casco también benefician al rendimiento del buque proporcionándole una reducción del coeficiente de fricción que desemboca a su vez en una reducción de consumos de combustible y aumentos de velocidades. Por otro lado se caracterizan por una elevada retención del color y sobre todo a su resistencia al ataque químico y desgaste, lo que le permite estar largos períodos sin tener que entrar en dique seco.

Los medios para combatir el fouling no se basan tan sólo en nuevos productos de recubrimientos, desde hace años varias compañías han investigado el uso de corrientes eléctricas con el propósito de ser aplicadas como antiincrustantes. Un par de ejemplos son:

- *The Marine Growth Prevention System By Electrolysis Technology (MAGPET)* fue desarrollado por Mitsubishi. Su modo de funcionamiento se basa en un recubrimiento conductor. Hacen conducir una corriente eléctrica a través del casco que causa un tipo de iones que posteriormente son transformados en hipocloritos por medio de la electrolisis. El hipoclorito es elevadamente tóxico para los organismos que tienden a incrustarse en el casco de los buques. La ventaja de este sistema sobre los otros medios antiincrustantes es que se activa sólo cuando es necesario; por ejemplo, en puerto o cuando se navega a baja velocidad. En total la demanda de energía que genera es muy baja $0.2W/m^2$.

Un inconveniente de este procedimiento, es que aunque el hipoclorito se descompone rápidamente en el agua, se generan productos halogenados por la acción eléctrica.

- Otros sistemas se basan en el principio del valor del pH. Es decir, cambian el valor del pH de manera discontinua en superficies especialmente preparadas, durante horas previniendo de esta manera el ataque de los organismos.

Hasta el momento tan sólo se ha analizado los medios de anti-incrustación destinados a la obra viva. Como ya se mencionó en temas anteriores los sistemas de tuberías

encargados de la circulación de aguas de mar (refrigeración o sistemas de lastre), también se encuentran expuestos a esta problemática que en estos casos se manifiesta con el entaponamiento de condensadores, tuberías, válvulas, etc.

A lo largo de los años se han ido desarrollando muchos y variados métodos para combatir la bio-incrustación, muchos de ellos han ido asociados a otros problemas tales como picaduras localizadas de elevada intensidad y/o albergan considerablemente el riesgo de contaminación. Obviamente se hace referencia a los métodos químicos. Por lo que se considera que para este caso el mejor sistema de protección existente en el mercado en la actualidad son los sistemas de protección catódica por corriente impresa que emplean ánodos especialmente aleados.

A continuación, y a modo de ejemplo, se va a describir el sistema PRAICOMATIC empleado por el buque Las Palmas de Gran Canaria propiedad de la compañía Acciona.



41

El sistema PRAICOMATAIC opera con la lenta disolución de ánodos especialmente aleados en productos electrolíticos, que crean un medio hostil a las larvas de incrustación marina, reduciendo al mismo tiempo de forma considerable el fenómeno de corrosión. Por efecto de la corriente impresa, los ánodos anticorrosivos generan hidróxido de aluminio (alúminia) mientras que los ánodos A:I liberan cobre a la disolución. El hidróxido de aluminio mantiene en suspensión los iones de cobre, siendo este compuesto altamente gelatinoso se difunde a las áreas de baja turbulencia en las cajas de mar donde las larvas de incrustación marina son más propensas a adherirse.

⁴¹ Protección anti-incrustación buque Las Palmas de Gran Canaria

El tratamiento se concentra en estas áreas antes de penetrar a los servicios a tratar siendo el agua de mar en movimiento la que actúa como agente de mezcla, la velocidad del flujo transporta la suspensión a lo largo de todo el sistema.

La acción del ánodo A.C. no es exclusivamente la producción de la suspensión coloidal, sino que actúa como ánodo dispersor de corriente protegiendo la estructura de la reacción adversa del depósito de iones de cobre. Este doble sistema garantiza la ausencia de bio-incrustación marina, reduce considerablemente la corrosión, no origina la formación de picaduras y además es seguro en lo que a contaminación se refiere.

7.5. Aguas de lastre:

Como se ha ido explicando a lo largo del trabajo; las aguas de lastre pueden contener sedimentos y organismos vivos en todas sus etapas de vida. A través del agua de lastre se pueden llegar a transportar hasta 7000 especies, animales y vegetales al día en todo el mundo, incluyendo virus, bacterias, huevos y larvas de diferentes especies.

Es, por tanto, el mayor vector de transferencia de organismos marinos a nivel global. En la tabla que se muestra seguidamente se ha registrado el número de patentes que se han ido registrando por año desde el 2001 (del año 2007 tan sólo estudiaron el primer semestre del año).

AÑO DE PUBLICACIÓN	Nº DE PATENTES
2007	19
2006	61
2005	39
2004	18
2003	20
2002	16
2001	16

42

Tal como se observa el número de patentes no ha dejado de crecer. Si bien la cantidad de registros en estos años ha sido baja, la evolución positiva.

Estos resultados se pueden interpretar por la necesidad cada día más creciente del tratamiento de aguas de lastre. Dados los problemas medioambientales existentes tanto compañías como gobiernos e instituciones de todo tipo están volcados en encontrar nuevas soluciones.

No es de extrañar que el número de innovaciones sea aún tan bajo, esto se justifica por la inexistencia de una normativa firme de aplicación obligatoria para los buques. En la actualidad la IMO sólo publicó unas recomendaciones para la gestión de este tipo de aguas y les exige a todos los buques implementados un plan de gestión de aguas de lastre y sedimentos aprobado por la administración marítima de los gobiernos. Así que el plan de gestión de aguas de la mayoría de los buques se centra en ir achicando y combinando lastres cada cierta distancia (aproximadamente cada 500 millas). Esto supone una cierta mejora, pero no evita que en cierta medida se siga produciendo el daño debido a la capacidad que tienen los organismos de permanecer en las rugosidades

⁴² Número De patentes desarrolladas por año. Tabla extraída de Tecnologías para el tratamiento de las aguas de lastre de los buques. Boletín de inteligencia tecnológica Nº 1. diciembre de 2007. Pág.19.

y grietas de los tanques antes de ser finalmente achicados en las aguas protegidas portuarias.

En estos últimos años se están intentando desarrollar y/o mejorar combinaciones de las siguientes vías:

- Filtración y separación. Tiene el problema que no se elimina del todo los microorganismos ya que algunos de los organismos pueden pasar a través del filtro.

- Oscilaciones mecánicas y más concretamente por vibraciones ultrasónicas

- Tratamiento físico, como la esterilización por ozono, luz ultravioleta, corrientes eléctricas y tratamiento térmico.

 - La utilización de ozono para desinfectar esta casi descartada por su excesivo coste y por el peligro de que puedan causar nuevos problemas ambientales

 - El tratamiento del agua con ultravioleta es muy eficiente. Destruye todos los microorganismos incluyendo las bacterias y virus que difícilmente se eliminan con la cloración, pero requiere de un tratamiento mecánico para poder trabajar en óptimas condiciones.

 - El tratamiento térmico consiste en calentar el agua por encima de los 70°C. Para ello se suele aprovechar la energía de las calderas. Es un método menos eficaz que el tratamiento del agua con ultravioleta y requiere un diseño complicado

- Tratamiento químico: Biocida. Hay una gran variedad de productos químicos que se pueden utilizar. El inconveniente es que puede quedar una cierta toxicidad en las aguas que afecten a otras especies. Además pueden dar compuestos órgano clorados de carácter tóxico y cancerígeno, y al no cubrir todas las zonas del taquen dejan espacios muertos sin tratar.

- Por adición o empleo de un germicida, o por tratamiento oligo dinámico. Presentan la problemática de que se pueden colar microorganismos con una densidad menor a la del agua.

- Utilizando diálisis, ósmosis u osmosis inversa

En los últimos meses se ha dado a conocer un sistema desarrollado para garantizar la ausencia de organismos en las aguas de lastre y que además sirve para mitigar en cierto grado las emisiones contaminantes de los motores a la atmósfera. Este se basa en el comportamiento esteno-halino o esteno-térmico de los organismos invasores transportados en las aguas de lastre de los buques, y también en el efecto letal del monóxido de carbono y del dióxido de carbono en los organismos vivos; incluso en bajas concentraciones.

Los altos niveles de carbono y otras sustancias nocivas presentes en la atmósfera, una vez que se mezclan químicamente con el agua de lluvia, forman compuestos ácidos que dañan seriamente el ambiente, matando plancton y otros pequeños organismos de la

superficie del océano, ya que el carbono con las aguas superficiales reduce temporalmente el pH afectando en particular al zooplancton.

El procedimiento desarrollado por el Sr. Luís Martínez Wolf se basa en este principio y consiste en introducir los gases de escape que provienen de la máquina en las aguas de lastre, por medio de intercambiadores o inyectando micro burbujas directamente en los tanques.

Como se puede ver muchas de estas posibilidades de tratamiento de las aguas de lastre son poco viables, ya sea porque pueden derivar en nuevos problemas ambientales (ozono y tratamientos químicos), por la gran complejidad para su desarrollo por ser muy caros y necesitar mucho espacio (tratamiento de las aguas con ultravioleta y calentamiento del agua), o simplemente porque no se elimina todos los microorganismos (centrifugado, filtración o cambio continuo).

Así que la única medida eficiente que queda es la descarga a tierra de las aguas de lastre. Los pocos puertos españoles que presta este servicio han podido comprobar que debido a la cantidad de barcos que se dedican al transporte marítimo, el tiempo de espera es muy largo, cosa que a las navieras no les interesa ya que lo consideran tiempo improductivo. En la zona de estudio de este proyecto existe el agravante de que ningún puerto dispone de instalaciones de recepción de aguas de lastre.

Lógicamente no se cree necesario que los buques que cubren estas rutas de forma regular tengan que deslastrar en dichas instalaciones y sería desmesurado obligarles a equiparse con alguno de los métodos esmentados anteriormente, ya que estos no son los principales causantes del problema sino son meros transmisores. Los verdaderos culpables son los buques trans-oceanicos que provienen de mares más calidos y que su interior pueden albergar especies autóctonas de dichos mares. Al llegar a puerto y deslastrar las especies foráneas puede que se vean favorecidas por los factores de esas aguas y se reproduzcan. La extensión del problema se produce cuando los buques de línea regular al lastrar se llevan una de estos nuevos especímenes, desencadenando la epidemia en otro puerto nuevo.

Este es un problema que va al alza debida al calentamiento progresivo de las aguas superficiales y al aumento de salinidad. Este cambio de temperaturas como ya es sabido favorece a un aumento de especies invasoras proveniente de los buques que provengan de otros mares más calidos

7.6. Aguas Oleaginosas:

A los tanques de sentinas van a parar los aceites sucios, lodos oleaginosos, derrames y pérdidas de todo tipo. Por lo que siempre que se tenga que achicar estos tanques se debería de realizar por medio del separador de sentinas, que efectúa las descargas al mar sólo cuando el contenido de aceites y hidrocarburos es menor a quince partes por millón.

Debido a la diferencia de densidades entre los dos fluidos, el agua y el aceite, en los tanques de sentinas se produce una primera separación por decantación. Pero esta separación es lenta, y no suficiente, así que para conseguir que el contenido en el agua

de partículas oleaginosas sea inferior a 15ppm (requisito exigido por el MARPOL) para arrojarlo al mar se utilizan los separadores de sentinas.

El separador de sentinas que se dispone en los buques tiene que estar homologado para certificar que está diseñado de acuerdo a los requerimientos de la IMO.

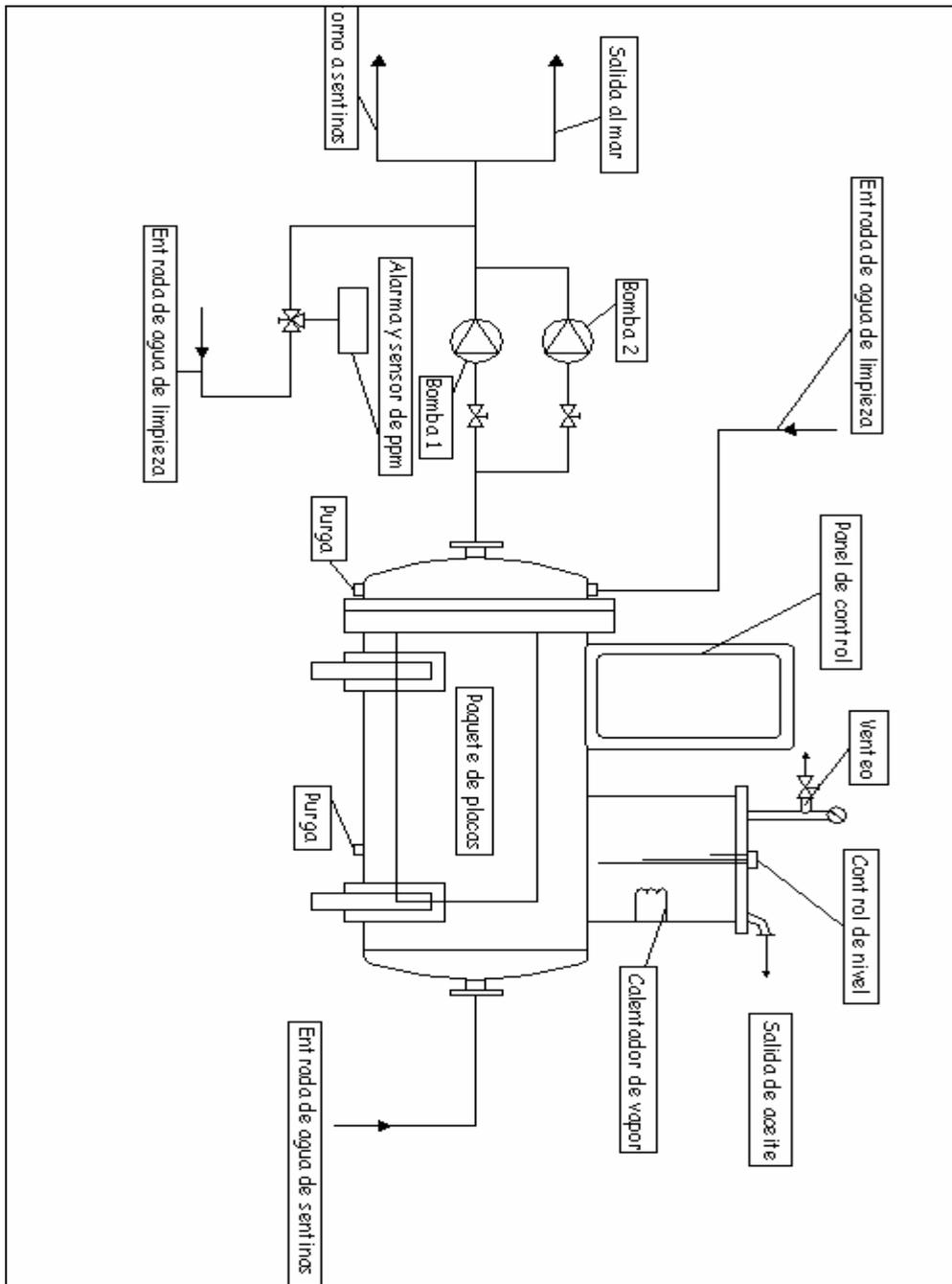
En el mercado se puede encontrar muchos tipos, modelos y marcas. Básicamente todos ellos están compuestos por los mismos elementos principales: bomba, separador, filtro con unidad detectora de partes por millón y calentador eléctrico.

A modo de ejemplo a continuación se pasará a describir el funcionamiento del separador de sentinas FACET, serie CPS-B MKIII con el que va equipado el buque Sorolla de la compañía Acciona.

La bomba impulsora aspira el agua de sentinas (mezcla de agua y aceite) y la transfiere al separador. Al estar después del separador, se evita la emulsificación de la mezcla agua / aceite. El separador contiene, en su interior, un tanque rectangular donde se aloja el paquete de placas. Desde la entrada, la mezcla se separa en dos corrientes casi verticales en las que el grueso del aceite es enviado al área de recogida de aceite. El agua, que ya contiene una menor concentración de aceite formada por pequeñas partículas, sigue a través de las placas coalescentes. La estructura regular de las placas produce un flujo uniforme con muy poca turbulencia. Dentro de los paquetes de placas, se depositan partículas de aceite sobre el material oleofílico de las placas por gravedad. Debido a las variaciones de velocidad en la corriente de flujo creadas por el recorrido sinusoidal del flujo, pequeñas partículas de aceite son coalescidas hidrodinámicamente mediante colisiones de partículas en partículas de aceite más grandes, que entonces se separan por gravedad y son capturadas por las placas oleofílicas. Entonces, permite que el aceite recogido en las placas suba a través del paquete de placas hacia la superficie, donde es recogido y transferido a la parte superior de recogida de aceite recuperado. El agua que sale del separador es analizada por el sensor, y si contiene menos de 15 ppm de combustible, es descargada por la borda en agua internacionales de forma totalmente segura. Cuando el valor límite de 15 ppm de concentración de aceite en el efluente es excedido, el monitor de aceite dará alarma y la válvula solenoide de descarga se activará automáticamente, haciendo que el agua de sentinas vuelva a la sentina. El sensor de las ppm funciona midiendo la proporción entre la cantidad de luz dispersa y absorbida por las pequeñas gotas de hidrocarburos en el flujo de agua.

La descarga de aceite es automática. Para ello, se proviene el separador de agua libre de aceite. La presión de esta agua es suficiente para llevarlo al tanque de lodos. En el área de recogida de aceite, va instalada una sonda para controlar la descarga cuando se ha acumulado suficiente aceite. Esta sonda, a través del sistema de control, controla las válvulas solenoides de suministro de agua libre de aceite y descarga. También es sensible a la presencia de un exceso de aire en el sistema, que es descargado de forma similar.

Los lodos acumulados son almacenados en el tanque de lodos y se descargan en tierra. Para realizar esta descarga, se deben cumplimentar unos papeles donde se garantiza la seguridad del trasvase de HC. Tanto esta operación como las realizadas mediante el separador deben ser anotadas en el Libro de Registro de Hidrocarburos (así como las tomas de combustible y aceite).



43

⁴³ Separador de sentinas del buque Sorolla. Propiedad ACCIONA

RESULTADOS

Tras la lectura y análisis de toda la información recogida se obtiene el resultado que el hábitat más castigado de las aguas mediterráneas en general y particularmente en las aguas comprendidas entre Barcelona y Baleares, son las *praderas de Poseidonia*. Debido a que sus poblaciones están fuertemente debilitadas por el constante impacto del ancla de los distintos tipos de embarcaciones y por la pesca de arrastre. Las algas invasoras del mediterráneo también están contribuyendo de forma activa en la exterminación de dichas praderas. A todo ello hay que añadir el aumento progresivo de las temperaturas de sus aguas, que terminará convirtiéndose, si antes no se remedia, en el golpe de gracia para la eliminación de la *Poseidonia*, ya que el calentamiento eleva su mortalidad.

Asimismo el calentamiento y el aumento de salinidad de las aguas van ligados directamente a un incremento de las especies foráneas, que poco a poco van desplazando y reemplazando a las especies autóctonas.

Todos estos cambios de biodiversidad registrados día tras día forman una reacción en cadena que de forma directa o indirecta va afectando a los diferentes estratos de la cadena trófica, lo que hace que el desequilibrio aumente en magnitud. También hay que decir que estos cambios son más amplificadas en estas aguas porque el mar mediterráneo es un mar muy cerrado.

La persistente conquista del hábitat acuático por parte del hombre ha generado el incremento del ruido y las vibraciones submarinas. La perturbación sonora no es un contaminante nuevo porque lleva hostigando el mar desde hace mucho tiempo, pero sus efectos empiezan a ser estudiados y conocidos ahora.

Sin duda los mayores impactos ecológicos se producen desde abril a septiembre, que son los meses de mayor tráfico marítimo. Incomparablemente los daños son más notables en las zonas portuarias y sus alrededores anotándose elevadas concentraciones de TFT y PAH en sus sedimentos y gran cuantía de residuos flotantes.

Respecto al tráfico marítimo que circula en esta ruta, se ha registrado un notable aumento en los últimos años. Los barcos que más han influido al desarrollo del transporte marítimo han sido los transbordadores (buques “canguro”, fast ferries y ferries).

Del análisis de las flotas de buques de las respectivas compañías (fast ferries y ferries convencionales) que cubren este servicio en línea regular se advierte que son buques bastante nuevos (con una antigüedad inferior a diez años), mayormente equipados con motores ecológicos.

Los buques de crucero desde hace un tiempo hasta ahora también han aumentado su prestación en estas aguas de forma notable. Los operadores de esta actividad que transitan de manera frecuente son buques con una media de edad de unos veinte años. El tercer servicio de transporte más frecuentado entre Barcelona-Baleares es el realizado por los cargueros (Lo-lo, Ro-ro y portacontenedores), de estos se destaca que son los más antiguos con gran diferencia.

El hecho de que los buques de crucero y carga general sean tan obsoletos, los convierte en los principales culpables de la generación de ruidos y vibraciones que perturba la fauna marina, además de desprender un porcentaje más elevado de emisiones dañinas para la atmósfera. No queriendo decir que los fast ferries y los ferries convencionales no colaboren en esta degeneración, sino que lo hacen en menor medida. Los que más combustible consumen son los fast ferries.

Todos los buques de pasajeros y gran número de los de carga coinciden en que realizan una clasificación de las basuras generadas. Asimismo todos los ferries y fast ferries reconocen emplear agentes refrigerantes ecológicos, alumbrado de bajo consumo, cierres ecológicos y pinturas ecológicas libres de estaño.

El 90% de los barcos efectúan entrega de los residuos gracias a que en todos los puertos de Barcelona y en todos los puertos de Baleares hay instalaciones de recepción de basuras, aguas residuales negras y grises, y residuos de hidrocarburos.

Resulta contradictorio que en el puerto de Barcelona se estén gestionando proyectos para disminuir las emisiones contaminantes atmosféricas y que a día de hoy en sus instalaciones ni en las que conforman los puertos de las islas Baleares se dispongan servicios de recogida de los residuos generados de la limpieza de tanques ni de las aguas de lastre.

En el ámbito de la investigación y el desarrollo tecnológico se extrae la lectura de que el mayor número de proyectos tecnológicos e investigaciones se centran en disminuir y/o erradicar los contaminantes regulados jurídicamente. Por lo que la contaminación acústica y las aguas de lastre no son objeto de estudio prioritario y los avances mínimos o inexistentes. Concretamente en el área de las perturbaciones sonoras todos los progresos que se han efectuado son en materia militar y en los buques de pasaje para garantizar el confort y el descanso.

Diferente es el caso de las emisiones a la atmósfera de CO₂, ya que aunque tampoco hay ninguna normativa referente a ellos en ninguno de los organismos que regula la contaminación marina y tan sólo se hace referente a ellas de manera indirecta en el protocolo de Kyoto; el empeño común de reducir el consumo de los combustibles fósiles y buscar fuertes alternativas de propulsión hace que día a día se avance en la materia.

Por último se tiene que mencionar el elevado número de sentinazos ilegales registrado en las proximidades de Barcelona, que comparado con los registrados cerca de la costa Francesa (principalmente en las rutas marítimas que se dirigen a Marsella) son más numerosos. La impresión que se extrae de esto es que la vigilancia efectuada en aguas españolas es más pobre o menos eficaz que la que se realiza en Francia. Tal vez también sería necesario un endurecimiento de las penas penales y las multas que recaen sobre las compañías, armadores, capitanes y jefes de máquinas con el fin de prevenir estos actos.

CONCLUSIONES:

La saturación en la que se encuentra el mediterráneo no es buena, pero aún no ha llegado a ser del todo crítica. Tal como se dijo al principio del proyecto, aún no es demasiado tarde para mejorar la condición que nos acontece.

Para ello se debería fomentar por parte de las autoridades la vigilancia, el control y el endurecimiento de las sanciones; tanto de los buques mercantes, embarcaciones de recreo, como de la industria de tierra.

Se cree que unas de las medidas que beneficiarían al progreso hacia una situación de mejora del medio marino sería someter a revisión la normativa actual y crear de manera urgente medidas jurídicas de carácter obligatorio para las aguas de lastre, el ruido submarino y las emisiones de CO₂. Así las compañías y los armadores estarían forzados a inmiscuirse y por tanto se fomentaría e invertiría en la investigación de dichos campos.

Los puertos son un arma de suma importancia en la lucha para mitigar la contaminación, y así lo están demostrando (en concreto el puerto de Barcelona) gestionando proyectos para disminuir las emisiones contaminantes. Esta labor es importantísima pero, quizás también deberían dedicar un mayor esfuerzo de financiación y creación de infraestructuras portuarias para recoger el residuo restante del lavado de tanques y detener la llegada de especies foráneas.

Es prioridad absoluta ahora mismo frenar el calentamiento global. Se ha podido comprobar que el transporte marítimo en comparación con los otros medios de transportes es el más ecológico y, que el porcentaje de contribución de los barcos al cambio climático es mínimo en comparación con los que provienen de tierra, sobre todo en Barcelona por la densidad de tráfico de vehículos e industrias próximas al mar.

Pero ello no es excusa, sino que les debería servir de incentivo, para que la industria naval no cese en su empeño de lograr motores más ecológicos y en la búsqueda de recursos alternativos para mitigar el agotamiento en los combustibles fósiles.

Por otro lado sería interesante la creación de campañas de información y concienciación destinadas a las embarcaciones de recreo sobre los impactos que ellas mismas generan (ruido submarino, destrucción del fondo marino...) ya que estas son un elevado foco de emisión de contaminantes y contribuyen de forma activa a la degradación de las aguas.

ANEXOS

ANEXO A: LISTA DE SUSTANCIAS PRIORITARIAS EN EL ÁMBITO DE LA POLÍTICA DE AGUAS

Número	Nº CAS ¹	Nº UE ²	Nombre de la sustancia prioritaria [*]	Identificada como sustancia peligrosa prioritaria
1)	15972-60-8	240-110-8	Alacloro	
2)	120-12-7	204-371-1	Antraceno	X
3)	1912-24-9	217-617-8	Atrazina	
4)	71-43-2	200-753-7	Benceno	
5)	no aplicable	no aplicable	Difeniléteres bromados (DEB) ^{**}	X ^{***}
	32534-81-9	no aplicable	Pentabromodifenileter (congéneres n ^{os} 28, 47, 99, 100, 153 y 154) [*]	
6)	7440-43-9	231-152-8	Cadmio y sus compuestos	X
7)	85535-84-8	287-476-5	Cloroalcanos, C ₁₀₋₁₃ ^{**}	X
8)	470-90-6	207-432-0	Clorfenvinfós	
9)	2921-88-2	220-864-4	Clorpirifós (clorpirifós-etil)	
10)	107-06-2	203-458-1	1,2-dicloroetano	

Número	Nº CAS ¹	Nº UE ²	Nombre de la sustancia prioritaria [*]	Identificada como sustancia peligrosa prioritaria
11)	75-09-2	200-838-9	Diclorometano	
12)	117-81-7	204-211-0	Di(2-etilhexil)ftalato (DEHP)	
13)	330-54-1	206-354-4	Diurón	
14)	115-29-7	204-079-4	Endosulfán	X
15)	206-44-0	205-912-4	Fluoranteno ^{****}	
16)	118-74-1	204-273-9	Hexaclorobenceno	X
17)	87-68-3	201-765-5	Hexaclorobutadieno	X
18)	608-73-1	210-158-9	Hexaclorociclohexano	X
19)	34123-59-6	251-835-4	Isoproturón	
20)	7439-92-1	231-100-4	Plomo y sus compuestos	
21)	7439-97-6	231-106-7	Mercurio y sus compuestos	X
22)	91-20-3	202-049-5	Naftaleno	
23)	7440-02-0	231-111-14	Níquel y sus compuestos	
24)	25154-52-3	246-672-0	Nonilfenol	X
	104-40-5	203-199-4	(4-Nonilfenol) [*]	X

Número	Nº CAS ¹	Nº UE ²	Nombre de la sustancia prioritaria [*]	Identificada como sustancia peligrosa prioritaria
25)	1806-26-4	217-302-5	Octilfenol	
	140-66-9	no aplicable	(4-(1,1',3,3'-tetrametilbutilfenol)) [*]	
26)	608-93-5	210-172-5	Pentaclorobenceno	X
27)	87-86-5	231-152-8	Pentaclorofenol	
28)	no aplicable	no aplicable	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	X
	50-32-8	200-028-5	(Benzo(a)pireno)	X
	205-99-2	205-911-9	(Benzo(b)fluoranteno)	X
	191-24-2	205-883-8	(Benzo(g,h,i)perileno)	X
	207-08-9	205-916-6	(Benzo(k)fluoranteno)	X
	193-39-5	205-893-2	(Indeno(1,2,3-cd)pireno)	X
29)	122-34-9	204-535-2	Simazina	
30)	no aplicable	no aplicable	Compuestos de tributilestaño	X
	36643-28-4	no aplicable	Catión de tributilestaño	X

Número	Nº CAS ¹	Nº UE ²	Nombre de la sustancia prioritaria [*]	Identificada como sustancia peligrosa prioritaria
31)	12002-48-1	234-413-4	Triclorobencenos	
32)	67-66-3	200-663-8	Triclorometano (cloroformo)	
33)	1582-09-8	216-428-8	Trifluralina	

44

¹ CAS: chemical Abstracts Service

² Número UE: Número de registro del catálogo Europeo de Sustancias químicas comercializadas (EINECS) o de la lista Europea de Sustancias químicas notificadas

^{*} En los casos en que se han seleccionado grupos de sustancias, se añaden los compuestos individuales representativos y característicos como parámetros indicativos (entre paréntesis y sin número). Para estos grupos de sustancias, el parámetro deberá definirse a partir del método analítico

^{**} Estos grupos de sustancias incluyen normalmente un número considerable de distintos compuestos. En la actualidad, no pueden darse parámetros indicativos apropiados

^{***} Sólo pentabromodifeniléter (nº CAS:32534-81-9).

^{****} El fluoranteno figura en la lista como indicador de otros hidrocarburos aromáticos policíclicos más peligrosos.

⁴⁴ Información cedida por la Agencia Catalana del Agua.

ANEXO D: CARACTERISTICAS DE LOS COMBUSTIBLES MARINOS

60 soil

ISO/FDIS 8217:2005(E)

Table 1 — Requirements for marine distillate fuels

Characteristic	Unit	Limit	Category ISO-F-				Test method reference
			DMX	DMA	DMB	DMC ^a	
Density at 15 °C	kg/m ³	max.	—	890,0	900,0	920,0	ISO 3675 or ISO 12185 (see also 7.1)
Viscosity at 40 °C	mm ² /s ^b	min. max.	1,40 5,50	1,50 6,00	— 11,0	— 14,0	ISO 3104 ISO 3104
Flash point	°C	min. min.	— 43	60 —	60 —	60 —	ISO 2719 (see also 7.2)
Pour point (upper) — winter quality — summer quality	°C	max. max.	— —	-6 0	0 6	0 6	ISO 3016 ISO 3016
Cloud point	°C	max.	-16 ^c	—	—	—	ISO 3015
Sulfur	% (m/m)	max.	1,00	1,50	2,00 ^d	2,00 ^d	ISO 8754 or ISO 14596 (see also 7.3)
Cetane index		min.	45	40	35	—	ISO 4264 / ASD 473
Carbon residue on 10 % (V/V) distillation bottoms	% (m/m)	max.	0,30	0,30	—	—	ISO 10370
Carbon residue	% (m/m)	max.	—	—	0,30	2,50	ISO 10370
Ash	% (m/m)	max.	0,01	0,01	0,01	0,05	ISO 6245
Appearance ^e			Clear and bright		e	—	See 7.4 and 7.5
Total sediment, existent	% (m/m)	max.	—	—	0,10 ^e	0,10	ISO 10307-1 (see 7.5)
Water	% (V/V)	max.	—	—	0,3 ^e	0,3	ISO 3733
Vanadium	mg/kg	max.	—	—	—	100	ISO 14597 or IP 501 or IP 470 (see 7.8)
Aluminium plus silicon	mg/kg	max.	—	—	—	25	ISO 10478 or IP 501 or IP 470 (see 7.9)
Used lubricating oil (ULO)						The fuel shall be free of ULO ^f	
- Zinc	mg/kg	max.	—	—	—	15	IP 501 or IP 470
- Phosphorus	mg/kg	max.	—	—	—	15	IP 501 or IP 500
- Calcium	mg/kg	max.	—	—	—	30	IP 501 or IP 470 (see 7.7)

^a Note that although predominantly consisting of distillate fuel, the residual oil proportion can be significant.

^b 1 mm²/s = 1 cSt

^c This fuel is suitable for use without heating at ambient temperatures down to -16 °C.

^d A sulfur limit of 1,5 % (m/m) will apply in SO₂ emission control areas designated by the International Maritime Organization, when its relevant protocol enters into force. There may be local variations, for example the EU requires that sulphur content of certain distillate grades be limited to 0,2 % (m/m) in certain applications. See 0.3 and reference [7].

^e If the sample is clear and with no visible sediment or water, the total sediment existent and water tests shall not be required. See 7.4 and 7.5.

^f A fuel shall be considered to be free of used lubricating oils (ULOs) if one or more of the elements zinc, phosphorus and calcium are below or at the specified limits. All three elements shall exceed the same limits before a fuel shall be deemed to contain ULOs.

ISO/FDIS 8217:2005(E)

FUEL-OIL. MARITIME STANDARD INSTITUTE.

Table 2 — Requirements for marine residual fuels

Characteristic	Unit	Limit	Category										Test method reference	
			RMA 30	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMF 180	RMG 380	RMH 380	RMK 380	RMK 700	RMK 700		
Density at 15 °C	kg/m ³	max.	960,0	975,0	980,0	991,0	991,0	991,0	991,0	1010,0	1010,0	1010,0	1010,0	ISO 3675 or ISO 12185 (see also 7.1)
Kinematic viscosity at 50 °C	mm ² /s ^a	max.	30,0	30,0	80,0	180,0	180,0	380,0	380,0	700,0	700,0	700,0	700,0	ISO 3104
Flash point	°C	min.	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	ISO 2719 (see also 7.2)
Pour point (upper) ^b - winter quality - summer quality	°C	max. max.	0 6	24 24	30 30	30 30	30 30	30 30	30 30	30 30	30 30	30 30	30 30	ISO 3016 ISO 3016
Carbon residue $\leq \leq R_{350}$	% (m/m)	max.	10	10	14	15	20	18	22	22	22	22	22	ISO 10370
Ash	% (m/m)	max.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	ISO 6245
Water	% (V/V)	max.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	ISO 3733
Sulfur ^c	% (m/m)	max.	3,50	3,50	4,00	4,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	ISO 8764 or ISO 14596 (see also 7.3)
Vanadium $\leq \leq S_{25}$	mg/kg	max.	150	150	350	200	500	300	600	600	600	600	600	ISO 14597 or IP 501 or IP 470 (see 7.8)
Total sediment potential	% (m/m)	max.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	ISO 10307-2 (see 7.6)
Aluminium plus silicon	mg/kg	max.	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	ISO 10478 or IP 501 or IP 470 (see 7.9)

© ISO 2005 – All rights reserved

A día de hoy los gasóleos más comercializados son el RMA 30, RME 180 y RMC 380. En el caso del fuel-oil los más suministrados son el DMA, el DMB y DMC.

⁴⁵ Información cedida por la compañía CEPSA.

ANEXO E: CARACTERÍSTICAS DEL BIODIÉSEL

<i>Propiedad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Límites</i>		<i>Método de ensayo</i>
		<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
Contenido en éster ^a	% (m/m)	96,5 ^b		EN 14103
Densidad a 15°C ^c	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidad a 40°C ^d	mm ² /g	3,50	5,00	EN ISO 3104
Punto de inflamación	°C	120	-	prEN ISO 3679 ^e
Contenido de azufre	mg/kg	-	10,0	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
Resíduo de carbón (en 10% de residuo destilado) ^f	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Índice de cetano ^g		51,0		EN ISO 5165
Contenido de cenizas sulfatadas	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Contenido en agua	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Contaminación total ^h	mg/kg	-	24	EN 12662
Corrosión de la tira de cobre (3h a 50°C)	Clasificación		Clase 1	EN ISO 2160
Estabilidad a la oxidación 110°C	Horas	6,0	-	EN 14112
Índice de ácido	mg KOH/g		0,50	EN 14104
Índice de yodo	g de yodo/100g		120	EN 14111
Éster de metilo de ácido linoléico	% (m/m)		12,0	EN 14103
Ésteres de metilo poli-insaturados ⁱ (> = a 4 dobles enlaces)	% (m/m)		1	
Contenido de metanol	% (m/m)		0,20	EN 14110
Contenido en monoglicéidos	% (m/m)		0,80	EN 14105
Contenido en diglicéidos	% (m/m)		0,20	EN 14105
Contenido en triglicéidos ^j	% (m/m)		0,20	EN 14105
Glicerol libre ^j	% (m/m)		0,02	EN 14105 EN 14106
Glicerol total	% (m/m)		0,25	EN 14105
Metales del grupo I (Na+K) ^k	mg/kg		5,0	EN 14108 EN 14109
Metales del grupo II (Ca+Mg) ^l	mg/kg		5,0	prEN 14538
Contenido de fósforo	mg/kg		10,0	EN 14107

46

⁴⁶ Propiedades del biodiésel. Tabla extraída del informe realizado por el equipo de la Universidad Rey Juan Carlos del círculo de Innovación en Tocologías Medioambientales y energía (CITME). Pág. 34

BIBLIOGRAFIA:

- Programa de les nacions unides per al medi ambient (PNUMA). Conveni de Barcelona per a la protecció de la mar mediterrània. Departament de medi ambient. Catalunya.1995.
- Piniella Corbacho, Francisco. Transporte marítimo y medio ambiente.Un binomio reconciliable. Universidad de Cádiz. Servicio de publicaciones.1996.
- The institute of marine engineer's. Shipping and the environment. Is compromise inevitable?. Tenth international maritime and shipping conference. 1996.
- Vargas, Y. M; García, M.C; Moya, R. F. Cambio climático en el mediterráneo Español. Instituto Español de oceanografía. Ministerio de educación y ciencia.2007.
- Gómez Orea, Domingo. Evaluación de Impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 2002.
- Martínez de Muniain, Emilio Valerio. La legislación Europea del medio ambiente: su aplicación en España. Editorial COLEX. Madrid. 1994.
- Museu marítim, Drassanes Reials de Barcelona. Actes de les jornades: Qui embruta el mar?. Barcelona, 6 i 7 de Juny del 2000.
- Actas del III congreso de ingeniería del transporte. Maritime and Inland Waterway and Maritime History. Publicado Department of nautical science and engineering. Technical university of catalonia. Barcelona. 2006.
- Martínez de Osés, F.Xavier; Castells i Sanabra Marcel.la. La sostenibilidad de las autopistas del mar y los buques de alta velociada. Universitat politècnica de catalunya. Grupo de investigación TRANSMAR. Barcelona. 2007.
- Jaques, Guy; Le Treut, Hervé. El canvi climàtic-(COI forum oceans). Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 2005.
- Olivilla Puig, J; Martínez de Osés, F.Xavier; González Blanco, R; Castells Sanabra, M. Las autopistas del mar como alternativa al paso de los pirineos. Universitat politècnica de Catalunya. Grupo de investigación TRANSMAR. Barcelona. 2006.
- Estrategias para la prevención de la contaminación marina: el convenio OSPAR y el convenio de Barcelona. Ministerio de medio ambiente.Secretaria general de medio ambiente. 2000
- Corral Suárez, Margarita. La conservación de los recursos biológicos del mar en el derecho internacional vigente. Universidad de Valladolid. Secretariado de publicaciones de universidad de Valladolid. 1993.
- Lozano Cabo, Fernando. Oceanografía, biología marina y pesca. Tomo I. Paraninfo. Madrid 1983.

- Al Gore. Una verdad incómoda. 2da ed. España: Gedisa, 2007.
- Hernández Fernández, Santiago. Ecología para ingenieros. El impacto ambiental. 2da ed. Colegio de Ingenieros de camnos, canales y puertos. 1995.

Tesis doctorales:

- Platonov, Alexei. Aplicación de imágenes de satélite SAR, en los estudios de contaminación marina y de dinámica de las aguas en el mediterráneo noroccidental. Tesi doctoral, UPC, Departamento hidràulica marítima i ambiental/ UB/ CSIC, 2002. (www.tdx.cesca.es/)

Informes técnicos:

- Gubert, O; Martí, V; Martínez-Lladó, X; de Pablo, J; Díez, S; Bayona, JM; González,J; Romo, J; Solé, X; Hurtado,J. Distribution on polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and tributyltin (TBT) in sediments in Barcelona harbour (Spain) and their impact on benthic communities. Environmental technology area, CTM-UPC; environmental chemistry department, IIQAB_CSIC; environmental service of Barcelona harbour authority; littoral consult. Barcelona. 2007.
- Martínez de Osès, F. Xavier. Analysis of oil pollution at sea by means of sea craft in Spain. Departamento de Ciencias e ingenierías náuticas de la universidad politécnica de Barcelona. Barcelona Noviembre 2006.

Artículos de revistas:

- Basura marina. Una amenaza a la biodiversidad. Mar. Num 464. Octubre 2007, p. 60-67.
- Aspectos e impactos medioambientales de las operaciones de transporte. Got-Carga. Num 147. Febrero 2000, p. 36-37.
- Convención para controlar el uso de pinturas prohibidas. Infomarine. Num 141. Septiembre 2007, p. 98.
- Entrada en vigor del convenio de sistemas antiincrustantes de la IMO. Infomarine. Num 68. Abril 2007, p. 25-28.
- Monografía de pinturas marinas. Rotation. Vol.28. Num 413. Septiembre 2004, p. 31-42.
- Aguas de lastre y Gases de escape, una amenaza para el medio ambiente y su posible solución. Martínez Wolf, Luis. RECALADA. Revista de divulgación marítima. Num 98. Diciembre 2006, p.14-16.
- IMO presenta un nuevo estándar para capas protectoras. INFOMARINE. Num 141. Septiembre 2007, p. 98.

- El sol a bordo. Las instalaciones fotovoltaicas en barcos exigen unos requisitos especiales. Photon, la revista de fotovoltaica. Num 4. Abril 2008, p.60-63.
- Reduced noise from Q.prop “skew” propeller. Mer. Marzo 2008. p.44.
- Laser-based gas sensors ease emissions monitoring. Marine propulsion. Febrero/marzo 2008. p.19-20.

Páginas Webs:

- <http://www.solociencia.com/noticias/0411/12121531.htm> (fecha de consulta 26/02/08)
- <http://www.cetaceos.com/conservacion-accobams-texto-sp.htm> (fecha de consulta 26/02/08)
- http://www.meteosimtruewind.com/es/modelizacion_meteorologica/Calidad_del_aire.php (fecha de consulta 26/02/08)
- <http://www.ambientum.com/boletino/detalle.asp?noticia=39478> (fecha de consulta 26/02/08)
- <http://www.guardian.co.uk/science/2008/feb/15/biodiversity.scienceofclimatechange> (fecha de consulta 26/02/08)
- <http://www.lavanguardia.es/lv24h/20080213/53436215957.html> (fecha de consulta 26/02/08)
- http://www.soitu.es/soitu/2008/01/10/info/1199983587_969868.html (7/03/08)
- http://www.lab.upc.es/index_link.php?web=mapa&lang=ca (7/03/08)
- http://www.ruidos.org/prensa/2008ene/080111_Diarioadn.html (7/03/08)
- http://www.oceana.org/fileadmin/oceana/uploads/europe/reports/OCEANA_habitats_en_peligro.pdf (7/03/08)
- http://www.unep.org/GEO/geo3/spanish/pdfs/chapter2-6_marine.pdf (7/03/08)
- [http://www.unep.org/regionalseas/RS_Global_Meetings/9th_Global_Meeting/\(DEPI\)_RS9-5/K0763361s%20DEPI_RS_9_5.pdf](http://www.unep.org/regionalseas/RS_Global_Meetings/9th_Global_Meeting/(DEPI)_RS9-5/K0763361s%20DEPI_RS_9_5.pdf) (7/03/08)
- <http://www.ambientum.com/boletino/detalle.asp?noticia=39478>
- http://www.un.org/depts/los/general_assembly/noise/noise.htm (11/03/08)
- <http://sosmer-mallorca.com/> (11/03/08)
- http://globallast.imo.org/poster4_english.pdf (20/03/08)
- http://www.wartsila.com/Wartsila/docs/en/ship_power/media_publications/technical_papers/sulzer/marine_technologies_for_reduced_emissions.pdf (24/03/08)
- <http://www.portsdebalears.com/> (27/03/08)
- <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP724ZI4587&id=4587> (4/04/08)
- <http://www.sonsdemar.eu/sonsdemar.php>(4/04/08)
- <http://www.Cleanshipconference.com/pdfs/weisser.pdf>(4/04/08)
- http://www.seatoskypollutionsolutions.com/pdf/seatosky_pollution_solutions_mitigation.pdf(4/04/08)
- <http://www.nuestromar.org> (15/04/08)
- http://metasystems_as.com/SCR.htm(15/04/08)
- <http://innovamar.org>(15/04/08)
- <http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=30996&tipo=g> (8/05/08)
- <http://www.masmar.com/noticias/html/32540.html> (8/05/08)
- <http://mytilos.tvt.fr> (8/05/08)
- http://www.imedeia.uib.es/public/dissemination_es.php?num=1000000 (8/05/08)

