

Análisis del riesgo de impacto de hidrocarburos, procedentes de los buques en el entorno del parque natural marítimo-terrestre del Cap de Creus

Amable V. Esparza Lorente



**Reial Acadèmia Europea de Doctors
Real Academia Europea de Doctores
Royal European Academy of Doctors**

BARCELONA - 1914



AMABLE V. ESPARZA LORENTE, 30 de abril de 1962, Estado civil: Casado

Titulación: Doctor en Ingeniería Náutica por la Universidad Politécnica Cataluña (UPC). Ingeniero Naval y Oceánico (Colg.3.345). Licenciado en Marina Civil. Capitán de la Marina Mercante (Nº 10.174). Máster Universitario Oficial en Gestión Portuaria y Logística.

Investigador Grupo de Investigación “Política Marítima” de la Universidad de Cádiz . **Publicaciones:** un libro y cinco artículos técnicos.

Docencia en: Profesor del International MBA Global de la Universidad de Loyola. Profesor Externo invitado de la Universidad de Sevilla, Facultad de Economía y Negocio. Profesor Sustituto de la Universidad de Cádiz en el Departamento de Ciencias y Técnicas de la Navegación. Profesor en Cursos de Verano de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Profesor Asociado de la UPC Departamento de Ciencia e Ingeniería Náuticas.

Experiencia profesional: 35 años en el sector marítimo portuario, actualmente, Jefe del Departamento Comercial y de Calidad en la Autoridad Portuaria de Sevilla.

Otros méritos: Representante del Instituto de Ingeniería de España en el Comité de Desarrollo de Capacitación de Ingeniería (CECB) FMOI (WFEOUNESCO). Miembro de la delegación española en el Comité de Ingeniería y Medioambiente (CEE) FMOI (WFEOUNESCO).

Asesor del Comité de Protección del Medio Marino (MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE-MEPC) de la Organización Marítima Internacional – Organización Naciones Unidas (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION - IMO). Asesor del Director General de International Mobile Satellite Organization (IMSO). Miembro de la European Commission TALEX (Technical Assistance and Information Exchange instrument) Port and Waterborne Transport Expert.

Análisis del riesgo de impacto de hidrocarburos, procedentes de los buques, en el entorno del parque natural marítimo-terrestre del cap de Creus

Excmo. Sr. Dr. Amable V. Esparza Lorente

Análisis del riesgo de impacto de hidrocarburos, procedentes de los buques, en el entorno del parque natural marítimo-terrestre del cap de Creus

Discurso de ingreso en la Real Academia Europea de Doctores, como
Académico Numerario, en el acto de su recepción
el 10 de octubre de 2023

por

Excmo. Sr. Dr. Amable V. Esparza Lorente
Doctor en Ingeniería Náutica

Y contestación del Académico de Número

Excmo. Sr. Dr. José María Baldasano Recio
Doctor en Ciencias Químicas

COLECCIÓN REAL ACADEMIA EUROPEA DE DOCTORES



Reial Acadèmia Europea de Doctors
Real Academia Europea de Doctores
Royal European Academy of Doctors
BARCELONA · 1914

www.raed.academy

© Amable V. Esparza Lorente

© Real Academia Europea de Doctores

La Real Academia Europea de Doctores, respetando como criterio de autor las opiniones expuestas en sus publicaciones, no se hace ni responsable ni solidaria.

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del “Copyright”, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante cualquier medio o préstamo público.

Producción Gráfica: Ediciones Gráficas Rey, S.L.

Impreso en papel offset blanco Superior por la Real Academia Europea de Doctores.

ISBN: 978-84-09-54873-6

D.L: B 18565-2023

Impreso en España –Printed in Spain- Barcelona

Fecha de publicación: octubre 2023

⊞ PRESENTACIÓN

Excelentísimo Señor presidente,
Excelentísimos Académicos,
Queridos amigos, damas y caballeros,

En primer lugar, quiero agradecer de todo corazón a la Real Academia Europea de Doctores el haberme admitido para formar parte de esta prestigiosa Academia. Especialmente, quiero enfatizar en su presidente, el Excelentísimo Dr. Alfredo Rocafort, en la Junta de Gobierno y en el Excmo. Dr. José María Baldasano Recio que generosamente ha realizado la respuesta a este discurso de ingreso. También quiero expresar una especial y afectuosa gratitud al académico de número y Vicepresidente de la Junta de Gobierno Xabier Añoveros Trias de Bes, Doctor en Derecho, en Ciencias Económicas, en Humanidades y en Historia, al que admiro por su fecunda e incansable capacidad de trabajo y su formación poliédrica en diferentes facetas del conocimiento, involucrándose en mi admisión en esta distinguida Institución y apadrinándome en mi proceso de admisión como Académico de Número, la cual no hubiese sido posible sin él. La oportunidad que se me abre de participar en esta institución, catedral del conocimiento, donde se da cabida a una gran diversidad de notables científicos, es para mí un motivo de orgullo y a la vez una responsabilidad. Al ingresar como académico de número en esta Academia, donde impera la excelencia del conocimiento, me gustaría recordar la frase que en su día dijo el eminente científico Louis Pasteur *“Un poco de ciencia aleja de Dios, pero mucha ciencia devuelve a Él”*.

Desearía comenzar expresando mi gratitud cronológicamente a las personas que han contribuido sustancialmente a mi formación y mi desarrollo profesional.

En primer lugar, mis padres, Amable y Carmen, de quienes siempre tengo presente su inmenso y generoso cariño, atenciones, sacrificios y adecuados consejos para una buena educación y su énfasis en la honradez y honestidad. Respecto a la formación personal, su ejemplo cotidiano en el trabajo y afán de superación siempre han sido un espejo donde me he mirado. Las bases y el lustre de la educación se obtienen en la familia y gracias a Dios he disfrutado de esa dicha junto a mi hermana y mis dos hermanos.

En segundo lugar, a Remedín, mi esposa, amiga y cómplice, que ha estado siempre a mi lado, apoyándome, animándome y cuidándome en todos los sentidos. Tras 34 años de matrimonio hemos edificado una familia unida, nuestra hija Reme es el fiel reflejo de nuestra relación. Aunque se lo he dicho más de una vez, hoy le vuelvo a agradecer el tiempo que me ha regalado para mi desarrollo profesional y académico, del cual se ha privado generosamente.

Seguidamente, me gustaría hacer una mención de gratitud al Colegio San Ignacio - Jesuitas de Sarriá, donde además de mi primera formación (once años), aprendí unas enseñanzas personales que me han acompañado toda la vida. Esas enseñanzas se resumían en la mejora constante de uno mismo mostrando día a día la mejor versión de cada uno, indistintamente del entorno. Esa forma de proceder me ha empujado a mejorar permanentemente, con la inmensa e íntima satisfacción de haber alcanzado una nueva meta.

Cuando llegó el momento de enfocar mi futuro y siguiendo los pasos de mi padre, opté por la Facultad de Náutica de Barcelona. Durante los cinco años que estudié en las aulas del emblemático edificio de la Pla del Palau, tuve dos profesores Capitanes de la Marina Mercante, a los cuales Dios los tenga en su gloria, y a los que les agradezco su enorme profesionalidad, dedicación y compromiso con la docencia. El primero de esos profesores es Don Ángel María de Urrutia y de Landaburu, Director de la Escuela desde 1958 hasta 1986 y profesor de Astronomía y Navegación. De él aprendí a mirar hacia arriba y poder determinar mi posición, algo que ha sido importantísimo en mi vida, ya que nunca se puede trazar un rumbo hacia un destino si desconocemos de donde partimos. El segundo de ellos es Don Gerardo Conesa Prieto, profesor titular de la UPC de Meteorología y Oceanografía. Él me enseñó, al igual que Don Ángel, a mirar hacia arriba interpretando las evoluciones atmosféricas, los cambios climáticos y sus efectos en la mar. Adicionalmente, tuve el privilegio de que fuese mi director de la Tesina de Licenciatura.

También quiero expresar mi agradecimiento al Capitán de la Marina Mercante Don Josep Trius Collazos, fundador y presidente del Grupo Marítima del Mediterráneo, donde me desarrollé profesionalmente. Con mi progreso en la empresa tuve la oportunidad de trabajar muy próximo a él, gozar de su confianza y su amistad, la cual mantuvimos hasta el día de su fallecimiento. Además de ser mi referente y maestro en el negocio marítimo, aprendí de su infatigable y permanente afán innovador y de su honradez y ética para los negocios.

Para finalizar este capítulo de agradecimientos destacados, una vez que el tiempo es limitado y no se pueden incluir todos los buenos amigos que me han ayudado profesional y científica-

mente, quiero mencionar al Prof. Dr. Francisco Piniella Corbacho, el cual hace once años me abrió las puertas del grupo de investigación “Política Marítima TEP-194” que dirige en la Universidad de Cádiz. Juntos hemos investigado y publicado. Desde entonces nos une una estrecha relación, actualmente es el Rector de la Universidad de Cádiz.



ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	7
DISCURSO DE INGRESO	13
0. OBJETIVOS.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2 EL MEDITERRÁNEO	19
2.1 Características Geográficas y Sociales.....	19
2.1.1 Datos Generales.....	19
2.1.2 Recursos del Mediterráneo	22
2.1.3 Población Mediterránea	26
2.2 Clima de la Región Mediterránea	32
2.3 Movimientos Hidrográficos.....	34
3 EL TRASPORTE MARÍTIMO DE HIDROCARBUROS	
EN EL MEDITERRÁNEO.....	37
3.1 Principales Puertos	37
3.2 Principales Rutas de Navegación.....	39
3.3 Antigüedad de los Buques.	41
3.4 Tipos de Mercancías y Buques.....	43
4 LA CONTAMINACIÓN MARINA Y SU PREVENCIÓN	51
4.1 La Contaminación Marina	51
4.2 Contaminación por Hidrocarburos	53
4.2.1 Definición y Alcance.....	53
4.2.2 Accidentes Marítimos y Mareas Negras	64
4.2.3 Normativa Internacional.....	83
4.2.3.1 MARPOL	88
4.2.3.2 Convenio de Barcelona.....	92
4.3.4 Otras medidas de la Administración Española contra la contaminación marina por vertidos de hidrocarburos.....	98

4.3 Lucha Contra la Contaminación Marina por Hidrocarburos.....	101
4.3.1 Localización de los Derrames	101
4.3.2 Modos de Lucha contra la Contaminación Marina	109
4.3.3. Tratamiento Químico de los Derrames. Dispersantes	117
4.3.5. Biodegradación de Hidrocarburos.....	126
5 MECANISMOS DE PROTECCIÓN DEL MEDITERRÁNEO.....	131
5.1 Centro Regional de Respuesta a las Emergencias por Contaminación Marina (REMPEC).....	131
5.2. Estructura Nacional.....	134
6. FACTORES DE RIESGO PARA UN VERTIDO ACCIDENTAL	145
6.1 Tráfico Marítimo	145
6.2 Oleaje.....	158
6.3 Morfología	163
6.4 Edad de la Flota	164
6.5 Valoración	171
7 PARQUE NATURAL MARÍTIMO-TERRESTRE DE CAP DE CREUS.	175
7.1 Amplitud de la Protección	175
7.2 Aspectos Oceanográficos	180
7.3 Biodiversidad Marina y su entorno.....	182
8 RIESGO POTENCIAL DE LA COSTA DE CAP DE CREUS	191
8.1 Análisis de las Condiciones Meteorológicas	191
8.1.1 Régimen General de Vientos.....	191
8.1.2 Régimen General de Corrientes	199
8.2 Determinación de la Trayectoria de un Derrame.....	205
9. CONCLUSIONES.....	213
10 BIBLIOGRAFÍA	219
DISCURSO de contestación.....	235
Publicaciones de la Real Academia Europea de Doctores.....	243

0. OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este trabajo es analizar el riesgo de impacto que podría tener un vertido de hidrocarburos, procedente de los buques, en el ecosistema del parque natural marítimo-terrestre del cap de Creus.

Se valorarán los factores de riesgo que tiene el noreste (NE) de la costa Mediterránea Española, frente a un derrame de hidrocarburos procedente del tráfico marítimo. Se considerarán como variables, entre otras, las peculiaridades geográficas, climáticas o de densidad de tráfico. También se considerarán los recursos que se disponen de lucha contra la contaminación por parte del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) y las técnicas para contener un derrame.

En este trabajo se estudiará la posibilidad de impacto de un derrame procedente del tráfico marítimo en la zona geográfica del entorno del Parque Natural de cap de Creus.

Los objetivos se concretan en los siguientes puntos:

- Valorar la legislación y convenios internacionales que protegen los mares de eventuales mareas negras.
- Detallar los medios anticontaminación que dispone España y las técnicas más habituales en la lucha contra la contaminación por hidrocarburos.
- Determinar y considerar los factores de riesgo para que se pudiese producir una marea negra.

- Determinar el entorno marítimo del Parque nacional de cap de Creus



❧ 1. INTRODUCCIÓN

Según señala Desfontaines, [50] el Mar Mediterráneo se presenta como una cuenca oceánica, o sea, como un océano en miniatura. Este océano en miniatura se halla encerrado “entre tierras”, que son a su vez subcontinentes en miniatura, cada uno de los cuales constituye un mundo físico discreto. Estos subcontinentes contienen otros mundos más pequeños separados por cordilleras costeras accesibles sólo a través de valles estrechos o difíciles pasos de montañas.

El Mar Mediterráneo puede ser considerado como cuna de las más grandes civilizaciones de nuestra historia. Al *Mare Nostrum* se le podría considerar como forjador de un carácter. Estos son algunos de los argumentos que se pueden considerar al tratar de defenderlo contra la degradación que está sufriendo.

El hombre y la naturaleza forman parte de un mismo todo, en la medida que el hombre es naturaleza, pero en muchas ocasiones se evidencia un antagonismo. El hombre impone su presencia a la naturaleza. El grado de impacto del hombre puede variar desde una influencia nula, hasta un máximo donde la naturaleza es sustituida por la obra artificial.

Como afirma M. Vera [123], “el hombre es la menos especializada de las criaturas y de hecho, la más adaptable a situaciones cambiantes”, lo cual, si bien es necesario para conseguir un equilibrio biológico y social, es sumamente peligroso en lo que atañe a la posible uniformidad ante ambientes degradados. Por todo ello, es de vital importancia tener en cuenta estos factores

condicionantes, no sólo en lo que se refiere a la planificación, sino en lo que consideramos más importante, la conservación del medio natural.

Durante muchos años, el hombre ha sido un elemento más de este ecosistema. Existía una relación directa entre el hombre y el medio que no se vio alterada de forma apreciable hasta la segunda mitad del siglo XIX. La Revolución Industrial y tecnológica empezó a marcar algunas fronteras en esa interacción, pero el cambio más brusco lo supuso el paso en la utilización de fuentes de energía naturales y renovables hacia fuentes de energía no renovables.

El hombre se fue convirtiendo en el principal elemento modificador del entorno, adaptándolo a sus más inmediatas necesidades sin profundizar sobre las graves consecuencias que podía tener su proceder. Se llegó a niveles en que los propios mecanismos de defensa de la naturaleza resultaron insuficientes y aparecieron los primeros síntomas de agotamiento y degradación. Al mismo tiempo, se iniciaba el fenómeno de la sensibilización y comenzaron las acciones dirigidas a reparar y/o aminorar el daño causado. Ahora, ya hay una concienciación colectiva respecto a los daños que se le hacen al planeta y la repercusión que éstos pueden tener en el futuro de este. El Protocolo de Kyoto sobre el Cambio Climático del año 1997 que entró en vigor el 16 de febrero de 2005, y más recientemente la 21ª Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático celebrada en París el 11 de diciembre del 2015, y la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrada en Glasgow el 1 de noviembre 2021, son algunos ejemplos de la sensibilización actual a nivel global.

En este trabajo, se intentan analizar los procesos que han desembocado en el panorama actual de defensa de los mares y

en particular del Mediterráneo, dando una visión genérica de la actividad normativa desarrollada a partir de finales de los años sesenta. En el año 1967, con el accidente del MT Torrey Canyon, que embarrancó en el Canal de la Mancha vertiendo 120.000 toneladas de crudo, fue cuando comienza a tomarse conciencia del peligro que corren los mares y océanos del planeta, motivados por el riesgo de la contaminación marina.



❧ 2 EL MEDITERRÁNEO

2.1 Características Geográficas y Sociales

2.1.1 Datos Generales

No cabe duda de que el clima es uno de los rasgos más característicos de la región en estudio [102]. El clima Mediterráneo no sólo es una de las evidencias más significativas de la zona, sino que constituye un elemento clave en determinados modos de vida. La regionalidad a la que hacemos referencia se basa, en gran medida, en este rasgo común, que abarca toda la extensión mediterránea desde Gibraltar hasta el Mar de Mármara y desde el Norte de África hasta la región meridional de Europa.

La hidrología constituye un elemento básico al hablar de contaminación. Las corrientes superficiales y profundas, así como las características principales que rigen la dinámica mediterránea, le imponen una cota muy alta de vulnerabilidad. Como se afirma en este apartado, las posibilidades que tiene cualquier sustancia que penetra en el Mediterráneo de abandonarlo por procesos naturales son muy escasas. Por otro lado, los movimientos superficiales de las aguas de la Cuenca Oriental y la Cuenca Occidental, separadas por el canal de Sicilia, se caracterizan por la componente centrífuga que provoca la acumulación de éstas sobre las costas, neutralizando, en muchos casos, la propia capacidad de absorción del mar o impidiendo los procesos de biodegradación.

El Mar Mediterráneo alcanzó la forma con la que hoy lo conocemos hace unos cinco millones de años. La evolución de los

continentes y océanos tal como se describen en la actualidad nos sitúa en un mar primitivo llamado Tethys, que separaba las dos masas continentales que constituían Laurasia al Norte y Gondwana al Sur. La intersección entre ambos bloques configuró la pequeña cuenca encerrada entre tierras tal y como actualmente la conocemos.

El Mar Mediterráneo [3], [102] se extiende sobre unos 3.800 km. de Este a Oeste y unos 800 Km. de Norte a Sur, cubriendo una superficie aproximada de 2,5 millones de Km^2 , lo cual representa unas cinco veces la de España. El conjunto encierra un volumen de 3,7 millones de Km^3 y una profundidad media de unos 1.500 metros, la cual es claramente inferior a la media oceánica. El punto donde se ha registrado la mayor profundidad mediterránea se encuentra en el Mar Jónico, y es conocido como la Fosa Helénica, de 5.121 metros de profundidad. Existen grandes llanuras en el fondo de las diversas cuencas que componen el Mar Mediterráneo, cuya profundidad media se sitúa entre 2.500 y 3.000 metros.

El Mar Mediterráneo está separado del Océano Atlántico por el Estrecho de Gibraltar, de unos 14 Km. de anchura y 300 metros de profundidad. Aunque desde el punto de vista hidrológico menos importantes, el mar Mediterráneo, adicionalmente, tiene otras comunicaciones, como son con el Mar Negro a través de los estrechos del Bósforo y de los Dardanelos quedando delimitado con el pequeño Mar de Mármara, y con el Mar Rojo a través del Canal de Suez, éste último de carácter artificial y de apertura relativamente reciente (año 1.867).

El Mediterráneo está compuesto de dos grandes cuencas, una al Este y la otra al Oeste del canal de Sicilia. Ambas cuencas están compuestas de subcuencas, tres de ellas occidentales y cuatro orientales. Las primeras son la cuenca de Alborán, la

Argelino-Provenzal y la Tirrena. La Cuenca de Alborán, situada a levante del Estrecho de Gibraltar, se extiende hasta el límite a la Cuenca Argelino-Provenzal, la cual llega hasta las islas de Córcega, Cerdeña y Sicilia, y entre la Italia peninsular y las mencionadas islas se encuentra la Cuenca Tirrena.

Figura 2.1: Cuencas en el Mediterráneo



Fuente: <http://global.britannica.com>

La Cuenca Oriental es morfológicamente mucho más variada. Consta de cuatro cuencas, la del Adriático, del Egeo, del Jónico y la cuenca Levantina. La cuenca del mar Adriático discurre entre las costas de Italia, Eslovenia, Croacia, Bosnia – Herzegovina y Montenegro, llegando hasta el Canal de Otranto, donde comienza la cuenca del Mar Jónico, ubicada en la parte central del Mediterráneo. Los límites son, al Norte Sicilia, Italia, Albania y Grecia, al Este la isla de Creta, al Sur a Libia y Túnez y al Oeste el estrecho de Sicilia. Entre Grecia y Turquía se sitúa la cuenca del Mar Egeo, que se comunica con el Mar de Mármara y el Mar Negro a través del estrecho de los Dardanelos y el estrecho del Bósforo. Se encuentra limitada al Sur por un cinturón de islas, que van desde la península del Peloponeso hasta

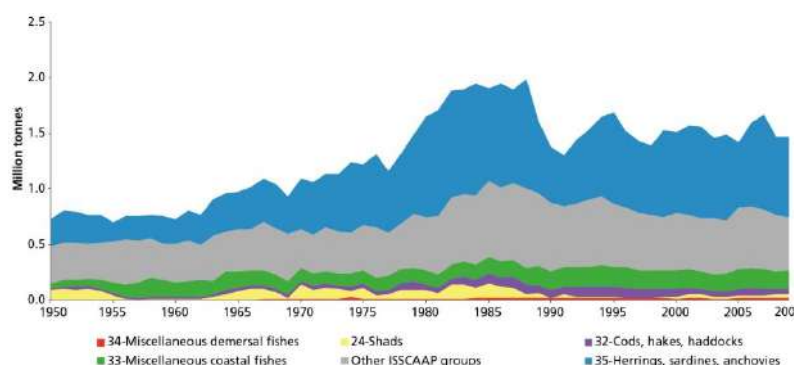
Anatolia, entre las que hay numerosos pasos y estrechos. Finalmente, la Cuenca Levantina se sitúa en la parte más oriental del Mediterráneo y, a través del Canal de Suez, comunica el mar Mediterráneo con el Mar Rojo. La cuenca se circunscribe por las costas del Líbano, Siria, Israel, Egipto y Libia y los límites meridionales y orientales de las cuencas del Mar Egeo y Jónico respectivamente.

2.1.2 Recursos del Mediterráneo

Al hablar de los recursos del Mar Mediterráneo y de su fertilidad, comúnmente se hace referencia a su pobreza con respecto a otros mares y océanos. Si se mide la pobreza de un mar u océano por su contenido en sales minerales, es patente la marcada diferencia que existe entre el Mediterráneo y el resto de las zonas marítimas, ya que el contenido, tanto en aguas superficiales como en profundas, es bastante inferior a cualquier otra zona en similares condiciones comparativas [102]. Otro dato interesante es el referido a las diferencias en contenido de nutrientes, y la acusada variación entre unas regiones u otras dentro del mismo Mar Mediterráneo. Así, por ejemplo, la zona Oeste del Mediterráneo alberga en su seno mayor cantidad de nutrientes que la zona Este, debido a la proximidad atlántica, como consecuencia de los aportes atlánticos que se dan en la parte occidental a través del Estrecho de Gibraltar, observándose una paulatina disminución en el contenido de sales a medida que avanzamos hacia la región oriental. El rendimiento anual de las pesquerías en el Mediterráneo y en el Mar Negro pasó de ser inferior a unas 500.000 T. con anterioridad a 1950 y, tan solo diecisiete años después, a unas 798.000 T. en 1967. Hacia 1978, las capturas totales correspondientes al Mediterráneo y al Mar Negro se estimaron en 1,04 millones de toneladas, y en 1982 se capturaron un total de 1,43 millones de toneladas, de las que un 34% fueron capturadas por países asiáticos [90], [42]. Como resumen, podemos decir que las capturas en el mar

Mediterráneo y el mar Negro ascienden aproximadamente a 1,5 millones de toneladas anuales, que la FAO agrupa en una única área para sus estadísticas.

Figura 2.2: Total de capturas anuales en el Mediterráneo y el mar Negro



Fuente: [90].

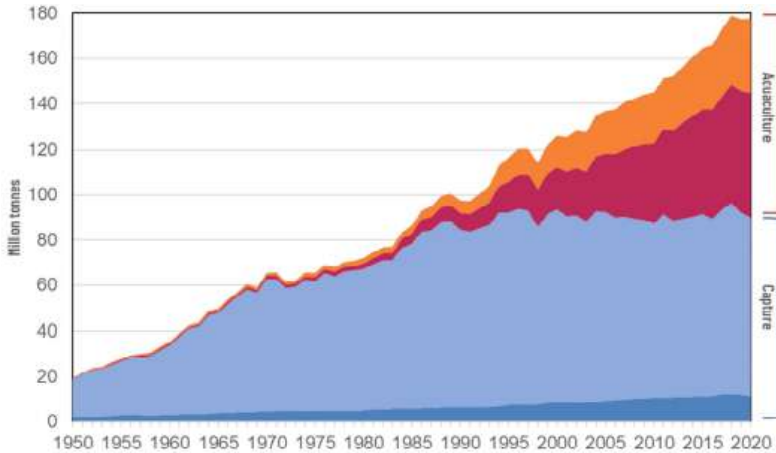
Conforme al último informe de la FAO (El estado de la pesca en el Mediterráneo y el Mar Negro 2020), se ha registrado un aumento de las capturas de un 2% respecto a los datos del 2017, llegando en el año 2018 a 1.175.700 toneladas. Esta cifra es del orden de las 2,35 veces las 500.000 toneladas que se obtenían en 1950, pero menor que las capturas récord de 1988 que alcanzaron los dos millones de toneladas. En líneas generales, la “captura por unidad de esfuerzo pesquero”, -medida considerada como un indicador relevante del estado de los recursos-, está descendiendo en el Mediterráneo, tal como ha señalado el secretario ejecutivo de la Comisión General de Pesca del Mediterráneo (CGPM), organismo afiliado a la FAO.

En términos generales, podremos afirmar que el total de las capturas pesqueras que se realizan en el mar Mediterráneo, a

pesar de que a duras penas sobrepasa el 1,5 por 100 de las hechas en todo el mundo [91], eleva su valor económico hasta el 6 por 100 del total una vez en la plaza del mercado. La razón no es otra que la escasez de peces que se registra en sus aguas y por ello se desprende que el Mar Mediterráneo no satisface el consumo de la zona. Las causas del fenómeno se encuentran en las características geográficas de este mar, con estrechas plataformas continentales asomadas a abismos de más de 2.000 metros de profundidad.

Con relación al consumo de pescado, se estima que en la actualidad se alcanzan los siete millones y medio de toneladas anuales para una población del orden de 380 millones de habitantes [42]. Naturalmente, esta cantidad solo es satisfecha en una sexta parte por la producción del Mediterráneo, el resto proviene de otros lugares, principalmente del Océano Atlántico y la acuicultura. Durante los últimos lustros, se han registrado importantes incrementos en la cantidad de pescado para consumo humano procedente de la acuicultura. En 2020 la producción pesquera ascendió a unos 178 millones de toneladas, siendo la pesca de captura de unos 90,3 millones de toneladas y la producción de acuicultura de unos 87,5 millones de toneladas, representando ésta última un 49% del total. En lo referente al Mediterráneo las capturas totales han mantenido una tendencia bajista en los últimos años. Se considera que muchas de las poblaciones más comerciales están sobreexplotadas (52% de las especies) o en su límite de plena explotación [91].

El consumo de pescado per cápita a nivel mundial se situó en unos 9,9 kg en el decenio de 1960, pasando a ser de 20,2 kg en el año 2020.

Figura 2.3: Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura 2020

Fuente: [91].

En lo relativo a la composición de los recursos, en el Mediterráneo es destacable la importancia de las especies pelágicas, como el boquerón o la sardina, frente a la relativa escasez del conjunto demersal, entre los que destacan el salmonete, la boga y la merluza. En el grupo de los moluscos y crustáceos sobresalen el mejillón, la gamba y la cigala, entre otros.

En lo referente a los recursos naturales de la zona continental, al igual que ocurría con los de la zona marítima, no se dan excedentes sobre el consumo. La agricultura mediterránea, ligada desde siempre a las limitaciones del suelo y el agua, presenta características comunes, así como la existencia de productos específicos, como el aceite de oliva y el vino, como consecuencia de la necesaria explotación de árboles de raíces profundas, además de los cereales, los agrios y el ganado-lanar.

2.1.3 Población Mediterránea

El Mediterráneo, cuna del viejo mundo, ha sido asiento en sus márgenes de viejas civilizaciones. Cuando en el mundo griego se cortaron los vínculos rurales, la artesanía y el comercio permitieron que las poblaciones urbanas aumentaran, lo cual provocó una expansión y una colonización, y todo el Mediterráneo recibió la influencia de la vida urbana, apareciendo núcleos importantes en las riberas y puertos de las entonces rutas comerciales. Este movimiento migratorio del interior hacia los pueblos del mar y entre éstos a través de las rutas marítimas, se ha mantenido durante toda la historia documentada. Se estima que, en los tiempos del apogeo del imperio romano, la población ribereña ascendía a cincuenta millones de habitantes y del orden de sesenta millones en el Renacimiento. Como consecuencia de estos movimientos nacieron grandes ciudades, como Roma durante el Imperio, Constantinopla (Estambul), Venecia y Génova (ciudades estado del Renacimiento), Alejandría, Argel, Túnez, etc. Todas ellas generaban un volumen de demanda que agotaba sus recursos naturales y humanos. Como consecuencia de ello se favoreció el éxodo de población desde el interior a la costa, así como un intenso tráfico marítimo, manteniéndose todavía hoy, aunque a escala mucho mayor [42].

Ya en el S.XX y durante la década de los setenta, existió un éxodo muy notable de trabajadores mediterráneos hacia Europa, donde la demanda de activos humanos impulsó un intenso flujo migratorio que, por otro lado, ésta ha sido la característica común de la historia demográfica del Mediterráneo.

En los años ochenta, los 18 países que rodeaban el Mar Mediterráneo tenían una población total del orden de 340 millones de habitantes, cifra que se situó en los 512 millones

en el año 2018, y se espera que se alcancen los 694 millones en el año 2050 [120], de los cuales el 70% habitará en áreas urbanas. Este notable incremento de los primeros lustros del siglo XXI es debido a los movimientos migratorios que se están creando. En esta ocasión, los movimientos se dan en sentido Sur-Norte (del Norte de África hacia la Comunidad Europea) y Este-Oeste (antigua Europa del Este hacia la Europa Comunitaria).

Existen más de un centenar de ciudades ribereñas con población media alta que en ocasiones superan con creces los dos millones de habitantes, tales como Barcelona, Roma, Atenas, Pireo, Estambul, Esmirna, Alejandría, El Cairo y Argel. La población de las ciudades costeras del Mediterráneo se situará en torno a los 90 millones en el 2025, además de los 360 millones de turistas que visitaron estas áreas en el año 2017 y los 28 millones de cruceristas del año 2018 [120].

Sobre el perímetro Mediterráneo de 46.000 Km. de longitud, se está asistiendo a un fenómeno de colonización intensiva del litoral. Este espectacular crecimiento se ve reforzado por dos factores; el primero es la emigración a la que hemos hecho referencia y el segundo es de índole netamente estacional debido a la afluencia turística, a la que también nos hemos referido por su importancia.

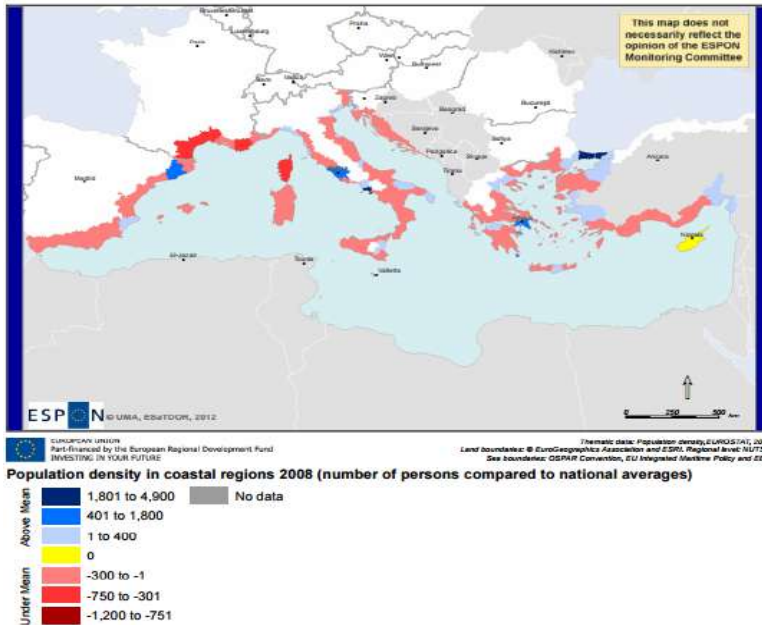
El hecho de asentamiento que se está produciendo sobre todo el Mediterráneo Occidental, se basa en un núcleo continuo de urbanización que se apoya en primer lugar en las ciudades, pueblos y aldeas del litoral, pero la tendencia de aprovechamiento de todas las playas produce un alargamiento de estos núcleos, que llegan con el tiempo a unirse unos municipios con los otros, dando como resultado una larga y estrecha ciudad

litoral, llamada por los planificadores urbanísticos “La Gran Ciudad Mediterránea”.

Esta “Gran Ciudad Mediterránea” abarca aproximadamente el 40% de la población litoral, alcanzando su cénit en la actualidad con la especulación urbanística de la costa en la zona Norte de la Cuenca Mediterránea, desde la desembocadura del Ebro hasta Roma, observándose concentraciones similares en el Adriático, el norte de África y en Próximo Oriente.

En los próximos años, las áreas costeras se continuarán desarrollando y saturando, construyéndose nuevos puertos, carreteras y aeropuertos. El déficit hídrico de la cuenca Mediterránea supera la media mundial, “la desalación está siendo desarrollada en un contexto de escasez de agua, lo que convierte al Mediterráneo en una de las regiones más decididas del mundo en la actividad de desalación” [120]. La demanda de agua continuará incrementándose, particularmente en las tierras del Sur y del Este de la cuenca. El agua tiene sus límites y la solución pasa por una adecuada gestión de los recursos, el ahorro y la estabilización de la demanda en torno a los niveles del año 2000. Los vertidos de las plantas desalinizadoras con elevada concentración en salmuera son perjudiciales ambientalmente, ya que aumentan la temperatura del agua, su turbidez, la salinidad e incluso tiene efectos en las corrientes.

En la figura 2.4 se puede apreciar la densidad de población que hay en las regiones costeras septentrionales del mar Mediterráneo en base a la media de las diferentes naciones. Esta información se puede poner en comparación con la densidad de población media de las diferentes zonas del litoral español (figura 2.5).

Figura 2.4: Densidad de población en las regiones del Mediterráneo.

Fuente: [43].

La ley 22/1988 de 28 de julio de 1988 de costas, publicada en el Boletín Oficial del Estado número 181, de 29 de julio de 1988, se refiere al litoral Mediterráneo Español como el conjunto de la franja litoral nacional de una anchura de cinco kilómetros, lo cual equivale al 7% de nuestro territorio. La población de las provincias mediterráneas, que a principios del pasado siglo era del orden del 12% de la población total, llegó a ser a principios de los años 90 alrededor del 35%, con una densidad cuatro veces superior a la media nacional. *“En 2009, más de 15 millones de españoles viven en la costa, lo que equivale al 32,7% de la población y ocupa el 6,7% del territorio nacional. Este hecho provoca una fuerte densificación del territorio en el litoral”* [111]. Este incremento porcentual se debe también a que seis de cada

diez inmigrantes que llegaron a España se concentran en las regiones mediterráneas. Estacionalmente, esta proporción llega a dispararse y situarse por encima del 80% en ciertas zonas, sobre todo en la costa debido a la población turística.

Figura 2.5: Densidad de población en los municipios costeros.2009



Fuente: [47].

El litoral Mediterráneo tiene unos 3.000 Km. de longitud, en el que hay 214 municipios mediterráneos. Todos estos municipios forman parte de un total de 12 provincias, las cuales acaparaban en el año 2009, como ya se ha comentado, el 32,7% de la población total de España, cuyo censo se ha situado en el año 2020 en 47,35 millones de habitantes según datos del INE.

Podemos considerar que la media nacional de crecimiento de la población se sitúa en las últimas décadas en torno al 1% anual. La población máxima de España, según el Instituto Nacional de Estadística (INE), se alcanzó en el año 2021 con 47.398.695 habitantes, siendo en enero del año 2011 de 46.736.257 habitantes. En el año 2009 el 77% de la población de España se concentraba en el 10% del territorio nacional. El grueso de

esta población se asienta en los municipios costeros y en el área metropolitana de Madrid [47].

De las 14 provincias que en el 2020 sobrepasaban el millón de habitantes, seis se corresponden con provincias mediterráneas, estando Barcelona (metropolitana) con 5,7 millones de habitantes y Valencia (metropolitana) con 2,6 millones de habitantes situadas entre las tres mayores. A este grupo le acompañan las provincias de Alicante, Málaga, Murcia y Baleares.

Además de lo ya expuesto, no debemos olvidar los importantes movimientos poblacionales generados por el turismo. En España, tal como indica el Instituto Nacional de Estadística, se recibieron en el 2019 unos 83,5 millones de turistas con un incremento del 1% respecto año anterior. En este periodo fue Cataluña con 19,4 millones, seguida de Baleares con 13,7 millones de turistas y Canarias con 13,1 las que recibieron mayor número de visitantes, seguidas de Andalucía y Valencia que respectivamente recibieron 12 y 9,6 millones de turistas.

Desde 1960, la tendencia dominante de los movimientos migratorios es la concentración de la población en la capital de la provincia, como consecuencia de los años de desarrollo. Este crecimiento de los núcleos urbanos en España tuvo una clara dirección desde el interior hacia la costa, salvo en el caso de Madrid, que se consolidó como centro de atracción de población.

Actualmente, la zona costera en su conjunto presenta un saldo positivo, es decir, sigue captando población especialmente procedente de la inmigración extranjera. Ello está motivado por los años de bonanza económica, si bien en las 12 provincias con litoral Mediterráneo hay algunas capitales de provincia que presentan un saldo deficitario, como el claro ejemplo de Cádiz,

que desde 1981 hasta los últimos datos del 2021 ha venido perdiendo población (del orden del 7,5% en los últimos 25 años); Granada que ya acumula más de 25 años de pérdida de habitantes, o Málaga, que lleva prácticamente 15 años estancada. Todos estos datos podrían explicar que las capitales andaluzas siguen manteniendo el carácter netamente emigrador. Desde otro punto de vista, Barcelona está en niveles de población similares a los que tuvo en la década de los sesenta, como consecuencia de que parte de los emigrantes han vuelto al lugar de origen, y por la marcha de parte de la población a empadronarse en municipios limítrofes de la metrópoli. En el siglo XXI la llegada de extranjeros a Barcelona está compensando a la salida de españoles.

2.2 Clima de la Región Mediterránea

Una de las características más notables del clima en la región mediterránea es su diversidad. Las costas septentrionales quedan definidas por un marcado carácter húmedo, mientras que las meridionales y las orientales se caracterizan por zonas desérticas con unos índices muy bajos de precipitaciones anuales. Así pues, se puede afirmar que el Mediterráneo es una zona de transición entre el clima templado y húmedo del centro y norte de Europa y la extrema aridez del Norte de África [102].

El Mediterráneo es el único mar que ha dado su nombre a un tipo de clima, perfectamente definido y caracterizado por veranos secos y cálidos e inviernos suaves y húmedos en la zona mediterránea europea. Respecto a las precipitaciones, es destacable la falta de regularidad y las marcadas diferencias de una región a otra. Mientras que en el Norte la media anual oscila entre los 400 y 1.500 milímetros, alcanzándose en ocasiones niveles dramáticos, en las regiones del Sur ni siquiera llegan a los 100 milímetros anuales. En la mayoría de las zonas mediterráneas

se registran los máximos valores de precipitaciones en otoño y primavera, pero en el Sur y en el Este sólo se produce una época de máximos que es al comienzo del invierno.

Como característica positiva del clima Mediterráneo debemos citar el elevado número de días de sol, que pueden oscilar en valores superiores a los 250 días anuales. Esta característica no sólo determina un comportamiento humano, sino que también condiciona la agricultura, favoreciendo la obtención de la cosecha de trigo en primavera y de vid y olivo en otoño. El factor más irregular que se deriva del clima Mediterráneo es el agua. El hombre mediterráneo ha debido luchar siempre contra la sequía o las inundaciones y hasta la fecha los progresos han sido lentos.

A modo de resumen sobre el clima Mediterráneo, *se define a la región mediterránea como aquella que queda comprendida entre los límites septentrionales del olivo y el de la palmera*, lo cual no sólo pone límites geográficos en base a un determinado tipo de vegetación, sino que hace claras referencias a la diversidad como elemento fundamental al hablar de la región mediterránea. [50].

La circulación atmosférica estival está dirigida por el anticiclón de las Azores, que asciende en latitud y se adentra en Europa Occidental, y por las bajas presiones que se originan en África Oriental y Asia Occidental como resultado del excesivo calentamiento de la superficie continental.

En la época invernal las bajas presiones de origen atlántico barren la cuenca de Oeste a Este. Así mismo, se generan fuertes vientos de componente continental que alcanzan la zona marítima, sobre todo si son canalizados por valles fluviales o cordilleras costeras. Los ejemplos más claros son el Mistral, la Tra-

montana del Golfo de León y el Bora del Adriático Norte, éstos tienen una gran importancia en la hidrología mediterránea, ya que son los generadores, entre otros, de fenómenos tales como el “up welling”, necesario para completar el ciclo trófico elevando los nutrientes del fondo del mar a niveles superficiales.

2.3 Movimientos Hidrográficos

Por su situación geográfica, la cuenca mediterránea, desde el punto de vista hidrológico, es una cuenca de concentración rodeada por masas continentales y con escasas vías de comunicación. Esto significa que el balance entre la evaporación y los aportes fluviales es negativo.

Naturalmente, este exceso de evaporación debería implicar una paulatina disminución del volumen de agua y un aumento progresivo de la densidad como consecuencia de una mayor salinidad. Sin embargo, esto no ocurre así, gracias al umbral que constituye el Estrecho de Gibraltar que comunica el Mediterráneo con el Atlántico. Procedente del Atlántico, se estima que penetran por la superficie aproximadamente $1.174.000 \text{ m}^3$ por segundo, mientras que salen por el fondo, a consecuencia de la mayor densidad alrededor del 95,3% de esa cantidad. La diferencia del 4,7% entre el flujo entrante y saliente se denomina flujo neto y equivale a 1.740 km^3 por año.

Por su parte, el Mar Negro, que al contrario que el Mediterráneo es una cuenca de dilución debido a los aportes del río Danubio y de los grandes ríos rusos, vierte al Mediterráneo una corriente superficial evaluada en unos 400 km^3 anuales, siendo el flujo neto anual a través del Bósforo de 189 km^3 .

Si sumamos ambos flujos netos obtenemos que el déficit total de agua de la Cuenca Mediterránea es de 1.929 Km^3 anuales,

lo cual equivale al agua que es evaporada anualmente, si bien hay que añadir los aportes fluviales y atmosféricos que por su menor entidad relativa se han despreciado. Teniendo en cuenta además que el Mar Mediterráneo recibe un total de 37.400 Km³ anuales procedentes del Atlántico y del Mar Negro, podemos prever el tiempo de renovación de las aguas mediterráneas en unos 100 años (para un volumen de 3.700.000 Km³) [102].

En cuanto a la circulación de las aguas, puede afirmarse que en las dos grandes cuencas mediterráneas (Cuenca Occidental y Oriental) existe una marcada circulación en sentido contrario a las manecillas del reloj. Ésta se debe a que la dinámica superficial está dirigida por la corriente atlántica que penetra en el Mediterráneo a través del Estrecho de Gibraltar y que, por efecto de la fuerza de Coriolis, se desplaza pegada a la costa africana siguiendo un rumbo inicial Este-Noreste.

Al salir del Mar de Alborán se generan dos grandes circuitos, uno en el Tirreno y otro en la Cuenca Ligúrico-Provenzal, mientras que la vena principal continúa hasta el Estrecho de Sicilia. Al franquearlo genera otros nuevos circuitos ciclónicos en el Jónico, Adriático, Egeo y Levantino, mientras que se producen corrientes de sentido anticiclónico en el gran entrante que deja la costa africana en Libia, en el Golfo de Sierre, también conocido como Golfo de Sidra [108].



❧ 3. EL TRASPORTE MARÍTIMO DE HIDRO-CARBUIOS EN EL MEDITERRÁNEO

3.1 Principales Puertos

En este apartado citaremos los países más importantes en el Mediterráneo que participan en la producción y trasiego del petróleo crudo y sus derivados. No se citarán puertos Mediterráneos que no intervienen en la manipulación de productos petrolíferos.

A título de introducción y como dato importante, se resalta que [13] los países más destacados en producción de petróleo crudo en la Cuenca mediterránea son: Argelia y Libia.

Como puertos de carga de petróleo crudo se citan los principales países que poseen dicho producto: Argelia, Libia, Líbano, Egipto y Turquía. Hay que tener presente que los puertos de carga no coinciden con los centros de producción, pues normalmente el petróleo crudo es enviado desde los puntos de extracción a los puertos de carga mediante oleoductos.

Los puertos de descarga de petróleo crudo son muchos y cada país tiene los suyos. Normalmente, dichos puertos poseen en sus inmediaciones la industria dedicada al refino y obtención de sus derivados (refinería de petróleo). En España la descarga del petróleo crudo a lo largo de la Cuenca Mediterránea se efectúa en los puertos de Algeciras, Escombreras (Cartagena), Castellón y Tarragona.

En el año 2020, el consumo de algunos productos petrolíferos llegó a los niveles de 1987 debido a la crisis motivada por el COVID19 [20]. En la última década se ha acumulado en España un descenso en el consumo de productos petrolíferos del 27%, totalizándose 48,72 millones de toneladas consumidas en el año 2020. La producción del conjunto de refinerías españolas fue de un total de 55,08 millones de toneladas de productos refinados del crudo. En el año 2020 se interrumpe la escalada en el consumo de productos petrolíferos, la cual arrastraba unos ocho años por encima de los 60 millones de toneladas, acumulando una disminución del 18% respecto al máximo de 67,87 millones de toneladas del año 2018 [21].

De los cinco principales puertos petroleros europeos que se encuentran en el Mediterráneo, cuatro se localizan en Italia con una cantidad total de crudo importado de 90 millones de toneladas anuales (ver tabla 3.1). Una situación que confirma el potencial riesgo que viven nuestras costas.

Con relación a las exportaciones de crudo, Argelia ocupa el decimoséptimo puesto en el ranking mundial por reservas, alcanzando unas exportaciones de aproximadamente 1.134 millones de barriles de crudo diarios. [13]. Entre los principales puertos argelinos que podríamos mencionar destacan, Arcew, Bejaia, Oran, Ghazaouet, Annaba y Skikda.

Libia ocupa un destacado papel en el concierto internacional de los hidrocarburos, ocupando el puesto noveno en el ranking mundial por reservas de crudo, pero debido a la inestabilidad política ocupa un puesto fluctuante en exportaciones en torno al décimo cuarto, con una cantidad en el año 2021 de 1.238 millones de barriles diarios. Los puertos más destacables de Libia en el tráfico de hidrocarburos son Marsa el Brega, Es Sider, Tobruk y Ras Lanuf..

En relación con los puertos europeos que mueven mayor cantidad anual de petróleo, el puerto de Marsella se situó por encima de los 41 millones de toneladas en el año 2021. Como orden de magnitud, en la tabla 3.1, se muestran los volúmenes de los 5 principales puertos, de los cuales cuatro son italianos.

Tabla 3.1: Principales Puertos Petroleros Europeos en el Mediterráneo.

País	Puerto	Cantidad Importada
Francia	Marsella	41.000.000 t/año
Italia	Triste	34.000.000 t/año
Italia	Genova-Savona	23.000.000 t/año
Italia	Augusta	20.000.000 t/año
Italia	Cagliari-Sarroch	13.000.000 t/año

Fuente: [44].

3.2 Principales Rutas de Navegación

La ruta principal es la que divide el Mediterráneo en dos partes, una la que afecta a la parte europea y la otra a la costa africana. Esta ruta parte desde el Estrecho de Gibraltar, pasando frente a las costas de Argelia y Túnez, para atravesar el Canal de Sicilia, siguiendo luego frente a la isla de Creta y después busca la costa egipcia para alcanzar el Canal de Suez. Otro ramal, tras pasar el canal de Sicilia se dirige a la cuenca del Egeo y el mar Negro a través del Bósforo.

De la ruta principal parten distintas rutas afluentes que van a los diferentes puertos, tanto de carga como de descarga de petróleo crudo.

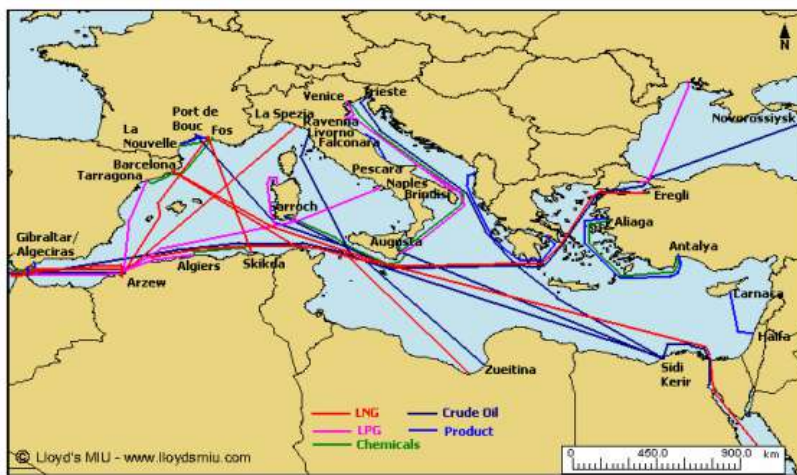
Además de las rutas descritas, están las rutas que van a los puertos de consumo de productos elaborados, como son las gasolineras, gas-oil, fuel-oil, etc. Estas rutas, aunque se pueden consi-

derar auxiliares, tienen una importancia relevante y existen en un elevado número.

Las principales rutas de navegación a nivel mundial para el transporte de hidrocarburos parten del área del Golfo Pérsico subdividiéndose en tres rutas principales, las que se dirigen hacia el Este a través del océano Índico y el estrecho de Malaca, las que se dirigen hacia el Suroeste doblando el cabo de Buena Esperanza y las que se dirigen al Oeste para alcanzar el Mediterráneo a través Canal de Suez navegando por el Mar Rojo.

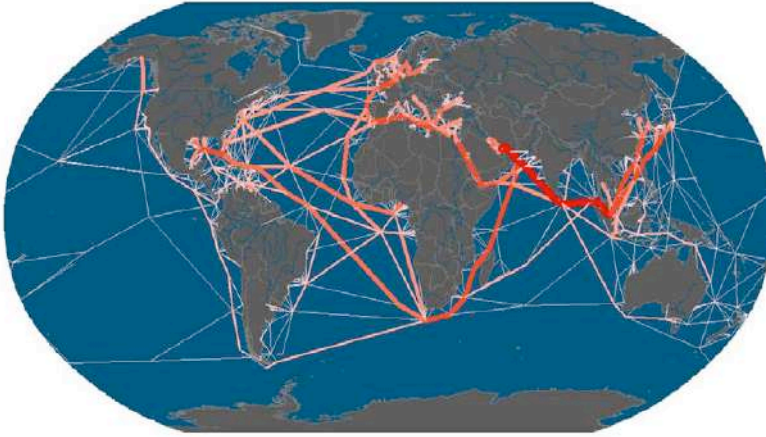
También son muy importantes las rutas que conectan la costa del Golfo de Guinea y el Golfo de Méjico con los puertos importadores.

Figura 3.1: Principales rutas de los buques tanque en el Mediterráneo



Fuente: www.lloydsniu.com.

Figura 3.2: Principales rutas de transporte de hidrocarburos.



Fuente: [86].

3.3 Antigüedad de los Buques.

El convenio MARPOL 73/78 Anexo I ha sido enmendado por última vez mediante la resolución MEPC 314(74) de la sesión del 17 de mayo del año 2019, la cual entró en vigor el día 1 de octubre del año 2020. El Convenio MARPOL distingue en su articulado a los *buques petroleros* en base a su fecha de entrega [16], [66], como se indica a continuación:

- Buque entregado a más tardar el 31 de diciembre de 1979.
- Buque entregado después del 31 de diciembre de 1979.
- Petrolero entregado a más tardar el 1 de junio de 1982.
- Petrolero entregado después del 1 de junio de 1982.
- Petrolero entregado antes del 6 de julio de 1996.
- Petrolero entregado el 6 de julio de 1996 o posteriormente.

- Petrolero entregado el 1 de febrero de 2002 o posteriormente.
- Petrolero entregado el 1 de enero de 2010 o posteriormente.
- Buque entregado el 1 de agosto de 2010 o posteriormente.

Estos periodos máximos vienen determinados por la fecha de su contratación, puesta de quilla, entrega o importante transformación.

Tal como indica la Regla 2 (Ámbito de aplicación) del Anexo I -Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos-, las disposiciones del presente Anexo se aplicarán a todos los buques menos a los que se prescriba expresamente otra cosa.

La Regla 18 en su punto 3º indica expresamente que no se transportará nunca agua de lastre en los tanques de carga, excepto en aquellos viajes en que las condiciones meteorológicas sean tan adversas que, en opinión del capitán, se necesite cargar lastre adicional en los tanques de carga para mantener la seguridad del buque.

A partir de este instante comienzan las dificultades, ya que al llenar un tanque de carga con agua ésta no será considerada como lastre limpio, a menos que previamente se haya enjuagado el tanque conforme a la regla 35, lo cual es requisito indispensable para obtener esta calificación. Así pues, estos lastres serán considerados como sucios al haberse cargado en tanques de carga y se deberá proceder a su descarga en las instalaciones adecuadas, tal como indica el Convenio.

La Regla 19 -Prescripciones relativas al doble casco y al doble fondo aplicables a los petroleros entregados el 6 de julio de

1996 o posteriormente-, indica que se aplicará a todo petrolero de peso muerto igual o superior a 5.000 toneladas y a los petroleros de peso muerto igual o superior a 600 toneladas, pero inferiores a 5.000 toneladas, con capacidad de tanque limitada a 700 m³ entregados el 6 de julio de 1996 o posteriormente, del siguiente modo:

“Los tanques de carga estarán protegidos en toda su longitud por tanques de lastre o espacios que no sean tanques destinados al transporte de hidrocarburos como se indica a continuación...”

La Regla 20 -Prescripciones relativas al doble casco y al doble fondo, aplicables a los petroleros entregados antes del 6 de julio de 1996- salvo disposición expresa en otro sentido, indica que, tal como se evidencia en las reglas 19 y 20, así como en la filosofía general del Convenio, éste trata de implantar unas medidas de seguridad a los buques para evitar la contaminación por hidrocarburos, salvaguardando los conflictos que hay entre la edad de los buques y los avances tecnológicos y normativos [74], [42].

3.4 Tipos de Mercancías y Buques

Tratar del tipo de mercancía que se transporta a través de todas las vías mundiales de navegación es un tema muy amplio. Por este motivo se va a intentar simplificar, analizándose en los diferentes grupos que tienen características similares. De esta forma se obtiene:

- A) Mercancías sólidas que se transportan a granel, como son (trigo, maíz, etc.) minerales (pirita, clinker, etc.), combustibles sólidos (carbón, etc.). Los graneles son transportados en los siguientes tipos de buques:

Bulk Carriers. (Graneleros)

Mineraleros

OBOs (Ore / Bulk / Oil)

Cementeros.

B) Mercancías líquidas que se transportan a granel, como son el petróleo y sus derivados, productos químicos y gases licuados. Estos tres grupos, por su importancia, son los más representativos de este tipo de mercancías. Las mercancías líquidas son transportadas en los siguientes tipos de buques:

Petroleros.

De producto (para gasolina, gasóleos y derivados).

De crudo:

- LCC: Large Crude Carrier con una capacidad DWT entre 80 y 200 mil T.
- VLCC: Very Large Crude Carrier con una capacidad DWT entre 200 y 320 mil T.
- ULCC: Ultra Large Crude Carrier con una capacidad DWT superior a las 320 mil T.

De asfalto y fuel-oil.

Quimiqueros. (Chemical Tankers)

LNG (Liquid Natural Gas).

LPG (Liquefied Petrol Gas).

Pontones.

Gabarras.

C) Mercancía General. Este grupo se subdivide básicamente en dos subgrupos, la mercancía transportada en convencional y la transportada en contenedores, siendo esta última la que desde 1956, fecha en que apareció el primer contenedor, no ha dejado de incrementarse y avanzar. Las mercancías son transportadas en los siguientes tipos de buques:

Portacontenedores.

De Carga General.

Con ánimo de centrarnos en el transporte de mercancías peligrosas, se indicará que para realizar el tráfico de estas mercancías con las debidas garantías y bajo el impulso de la ONU, a través de la IMO (International Maritime Organization) y con la colaboración de los gobiernos de la mayoría de las naciones y de las principales organizaciones internacionales de transportistas y usuarios, se ha ido desarrollando en los estados firmantes, y en España en particular, un marco jurídico constituido por los siguientes reglamentos y convenios:

- Regulación Nacional Española.

Al transporte de mercancías peligrosas por mar se le aplica:

El Código Marítimo Internacional de Transporte de Mercancías Peligrosas (Código IMDG), según Orden Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de 21 de diciembre de 2005 (BOE 304 de 21/12/05) adoptado el 16 de mayo de 2008. Enmiendas posteriores al Código IMDG han sido publicadas en el «Boletín Oficial del Estado» número 279, el 18 de noviembre de 2010, y posteriormente se elaboraron nuevas enmiendas al Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG), las más recientes las enmiendas del 2020 adoptadas en Londres el 11 de noviembre de 2020 mediante la Resolución MSC.477(102) y publicadas en el «Boletín Oficial del Estado» número 150, el 24 de junio de 2022 [29].

La última revisión al código IMDG es la número 39-18, elaborada por la IMO en el año 2018 y entrando en vigor en 1 de

enero del año 2020 resolución 442(99) y publicada en el BOE núm. 337 de fecha 26 de diciembre 2020, con validez hasta mediados del 2022 cuando se solapará con las enmiendas de la nueva revisión, la número 40-20.

- Regulación Internacional.

1. Recomendaciones del Comité de Expertos de la ONU sobre transporte de mercancías peligrosas de 26 de abril de 1957 en cumplimiento de la resolución 645 G (XXIII) y modificaciones posteriores, entre las que destacan:

En el periodo de sesiones del 2 a 10 de diciembre de 1996, el Comité aprobó una primera versión de la “Reglamentación Modelo para el Transporte de Mercancías Peligrosas”, que se adjuntó como anexo a la décima edición revisada de las recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas.

2. Código Internacional para el Transporte de Mercancías Peligrosas por vía Marítima (IMDG). En cumplimiento de la Recomendación 56 de la Conferencia, el Comité de Seguridad Marítima (MSC) de la OMI, a través de un grupo de trabajo que se constituyó con expertos, elaboró el nuevo Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (Código IMDG), que fue aprobado por el MSC y la Asamblea de la OMI y recomendó a los Gobiernos que lo adoptasen en 1965.

El código IMDG se actualiza cada dos años. La versión actual es la 40/2022. El cumplimiento obligatorio por años de las distintas versiones del Código en la presente década se resume en:
Año 2012 IMDG 2010

Año 2013 IMDG 2010 e IMDG 2012

Año 2014 IMDG 2012

Año 2015 IMDG 2012 e IMDG 2014

Año 2016 IMDG 2014
 Año 2017 IMDG 2014 e IMDG 2016
 Año 2018 IMDG 2016
 Año 2019 IMDG 2016 e IMDG 2018
 Año 2020 IMDG 2018
 Año 2021 IMDG 2018 e IMDG 2020
 Año 2022 IMDG 2020
 Año 2023 IMDG 2020 e IMDG 2022

3. Reglamento de seguridad de la vida humana en la mar (conocido internacionalmente como SOLAS) de 1974/78 y que en España fue publicado en el BOE de 16/06/80. Desde esa fecha, las revisiones y enmiendas del capítulo VII-“El transporte de mercancías peligrosas” al Reglamento SOLAS 74/78 adoptadas por el MSC, entraron en vigor en los años: 1986, 1992, 1994, 1996, 2001, 2004, 2014 2018 [30].

Aspectos relevantes del Código IMDG:

- Clasifica las mercancías peligrosas en diez clases (BOE núm. 100 de 25/04/2018). Aunque en principio fue creado para el transporte marítimo, actualmente se ha generalizado para todos los modos de transporte, incluyendo las especificaciones propias de cada uno de ellos:

Clase 1: Explosivos.

Clase 2: Gases.

Clase 3: Líquidos inflamables.

Clase 4: Sólidos inflamables, sustancias que pueden experimentar combustión espontánea y sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.

Clase 5: Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos.

Clase 6: Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas.

Clase 7: Materiales radiactivos.

Clase 8: Sustancias corrosivas.

Clase 9: Sustancias y objetos peligrosos varios (clase 9) y sustancias peligrosas para el medio ambiente.

Clase 10: Contaminantes del mar.

- La adscripción a cada mercancía consta de un número de 4 cifras, llamado número ONU, que la identifica con carácter exclusivo.
- Normas de envase y embalaje que permiten preparar el transporte con plenas garantías.
- Normas de segregación y estiba, así como las incompatibilidades entre productos y las distancias de seguridad entre ellos.
- Características que han de tener los vehículos.
- Normas de etiquetado.
- Datos que deben incluirse en los documentos de transporte. Especialmente es relevante la llamada “Declaración del cargador”, que indica las principales características del producto, sus riesgos y forma de combatirlos y su preparación para su transporte.
- Normas sobre carga y descarga, transporte de envases vacíos, etc.
- Las mercancías peligrosas han de ser manipuladas en presencia y bajo la supervisión de una persona titulada y conocedora de la peligrosidad de los productos y de los medios de combate de sus riesgos. Esta persona se

responsabilizará personalmente de todas las operaciones y estará siempre localizable durante todo el transporte para solucionar cualquier emergencia.

El Código de Mercancías Peligrosas de la Organización Marítima Internacional (IMDG), enumera más de 3.000 sustancias potencialmente peligrosas, distribuidas en los diez grupos indicados.

En la actualidad, más de la mitad de las mercancías que se transportan por mar son consideradas por la OMI como peligrosas, debido al gran tamaño del lote o a las condiciones de su transporte. El transporte, almacenamiento y manipulación de las mercancías en la mar está regulado en buena parte por convenios y medidas adoptadas por la OMI en las últimas décadas, dada la concienciación reinante para preservar la sostenibilidad de nuestros mares y océanos.



⊗ 4. LA CONTAMINACIÓN MARINA Y SU PREVENCIÓN

4.1 La Contaminación Marina

En la III Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982, el Presidente de la citada convención de la ONU la calificó como “una constitución para los océanos”. En dicha Convención se dio la definición de contaminación del medio marino, la cual partió de la propuesta recogida anteriormente por el grupo de expertos de la ONU sobre aspectos científicos de la contaminación marina diciendo lo siguiente: “Es la introducción por el hombre, directa o indirectamente de sustancias o energías en el medio marino incluidos los estuarios, que produzca o pueda producir efectos nocivos, tales como daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización a las actividades marítimas, incluidas la pesca y otros usos legítimos del mar, deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y menoscabo de los lugares de esparcimiento” [35].

La definición anterior fue preparada por Gesamp (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano en 1971 y recogida en varios convenios internacionales (como el Convenio de Barcelona de 1976), y establece dos condiciones para que una situación determinada pueda ser calificada como contaminación. Por un lado, los efectos producidos deben ser nocivos o perjudiciales, pero queda abierta con la inclusión en la definición de la expresión “tal como” previo al listado de posibles efectos. Por otra parte, es necesaria la in-

tervención humana a la hora de la introducción de sustancias y/o energías.

Así pues, no puede considerarse contaminación la existencia en la mar de hidrocarburos de origen biogénico o procedente de filtraciones naturales que, a pesar de no diferenciarse de los de carácter antropogénico, no cumplen con el segundo de los requisitos citados, es decir, no han sido introducidos por el hombre, aunque sí conservan todos sus efectos.

En 1969, el Consejo General de Pesca del Mediterráneo (CGPM) de la FAO creó un equipo de trabajo sobre la contaminación marina que, en colaboración con la Comisión Internacional para la Explotación Científica del Mediterráneo, realizó en 1972 el primer estudio global de la contaminación marina de la zona, que se denominó “Estado de la contaminación marina en el Mar Mediterráneo y controles legislativos”, el cual se aprobó en la XI sesión del GCPM en Roma en septiembre de 1972.

Una de las conclusiones del citado estudio fue que, si bien es sencillo determinar la contribución a la contaminación que hacen las aguas residuales domésticas y los residuos industriales líquidos, no lo es tanto determinar la cantidad de contaminantes que llevan los ríos o que se introducen con la lluvia. Esta determinación constituyó el objetivo de uno de los programas (MED X) acometidos por el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, como complemento al Plan de Acción para el Mediterráneo de 1975 y con la colaboración de seis organismos de las Naciones Unidas. Gracias a él se consiguió hacer un cálculo bien fundado de la carga total de contaminación. [42].

Actualmente, el Plan de Acción para el Mediterráneo lo desarrollan los 21 estados ribereños actuales (España, Francia, Mónaco, Italia, Malta, Eslovenia, Croacia, Montenegro, Albania,

Grecia, Turquía, Chipre, Siria, Líbano, Israel, Autoridad Palestina, Egipto, Libia, Túnez, Argelia, Marruecos) y la Unión Europea, con el fin de afrontar los retos de la sostenibilidad ambiental en el mar, las zonas costeras y el interior del territorio, y unir el desarrollo con la gestión sostenible de los recursos.

4.2 Contaminación por Hidrocarburos

4.2.1 Definición y Alcance

El principal problema ambiental del Mediterráneo lo constituye la contaminación de sus aguas costeras desde fuentes terrestres. Ello se debe a la escasez generalizada de instalaciones adecuadas de tratamiento y eliminación de residuos domésticos industriales. Sirva como dato que del orden del 90% de las aguas residuales que llegan al Mediterráneo no están tratadas o lo están inadecuadamente. Con este comentario se quiere resaltar que la contaminación procedente de los buques y de la actividad marítima puede ser más visible o aparatosa, pero ésta en ningún caso es la más relevante.

Figura 4.1: Focos de contaminación y alteración física del Mediterráneo



Fuente: [104].

En 1969, el CGPM de la FAO, en colaboración con la CIECM (Comisión Internacional para la Exploración Científica del Mediterráneo), constituyó un grupo de trabajo que elaboró en 1972 un informe considerado como el primer estudio completo sobre la contaminación del Mediterráneo. El segundo paso importante fue la Reunión Internacional de Trabajo sobre la Contaminación Marina en el Mediterráneo, celebrada en Mónaco en septiembre de 1974 y convocada por la COI (Comisión Oceanográfica Internacional), el CGPM y la CIECM, con la ayuda financiera del PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). En la reunión se propuso un programa de investigación y vigilancia de la contaminación del mar en el Mediterráneo. Su principal conclusión fue que el problema ambiental más serio del mar Mediterráneo lo constituye la contaminación de las aguas costeras desde fuentes terrestres, y lo atribuían a la ausencia generalizada de instalaciones adecuadas de tratamiento y eliminación de residuos domésticos e industriales. Las conclusiones de la reunión fueron muy interesantes, ya que hasta entonces se consideraba que el principal problema, quizás por ser el más visible, era el de la contaminación procedente de los buques.

Las principales fuentes de contaminación petrolífera del Mediterráneo por orden de importancia eran las siguientes [72]:

- Operaciones de lastre y deslastre de petroleros.
- Achique de sentinas.
- Lavado de tanques.
- Afluentes de refinerías.
- Lubricantes y otros aceites desechados.

- Accidentes marítimos. La incidencia anual total es reducida pero cada incidente puede crear un problema local importante.
- Exploración y explotación de la plataforma continental.
- Accidentes en refinerías, oleoductos y terminales.
- Filtraciones naturales.
- Precipitaciones atmosféricas.

Según el mismo autor, la presencia de hidrocarburos en el Mediterráneo se debe en partes iguales a las operaciones marinas y a los vertidos de fuentes terrestres. Sin embargo, es importante destacar que la cantidad de hidrocarburos que llegan al medio marino por diversas causas es de 3,2 millones de toneladas al año, 1,47 de las cuales son atribuibles a las actividades del transporte, explotación y producción del crudo, lo cual puede considerarse como una cantidad pequeña si tenemos en cuenta que la producción mundial en esos momentos era del orden de 3.000 millones de toneladas, la mitad de las cuales se transporta por mar. A modo comparativo y para tener un orden de magnitud, la producción anual de petróleo crudo, en el primer cuatrimestre del 2016, fue del orden de unos 4.800 millones de toneladas [24].

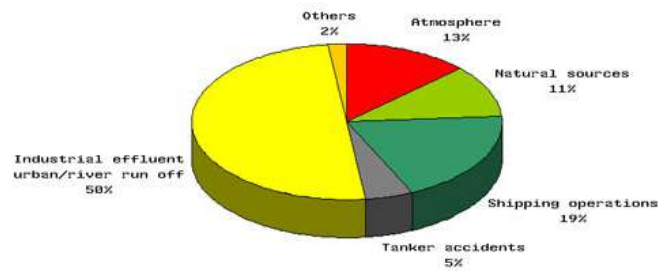
Globalmente, con los datos evidenciados, se puede resumir que la cifra global de petróleo que llega al mar cada año es de unos 3 millones de toneladas métricas (rango posible entre 1,7 y 8,8 millones de toneladas). Por lo tanto, la procedencia de este petróleo vertido al mar sería del siguiente orden [5]:

Tabla 4.1: Procedencia de los hidrocarburos vertidos al mar

Por causas naturales	10%
Desde tierra	64% (de ellas de un 15% a un 30% por aire)
Por funcionamiento de petroleros	7%
Por accidentes	5%
Por explotaciones petróleo en mar	2%
Por otros buques	12%

Fuente: [5]

Figura 4.2: Impacto del petróleo y derivados en el entorno marino



Fuente: [12].

En la tabla número 4.1 se muestra que el 19% de los vertidos por hidrocarburos proceden de buques (7% por funcionamiento de petroleros y 12% por otros buques) y el 5% de los vertidos proceden de accidentes, al igual que en el estudio de la figura 4.2. basado en el informe 50 de 1993 del Programa de medio Ambiente de la ONU.

Como se ve en los estudios referenciados en este trabajo, se muestran valores muy próximos, aun cuando distan algunos años entre ellos, por lo que se evidencia la similitud del orden de magnitud que se está tratando, teniendo en consideración la complejidad que tiene la cuantificación en estos estudios.

Independientemente del origen de los hidrocarburos, los datos disponibles ponen de manifiesto una realidad irrefutable: El Mar Mediterráneo es la zona más contaminada del mundo por petróleo, siendo los vertidos a nivel mundial alrededor de 3 a 6 veces mayores a los que entran en el Mediterráneo [5]. Por otro lado, la superficie del Mediterráneo es aproximadamente el 1% de la de todos los océanos, pero por sus rutas comerciales circula cerca del 30% del tráfico mundial de crudo [104].

El impacto de la entrada de crudo en las aguas del Mediterráneo es tal que, debido a la topografía y a las condiciones de las corrientes marinas, el petróleo que llega tiene muy pocas posibilidades de abandonar este mar. En general, no existe una zona especialmente afectada en el Mediterráneo, si bien existen motivos de preocupación en lo que se refiere al Mediterráneo Septentrional (Cuenca Ligúrico-Provenzal, Adriático Superior y Egeo), ya que se considera como el pulmón del Mediterráneo. Debe prestarse especial atención al Mediterráneo Oriental, ya que sólo contiene una cuarta parte de los nutrientes y una proporción menor de oxígeno.

Un petrolero que transporte unas 150.000 toneladas de crudo pesado puede generar unas 800 toneladas de residuos procedentes de los lodos que quedan en sus bodegas. Por otra parte, si utiliza agua para lavar sus tanques se originan otros 6.000 metros cúbicos de aguas contaminadas. A ellas hay que añadir los residuos resultantes del uso de aceites en los motores o el consumo de combustible. Con lo cual, la suma total puede llegar a ser de más de 10.000 metros cúbicos de residuos de hidrocarburos por petrolero, los cuales habrá que descargarlos en las instalaciones de tierra en cumplimiento de la normativa MARPOL conforme a lo indicado en el punto 3.3 de este trabajo. No es menos cierto que para evitar costos de explotación los buques más antiguos podrían tratar de infringir la normativa vigente.

También se puede reseñar que el mar Mediterráneo es el mar más contaminado por vertidos de hidrocarburos, pudiendo éstos llegar a ser de unas 400.000 – 650.000 toneladas al año [88].

Según el informe de Oceana, se estaban produciendo en los mares y océanos unos 300 incidentes en buques petroleros, provocando el vertido de entre 240.000 y 960.000 toneladas de hidrocarburos [87]. Estos datos del último informe específico de Oceana, han sido notablemente mejorados en los últimos lustros. En el año 2021, tan solo se produjeron desde buques tanque un derrame superior a 700 Tn y cinco derrames medios de entre 7 y 700 toneladas, sumando un total de 10.000 toneladas derramadas. Estas cifras superan levemente las del año 2020 cuando solo hubo cuatro incidentes con derrames superiores a siete toneladas [52]. La situación actual es casi veinticuatro veces menor que cuando la organización Oceana hizo su último informe alertando de los riesgos de los derrames.

Dentro de la Unión Europea, los países del sur de Europa son los que disponen de menos medios para la lucha contra la contaminación y para la vigilancia de los buques que navegan por sus aguas. El lugar donde los petroleros pueden descargar ilegalmente sus residuos antes de llegar a la zona de carga es el Mar Mediterráneo. Cada año se detectan unos 3.000 vertidos ilegales de petróleo a los mares de Europa [87], de los que casi el 50% se producen en el Mediterráneo. La falta de vigilancia o la relajación de ésta en algunos de los países costeros y/o la falta de medios para la persecución de los infractores, hacen que este mar se pueda convertir en un vertedero.

El tráfico marítimo en aguas de la Unión Europea genera cada año más de 20 millones de metros cúbicos de residuos de petróleo y otros hidrocarburos. Estos son el resultado del tránsito

de miles de buques y del transporte de más de 500 millones de toneladas de crudo y otros cerca de 300 millones de productos refinados, como fuel, gasóleo, gasolina, etc.

De todas formas, aun siendo graves los derrames producidos por los petroleros accidentados, sólo representan un 14% de los vertidos de hidrocarburos desde los buques. El resto proviene de operaciones ilegales y rutinarias de ellos.

Los vertidos de hidrocarburos al mar genera un fuerte impacto en la opinión pública y en las distintas administraciones, poniendo en evidencia el importantísimo perjuicio ambiental que han provocado los accidentes de petroleros, como por ejemplo, el Prestige, Erika, Aegean Sea, Braer, Betelgeuse, Sea Empress, Amoco Cádiz, Torrey Canyon, Urquiola, etc..

Posiblemente, el hito más importante para tratar de minimizar el problema de la contaminación de los mares fue la entrada en vigor del Convenio MARPOL 73/78. Hasta entonces estaba permitida la descarga de hidrocarburos a una determinada distancia de la costa, sin distinguir ningún tipo de mares, en virtud del convenio OILPOL. Posteriormente, se implantó el sistema Load on Top (LOT), el cual consistía básicamente en efectuar la carga siguiente sobre los residuos de la carga anterior, evitando así la descarga de residuos.

Posteriormente, de acuerdo con lo dispuesto en el Convenio MARPOL 73/78, se establece que solamente podrán descargarse al mar los lastres limpios y/o segregados.

Lastre limpio es aquel que no deja trazas en el agua o que, descargado a través de un oleómetro, éste indica que no contiene contaminantes en una proporción superior a 15 ppm (la abreviatura ppm es parte por millón y determina el contenido de

hidrocarburos en la descarga por cada millón de partes de una mezcla, siendo por tanto una expresión del grado de concentración de mezclas líquidas).

Lastre segregado es aquel que ha sido cargado en un tanque completamente separado del sistema de carga, con su sistema de tuberías o bombas independiente y exclusivo para el servicio de lastre. El Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques (BWM, 2004), entró en vigor el 08 septiembre del 2017 [64].

Conforme a la Regla 10 punto 7 del convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques 1973 [53], [66] *“Los Gobiernos de las Partes que sean ribereñas de una zona especial determinada (Zonas del mar Mediterráneo, del mar Negro y del mar Báltico), se comprometen a garantizar que para el 1 de enero de 1977 a más tardar, todos los terminales de carga de hidrocarburos y puertos de reparación de la zona especial cuenten con instalaciones y servicios adecuados para la recepción y tratamiento de todos los lastres contaminados y aguas de lavado de tanques de los petroleros. Además, se dotarán a todos los puertos de la zona especial de instalaciones y servicios adecuados de recepción de otros residuos y mezclas oleosas procedentes de todos los buques. Estas instalaciones tendrán capacidad adecuada para que los buques que las utilicen no tengan que sufrir demoras innecesarias”*. Esta normativa, en su momento, fue extraordinariamente novedosa y, del mismo modo, ha sido clave en la limitación de los vertidos al mar desde los buques.

La legislación referente a la recepción de lastres en los puertos españoles la tenemos contemplada en:

- Anexo I del MARPOL 73/78 Reglas para Prevenir la Contaminación por Hidrocarburos, Resolución MEPC.216

(63), adoptada el 29 de octubre de 2013 (enmiendas al Anexo del Protocolo de 1978 relativo al Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973) [31], [64].

- Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante enmendada por la Ley 62/1997, la Ley 48/2003 y la Ley 33/2010 en su redacción del texto refundido mediante Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre. BOE 253 de 20-10-2011. [34], [36], [37], [38].

Por lo que se refiere a la descarga de aguas de sentinas en las zonas consideradas especiales (el mar Mediterráneo, el mar Báltico, el mar Negro, el mar Rojo, “la zona de los Golfos”, el golfo de Adén, la zona del Antártico y las aguas noroccidentales de Europa), el Anexo I del Convenio MARPOL establece:

- Estará prohibida toda descarga en el mar de hidrocarburos o mezclas oleosas desde petroleros y desde buques no petroleros cuyo arqueo bruto sea igual o superior a 400 toneladas, mientras se encuentren en una zona especial. Con respecto a la zona del Antártico, estará prohibida toda descarga en el mar de hidrocarburos o mezclas oleosas procedentes de cualquier buque.*
- Estará prohibida toda descarga en el mar de hidrocarburos o de mezclas oleosas desde buques no petroleros de arqueo bruto inferior a 400 toneladas, mientras se encuentren en una zona especial, salvo cuando el contenido de hidrocarburos del efluente sin dilución no exceda de 15 partes por millón (ppm).*
- Las disposiciones de los párrafos a) y b) no se aplicarán a la descarga de agua de sentina tratada proveniente de los espacios de máquinas, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:*

1. *Que el agua de sentina no provenga de sentinas de cámara de bombas de carga.*
 2. *Que el agua de sentina no esté mezclada con residuos de carga de hidrocarburos.*
 3. *Que el buque esté en ruta.*
 4. *Que el contenido de hidrocarburos del efluente sin dilución no exceda de 15 partes por millón.*
 5. *Que el buque tenga en funcionamiento un equipo filtrador de hidrocarburos que cumpla con lo dispuesto en la regla 16) 5) del presente anexo.*
 6. *Que el sistema de filtración esté equipado con un dispositivo de detención que garantice que la descarga se detenga automáticamente cuando el contenido de hidrocarburos del efluente exceda de 15 partes por millón.*
- d) *Siempre que se observen rastros visibles de hidrocarburos sobre la superficie del agua o por debajo de ella en las proximidades de un buque o de su estela, los Gobiernos de las Partes en el Convenio investigarán inmediatamente, en la medida en que puedan hacerlo razonablemente, los hechos que permitan aclarar si hubo o no transgresión de las disposiciones de esta regla o de la regla 9 de este anexo. En la investigación se comprobarán, en particular, las condiciones de viento y de mar, la derrota y velocidad del buque y otras posibles fuentes de los rastros visibles en esos parajes, además de todos los registros pertinentes de descarga de hidrocarburos [62], [63].*

La problemática de las basuras y restos alimenticios se solventa en el Anexo V del Convenio MARPOL 73/78 [62] [63] de un modo sostenible. Se determina que todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas y todo buque que esté autorizado a transportar 15 personas o más, tendrán un plan de gestión de basuras que la tripulación deberá cumplir. Se desig-

nará en el mencionado Plan a la persona encargada de su cumplimiento. Dicho plan se ajustará a las directrices que elabore la Organización y estará escrito en el idioma de trabajo de la tripulación. Estos buques llevarán un Libro registro de basuras. Este Libro, sea o no parte del diario oficial de navegación, se ajustará al modelo especificado en el apéndice del Anexo V.

El artículo 63, Recepción de desechos y residuos procedentes de buques, de la ley 02/2011 [38], especifica el proceder de los buques y Autoridades respecto a la retirada de desechos, tanto líquidos como sólidos. Así mismo, concreta la obligatoriedad de entregar los residuos de los buques en las escalas en puertos españoles, con determinadas excepciones.

En España, el reconocimiento de la falta de salud ecológica del Mediterráneo se hizo oficial en la exposición de motivos de la Ley de Costas, Ley 22/1988, donde se reconoció explícitamente que *“España es uno de los países del mundo donde la costa está más gravemente amenazada en el aspecto de conservación del medio”* [32]. La idea de que el mar es un vertedero sigue siendo común, si bien la tendencia se está invirtiendo en los últimos lustros con la sensación de que estamos ante la posibilidad de recuperarlo. Esta concienciación se pone de manifiesto en el preámbulo de la Ley 2/2013 de 29 de mayo, de protección y de uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas cuando indica: *“la protección de la costa española constituye un deber inexcusable para los poderes públicos, y también para los ciudadanos”* [33].

En el arco noroccidental que va desde Cartagena a Génova, pasando por Valencia, Barcelona y Marsella, entre otras grandes ciudades, se vierten al mar gran cantidad de toneladas de desechos de origen urbano. Los vertidos procedentes de la contaminación de las industrias instaladas sobre el litoral o distribuidos

por la red fluvial, son arrastrados hacia el mar, además de que la población ribereña se multiplica en verano como consecuencia del turismo. Pero el Mediterráneo es mucho más que este denso arco costero. A pesar de ser un mar relativamente pequeño, el Mediterráneo, hasta la fecha, asimila la mayoría de los productos contaminantes que se vierten en él.

Tras la aplicación del Plan de Acción del Mediterráneo (adoptado en Barcelona en 1975) y el Plan Azul (de 1979), algunos indicadores evidencian que las medidas emprendidas por los gobiernos ribereños están dando sus frutos [104]. Los Gobiernos Ribereños están construyendo plantas depuradoras, lo que está reduciendo la cantidad de residuos que llegan al mar. Así mismo, ya están en funcionamiento en la mayoría de los puertos instalaciones para el deslastrado de petroleros, especialmente los puertos de los países septentrionales de la cuenca, firmantes de Convenio MARPOL 73/78 de la Organización Marítima Internacional. [62], [63], [64], [66].

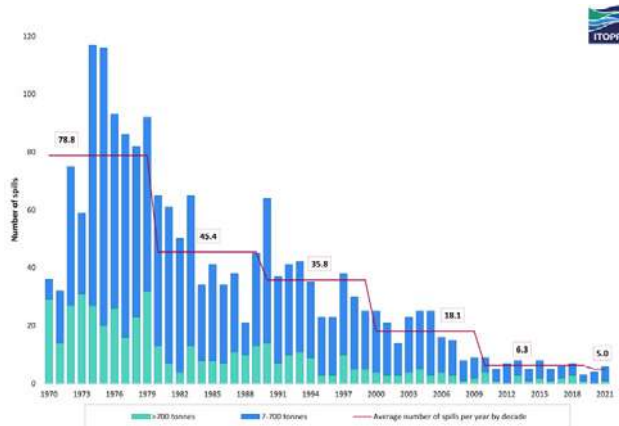
Todas estas medidas han conseguido algunos resultados, entre ellos que los niveles de contaminación se mantengan similares a los de hace años [42], [9], aunque sigue estando entre los mares más contaminados del mundo. No se puede obviar la evolución de la cuenca Mediterránea respecto al notable crecimiento demográfico, turístico, agrícola e industrial de este último cuarto de siglo. El número de áreas protegidas en todo el Mediterráneo va en aumento. “El Mediterráneo no se muere. Podríamos decir que está enfermo, pero que esta enfermedad no es terminal” [104].

4.2.2 Accidentes Marítimos y Mareas Negras

Según la International Tanker Owners Pollution Federation, [52] la tendencia de los derrames ha disminuido de forma muy

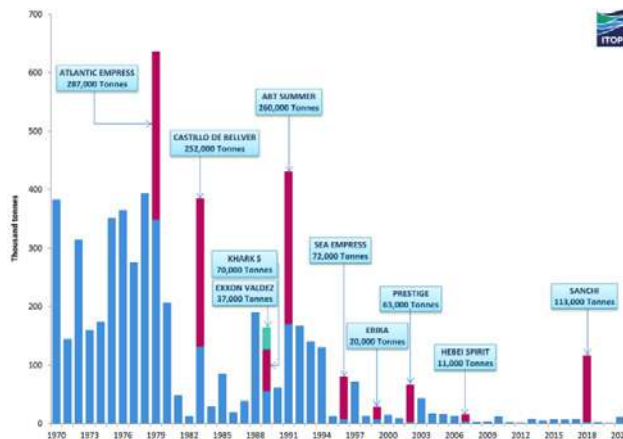
notable, más de un 90% desde los 70's a la presente década. Esta disminución en el número de vertidos está íntimamente relacionada con la implantación de la normativa de la Organización Marítima Internacional.

Figura 4.3: Número de derrames medianos (7-700 Tn) y grandes (>700 Tn)



Fuente: [52].

Figura 4.4: Cantidad de petróleo derramado.



Fuente: [52].

La inmensa mayoría de los derrames son pequeñas cantidades (menores de 7 toneladas) y sus valores son imprecisos. De cualquier modo, éstos representan una pequeña contribución a los derrames anuales de hidrocarburos al mar, comparativamente con los provenientes de accidentes de petroleros.

Es de reseñar que pocos derrames, pero de grandes cantidades, son los responsables de los altos volúmenes anuales de vertidos. Por ejemplo, en la década de los noventa hubo 358 derrames de más de 7 toneladas, totalizando 1.133.000 toneladas, de las cuales 830.000 (73%) se corresponden con los derrames de sólo 10 incidentes (menos del 3%). Los datos de accidentes y derrames se pueden ver notablemente distorsionados en un periodo de tiempo por un único accidente. Esto se ve claramente ilustrado en los siguientes casos: 1979 (Atlantic Empress, 287.000 toneladas), 1983 (Castillo de Bellver, 252.000 toneladas) y 1991 (ABT Summer, 260.000 toneladas).

Tabla 4.2: Número anual de derrames de hidrocarburos.

1970s	Year	7-700 Tonnes	>700 Tonnes
	1970	7	29
	1971	18	14
	1972	48	27
	1973	28	31
	1974	90	27
	1975	96	20
	1976	67	26
	1977	70	16
	1978	59	23
	1979	60	32
	Total	543	245
	Average	54.3	24.5
2000s	Year	7-700 Tonnes	>700 Tonnes
	2000	21	4
	2001	18	3
	2002	11	3
	2003	19	4
	2004	20	5
	2005	22	3
	2006	12	4
	2007	12	3
	2008	7	1
	2009	7	2
	Total	149	32
	Average	14.9	3.2

Cont...

1980s	Year	7-700 Tonnes	>700 Tonnes
	1980	52	13
	1981	54	7
	1982	46	4
	1983	52	13
	1984	26	8
	1985	33	8
	1986	27	7
	1987	27	11
	1988	11	10
	1989	32	13
	Total	360	94
	Average	36	9,4

2010s	Year	7-700 Tonnes	>700 Tonnes
	2010	5	4
	2011	4	1
	2012	7	0
	2013	5	3
	2014	4	1
	2015	6	2
	2016	4	1
	2017	4	2
	2018	4	3
	2019	2	1
	Total	45	18
	Average	4.5	1.8

1990s	Year	7-700 Tonnes	>700 Tonnes
	1990	50	14
	1991	30	7
	1992	31	10
	1993	31	11
	1994	26	9
	1995	20	3
	1996	20	3
	1997	28	10
	1998	25	5
	1999	20	5
	Total	281	77
	Average	28.1	7.7

2020s	Year	7-700 Tonnes	>700 Tonnes
	2020	4	0
	2021	5	1
	Total	9	1

Fuente: [52].

Tabla 4.3: Cantidad anual de hidrocarburos vertidos al mar.

1970s	Year	Quantity (Tonnes)
	1970	383,000
	1971	144,000
	1972	313,000
	1973	159,000
	1974	174,000
	1975	352,000
	1976	365,000
	1977	276,000
	1978	393,000
	1979	636,000
	Total	3,195,000

2000s	Year	Quantity (Tonnes)
	2000	14,000
	2001	9,000
	2002	66,000
	2003	43,000
	2004	17,000
	2005	15,000
	2006	12,000
	2007	15,000
	2008	2,000
	2009	3,000
	Total	196,000

Cont...

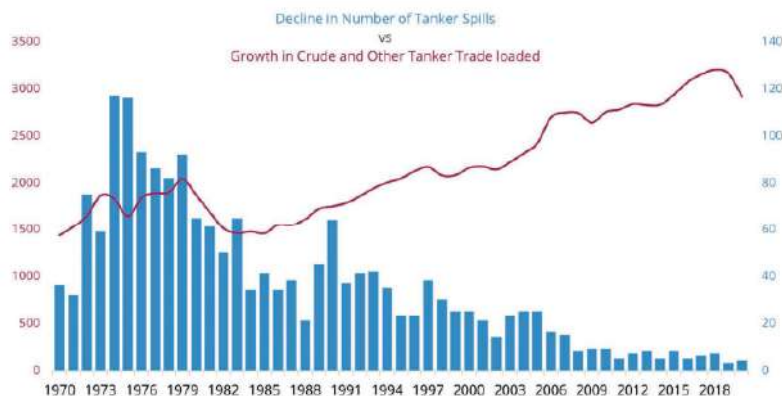
1980s	Year	Quantity (Tonnes)	2010s	Year	Quantity (Tonnes)
	1980	206,000		2010	12,000
	1981	48,000		2011	2,000
	1982	12,000		2012	1,000
	1983	384,000		2013	7,000
	1984	29,000		2014	5,000
	1985	85,000		2015	7,000
	1986	19,000		2016	6,000
	1987	38,000		2017	7,000
	1988	190,000		2018	116,000
	1989	164,000		2019	1,000
	Total	1,175,000		Total	164,000

1990s	Year	Quantity (Tonnes)	2020s	Year	Quantity (Tonnes)
	1990	61,000		2020	1,000
	1991	431,000		2021	10,000
	1992	167,000	Total	Total	11,000
	1993	140,000			
	1994	130,000			
	1995	12,000			
	1996	80,000			
	1997	72,000			
	1998	13,000			
	1999	28,000			
	Total	1,134,000			

Fuente: [52].

Como se aprecia en estos análisis, ha habido un notable cambio de tendencia de los accidentes de los buques tanque, claramente encaminada a una disminución en el número de derrames y en el tamaño de éstos. Por otro lado, es importante valorar que el tráfico marítimo de hidrocarburos se está incrementando desde mediados de los ochenta, tal como muestra la figura 4.5.

Figura 4.5: Comparación entre el número de derrames de buques tanques (>7 Tm.) y el tráfico de marítimo de hidrocarburos desde 1970 – 2020



Fuente: [52].

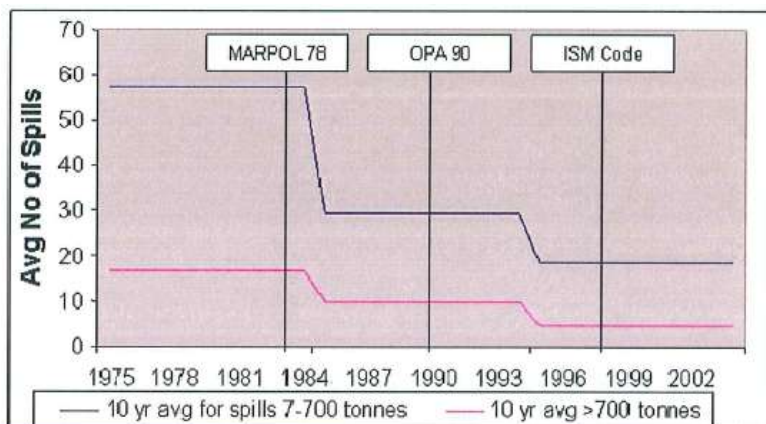
Esta tendencia de reducción de accidentes puede ser atribuida a las importantes medidas preventivas tomadas desde la sección marítima de Naciones Unidas – la Organización Marítima Internacional OMI (en inglés IMO), las legislaciones nacionales y al incremento de las responsabilidades para quienes contaminan. Entre las principales medidas figuran:

- Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación desde los Buques, 1973, y modificada por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78) [62], [63].
- Oil Pollution Act 1990 (OPA 90) [121].
- International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 (SOLAS 1974) – Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar.
- International Management Code for the Safety of ships and for Pollution Prevention (The ISM Code).

– Código Internacional de Gestión para la Seguridad de los Buques y la Prevención de la Contaminación [57].

La siguiente figura muestra los promedios por décadas de derrames desde buques tanques, desde 1975 hasta 2002, relacionándolos con los años en los que la normativa arriba mencionada entró en vigor.

Figura 4.6: Promedio decenal del número de derrames en relación con la implantación de Regulación marítima.



Fuente: [51].

La International Tanker Owners Pollution Federation (IO-TPF) [52] evidencia que la mayoría de los incidentes son el resultado de una combinación de circunstancias que contribuyen al derrame. La diversidad de las causas que originan los derrames es agrupada en cuatro categorías generales, “Carga/descarga”, “Bunkering (toma de combustible)”, “Otras Operaciones” y “Unknown”. Los derrames de los cuales no se tiene información o su causa no era una de la lista se catalogan como “Unknown”.

De los resultados obtenidos se desprende que:

- Las causas más frecuentes de los derrames de petróleo (>7 toneladas) desde petroleros son las colisiones y las varadas.
- Los derrames clasificados como pequeños o medianos (tablas 4.4 (I)) se corresponden con los vertidos entre 7 y 700 toneladas, representando un 66% de los derrames, siendo el 34% restante los correspondientes a los mayores de 700 toneladas.
- Un 29% de los derrames de 7 a 700 T. se producen durante las operaciones de carga/descarga. Este tipo de derrame tienen lugar en los puertos y/o terminales petrolíferas.
- Los grandes derrames se sitúan en torno al 34% de todos los incidentes, los cuales han ido disminuyendo significativamente en los últimos 52 años. Las causas principales como las colisiones y las varadas, en la mayoría de los casos producen grandes derrames, el 30% de las colisiones generan derrames con cantidades superiores a 700 toneladas. La suma de las varadas y las colisiones representan un 62% de los accidentes que producen derrames superiores a 700 toneladas. Como se puede apreciar, el 50% de los grandes derrames ocurren cuando el buque está navegando en su ruta en mar abierto. También es significativo que en los grandes derrames acaecidos durante operaciones de carga y descarga (ver tabla 4.4 (II)) en el 57% de los casos el incidente esta causado por fuego, explosiones o fallo del equipamiento.

La importancia de este análisis, además del rigor que avala a IOTPF, también radica en el largo periodo de tiempo que abarca, ya que valora los datos desde 1970 hasta el 2021.

Tabla 4.4 (I): Cantidad de derrames de 7 a 700 T., 1970-2021

	Operations				Total
	Loading/ Discharging	Bunkering	Other Operations	Unknown	
Allision/Collision	5	0	62	300	367
Grounding	0	0	27	244	271
Hull Failure	37	4	15	45	101
Equipment Failure	149	7	19	39	214
Fire/Explosion	9	0	16	26	51
Other	99	13	39	28	179
Unknown	99	9	14	82	204
Total	398	33	192	764	1387
Percentage (%)	29	2	14	55	

Fuente: [52].

Tabla 4.4 (II): Cantidad de derrames >700 T., 1970-2021

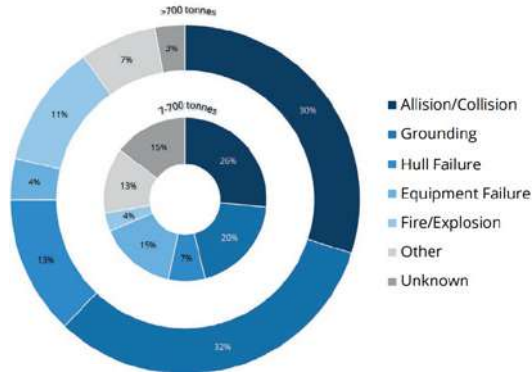
	Operations						Total
	At anchor (Inland/ Restricted)	At anchor (Open Water)	Underway (Inland/ Restricted)	Underway (Open Water)	Loading/ discharging	Other Operations/ Unknown	
Allision/Collision	8	5	35	67	2	23	140
Grounding	5	1	46	68	2	28	150
Hull Failure	2	1	0	49	0	8	60
Equipment Failure	0	0	0	6	11	1	18
Fire/Explosion	2	2	1	25	13	10	53
Other	2	0	0	16	8	7	33
Unknown	0	0	0	1	6	6	13
Total	19	9	82	232	42	83	467
Percentage (%)	4	2	17.5	50	9	17.5	

Fuente: [52].

En resumen, diremos que los derrames entre 7 y 700 toneladas son causados principalmente durante las operaciones de carga y descarga, si bien también son factores muy importantes en este tipo de derrames las colisiones y las varadas. La causa principal para que acontezcan incidentes con derrames de más de 700 toneladas son las varadas, seguidas de las colisiones.

En el periodo 1970-2021 se derramaron al mar como consecuencia de los accidentes unos 5,87 millones de toneladas de hidrocarburos, en la década 2010-2019 fueron 164.000 T. y en el periodo 2020-2021 (dos años) la cantidad ha sido de 11.000 T.

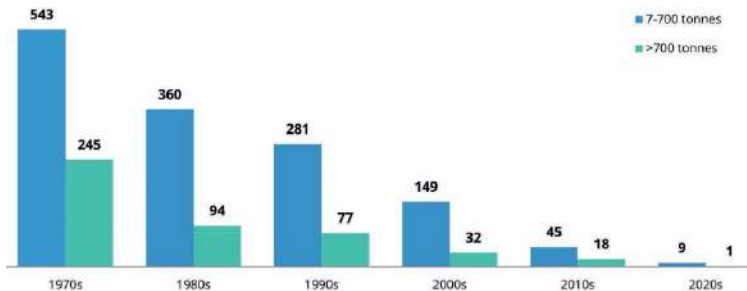
Figura 4.7: Causas de los derrames de 7 a 700 Tm. de 1970-2021.
Causas de los derrames > 700 Tm. de 1970-2021.



Fuente: [52].

A la vista del número de derrames (Figura 4.8), se evidencia que el descenso ha sido significativo durante los últimos 52 años. De hecho, la media anual de derrames mayores de 700 toneladas en los años setenta fue aproximadamente tres veces mayor que la de los ochenta o los noventa; unas siete veces el número de los de la primera década del S.XXI y unas doce veces los de la segunda década.

Figura 4.8: Numero de derrames de 7-700 y >700 Tn. de 1970-2021.



Fuente: [52].

A la vista del notable descenso de los derrames, Keisha Huijer elaboró el primer estudio decenal de los incidentes acaecidos en todo el mundo, centrándose en los 10 años del periodo 1995 – 2004 [51], analizando los volúmenes de los derrames y las causas que los han provocado con el resultado siguiente:

Para los derrames de menos de 7 toneladas las causas son las siguientes:

• Carga/Descarga	35%
• Colisión	16%
• Fallos del casco	15%
• Varada	13%
• Otras operaciones	9%
• Bunkeringq	4%

Para los derrames de 7 - 700 toneladas las causas son las siguientes:

• Colisión	51%
• Varada	24%
• Carga/Descarga	13%
• Otras/Desconocidas	5%
• Fallos del casco	3%
• Fuego/Explosiones	3%

Para los derrames mayores de 700 toneladas las causas son las siguientes:

• Varada	62%
• Colisión	23%
• Fuego/Explosiones	12%

- Otras Operaciones 4%

Es importante destacar que el informe de Keisha Huijter ha sido el primero en analizar diez años concretos (1995-2004) en un momento de la evolución de los derrames, el análisis de las causas es perfectamente extrapolable a otros periodos. Posterior a éste, se publicó en la web de la ITOPF el informe Trends in Oil Spills from Tankers Over the Past Ten years (2015), que analiza el periodo 2005-2014 [85], el cual analizaremos posteriormente.

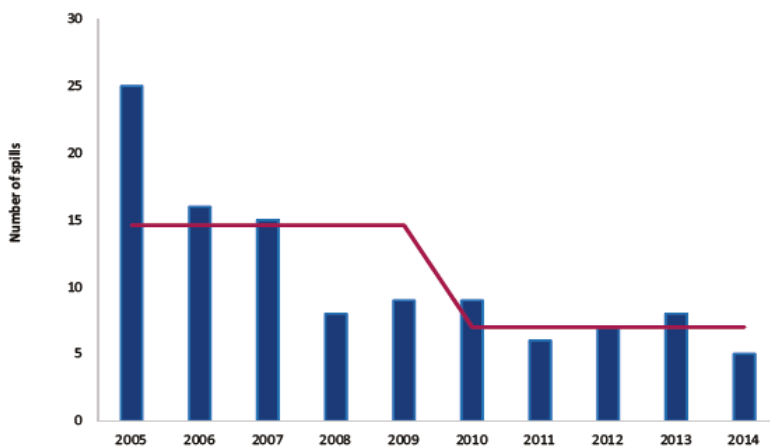
Como conclusión comparativa a los dos análisis [85], [51], para los derrames de menos de 7 toneladas se mantiene como principal causa las operaciones de carga y descarga, si bien en la década 1995-2004 había un incremento del valor porcentual de los accidentes por colisión o por problemas derivados del casco de los buques. Los derrames de 7 a 700 toneladas tenían como causas principales las colisiones y las varadas, sumando entre las dos el 75% de las causas de accidente. Las operaciones de carga y descarga en el periodo 2005-2014 representan la mitad de lo que representaban en el estudio del periodo precedente. Finalmente, los derrames de más de 700 toneladas, en el periodo 1995-2004, tienen como principal causa las varadas, seguidas de lejos de las colisiones o los incendios, desapareciendo como causas los problemas estructurales del casco o las operaciones de carga/descarga.

El primer estudio decenal tuvo la innovación de darnos datos más reales con la situación actual, ya que las medidas y porcentajes no se veían lastrados por los enormes números de las primeras décadas del estudio de ITOPF, los cuales distorsionan en parte la situación actual. Estos comentarios no pretenden restar valor al importante y útil estudio que la International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) realiza cada año.

Con el trabajo titulado *Trends in Oil Spills from Tankers Over the Past Ten years* (2015), la International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) analiza la evolución de los derrames e incidentes acontecidos en el periodo 2005-2014 [85]. En este caso, el informe muestra de un modo innovador la distinta evolución en cada uno de los dos lustros, marcando dos subperiodos dentro de la década.

De los 108 derrames registrados por ITOPF en la década, a partir del año 2008 el número anual no alcanzaba los 10, oscilando entre nueve y cinco. A la vista de la figura 4.9 y comparando los dos lustros, se evidencia una disminución a la mitad del segundo respecto del primero.

Figura 4.9: Numero de los derrames de 7-700 y >700 Tn. de 2005-2014

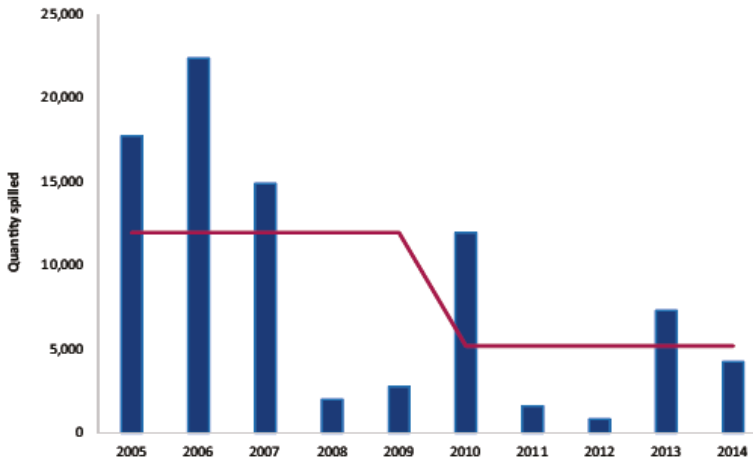


Fuente: [85].

Respecto a la cantidad de hidrocarburos derramados desde los buques tanques, se registró un total de 86.000 Tn. en la década estudiada. Nuevamente se evidencia la diferencia entre los dos lustros, mientras en el primero el volumen medio derramado anual fue de 12.000 Tn., en el segundo fue de 5.000 Tn. En

este caso la reducción nuevamente fue más de la mitad comparada con el primer lustro.

Figura 4.10: Cantidad derramada de 7-700 y >700 Tn. de 2005-2014



Fuente: [85].

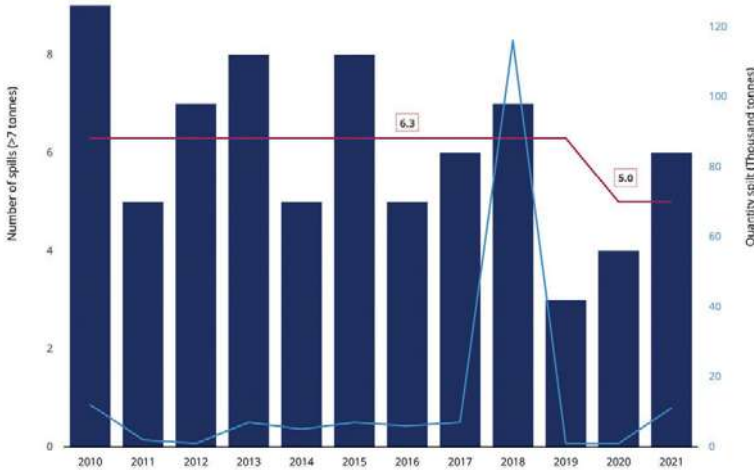
Cuando se comparan los dos lustros, se reducen a más de la mitad los incidentes con derrames relacionados con la carga/descarga pasando de 55 a 25, y también hay diferencia en el porcentaje de hidrocarburos persistentes y no-persistentes derramados. En el periodo 2005-2009 el 65% de los derrames involucrados fueron hidrocarburos persistentes, mientras que en el periodo 2010-2014 fue del 60%.

En el período 2005-2014, la principal causa de accidente para los derrames mayores de 7 toneladas, han sido las colisiones y las varadas en buques en navegación (underway). Los países que han registrado un mayor número de incidentes (diez o más) han sido China, USA y Vietnam, aunque una gran proporción han sido antes del año 2010. Finalmente, hay que indicar que el número de colisiones se ha reducido en un 10%

de un lustro a otro, pasando de un 47% de los incidentes en el periodo 2005-2009 al 37% en el 1010-2014.

Actualmente, aún está sin completar el estudio de un nuevo ciclo de diez años. La ITOPF publica [52] orientativamente la evolución 2010-2021 donde se aprecia el mantenimiento, incluso disminución, de los bajos niveles de siniestrabilidad (Figura 4.11).

Figura 4.11: Cantidad derramada de 7-700 y >700 Tn. de 2010-2021



Fuente: [52]

En la década 2010-2021 las principales causas de accidente para los derrames mayores de 700 toneladas han sido las colisiones y las varadas de buques, sumando un total del 52% del total siendo un 33% de los cuales acaecidos con el buque en navegación. Respecto a los derrames entre 7 y 700 Tn el impacto de estas causas en los accidentes es del 50%.

La Agencia Europea de Medio Ambiente [45], [46] publica periódicamente el informe “*El Medio Ambiente en Europa*”, el cual en marzo de 2015 fue publicado por séptima vez, y en el año 2020 se ha publicado una nueva edición incluyendo el acrónimo “SOER 2020”. El informe hace hincapié en distintos factores medio ambientales, pero cuando se refiere a contaminación por hidrocarburos y a derrames en la mar toma como fuente los datos facilitados por la International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), anteriormente detallados, quedando acreditada como la fuente más fiable.

De acuerdo con los datos de tráfico marítimo y sus previsiones recogidas en el informe de la UNEP, Programa Medio Ambiente de las Naciones Unidas [120], [77], son absolutamente aplicables a la situación actual. En términos generales, el tráfico marítimo puede continuar creciendo sólidamente en los puertos del Mediterráneo por encima de la propia economía, especialmente debido al incremento de los tráficos en tránsito (5.6% por año entre el año 2000 y el 2025). Mientras tanto, la contaminación por hidrocarburos debido a operaciones cotidianas deberá continuar decreciendo, además de las descargas de aguas de sentinas y de productos químicos. Del mismo modo, el riesgo de derrames de hidrocarburos y otros accidentes contaminantes también seguirán descendiendo significativamente.

Según se ha podido ver, la cuestión resulta complicada a nivel mundial, ya que a lo largo de los 52 años reportados por ITOPF se han ido sucediendo de una manera más o menos constante los incidentes de petroleros, que al verter miles de toneladas de hidrocarburos al mar han acabado provocando importantes daños al medio ambiente en general y a los distintos ecosistemas locales en particular. La situación actual es

muy alentadora a la vista de los datos del último lustro, manteniendo una importante disminución de estos accidentes. Tal como se apreció en la figura 4.6 y 4.3, después de la aplicación de diferentes medidas internacionales, la situación actual era inimaginable hace 45 años.

Durante los últimos 40 años, en el Mediterráneo han ocurrido accidentes de notable importancia donde el volumen derramado ha variado según los casos. La costa de Italia es la que ocupa el primer lugar por el volumen de hidrocarburos derramados del Mediterráneo. El buque tanque Haven, que derramó del orden de 144.000 toneladas, ocupa el puesto número cinco en la lista de los mayores vertidos a nivel mundial y es el accidente más grave acaecido en el Mediterráneo.

En el Mediterráneo, entre los accidentes mayores de dos mil toneladas más relevantes en las cuatro últimas décadas, caben destacar los siguientes (año del accidente/buque/ cantidad derramada/costa –país):

- 1985 MT Southern Cross 8.000 T. Argelia
- 1985 MT Petrogen One 5.000 T. España
- 1990 MT Chenki 7.800 T. Egipto
- 1991 MT Have 144.000 T. Italia
- 1991 MT Agip Abruzzo 23.000 T. Italia
- 1993 MT Lyria 2.600 T. Francia
- 1994 MT Nassia 33.000 T. Turquía
(Bósforo)
- 2006 Centrale Jieh 16.000 T. Líbano
- 2007 MT Chemstar Eagle 4.600 T. Italia

En el contexto mundial, los accidentes de buques tanques más importantes desde 1967 hasta nuestros días han sido:

Tablas 4.5: Mayores derrames desde 1967

Position	Shipname	Year	Location	Spill size (tonnes)
1	ATLANTIC EMPRESS	1979	Off Tobago, West Indies	287,000
2	ABT SUMMER	1991	700 nautical miles off Angola	260,000
3	CASTILLO DE BELLVER	1983	Off Saldanha Bay, South Africa	252,000
4	AMOCO CADIZ	1978	Off Brittany, France	223,000
5	HAVEN	1991	Genoa, Italy	144,000
6	ODYSSEY	1988	700 nautical miles off Nova Scotia, Canada	132,000
7	TORREY CANYON	1967	Scilly Isles, UK	119,000
8	SEA STAR	1972	Gulf of Oman	115,000
9	SANCHI*	2018	Off Shanghai, China	113,000
10	IRENES SERENADE	1980	Navarino Bay, Greece	100,000
11	URQUIOLA	1976	La Coruna, Spain	100,000
12	HAWAIIAN PATRIOT	1977	300 nautical miles off Honolulu	95,000
13	INDEPENDENTA	1979	Bosphorus, Turkey	95,000
14	JAKOB MAERSK	1975	Oporto, Portugal	88,000
15	BRAER	1993	Shetland Islands, UK	85,000
16	AEGEAN SEA	1992	La Coruna, Spain	74,000
17	SEA EMPRESS	1996	Milford Haven, UK	72,000
18	KHARK 5	1989	120 nautical miles off Atlantic coast of Morocco	70,000
19	NOVA	1985	Off Kharg Island, Gulf of Iran	70,000
20	KATINA P	1992	Off Maputo, Mozambique	67,000
21	PRESTIGE†	2002	Off Galicia, Spain	63,000
36	EXXON VALDEZ†	1989	Prince William Sound, Alaska, USA	37,000
132	HEBEI SPIRIT†	2007	South Korea	11,000

Fuente: [52].

En general, los vertidos de hidrocarburos en el mar pueden ser producidos por diferentes causas, las cuales pueden ser debidas a incidentes ocasionales y puntuales (“contaminación accidental”), a actividades ilegales (“contaminación voluntaria”) o debidos a la normal operatividad del buque (“contaminación operativa”).

Según las estadísticas elaboradas por el ITOPI [52], las causas más frecuentes de los derrames mayores a 7 toneladas desde buques tanque son las colisiones y las varadas.

Respecto a los derrames de mayor impacto, concretamente los de más de 700 toneladas, cuando el buque está operando en el momento del derrame éste se produce con el buque en navega-

ción en mar abierta en el 50% de los casos y en navegación por aguas angostas otro 17%.

Los vertidos accidentales de hidrocarburos representan un pequeño porcentaje de los vertidos procedentes del tráfico marítimo. La mayor parte de ellos se producen por las colisiones y las varadas, pasando las causas operativas rutinarias como la carga/descarga a niveles del 9% y el bunkering al 4%. En general, a la vista de los resultados del estudio del año ITOPF 2021 [52], todos estos vertidos se están reduciendo gracias a la entrada en vigor de las distintas medidas adoptadas en los convenios internacionales y a la progresiva implantación de los buques con doble casco.

La contaminación no accidental sigue constituyendo todavía un fenómeno muy relevante. Seguidamente se reproducen unos párrafos de Greenpeace, los cuales están extraídos del informe que la organización ecologista elaboró referente a la situación del Mediterráneo debido a los vertidos de hidrocarburos [49]. En los sucesivos informes Greenpeace ha centrado sus esfuerzos en otros tipos de contaminación, una vez que los vertidos por hidrocarburos han decrecido muy notablemente en las dos últimas décadas [85][52].

“...el mar Mediterráneo constituye el 0,7% de la superficie acuática y recibe el 17% de la contaminación por vertido de hidrocarburos a nivel global. Cada año, entre 100.000 y 150.000 toneladas de hidrocarburos son vertidas al mar de forma deliberada debido a las actividades de los barcos,...”, “Algunas de las rutas más importantes de transporte marítimo cruzan el Mediterráneo. Se estima que cada año atraviesan este mar aproximadamente 220.000 buques de más de 100 toneladas, alrededor de un tercio del total del transporte marítimo comercial a nivel mundial. Además, 370 millones

de toneladas de crudo cruzan aproximadamente al año el Mediterráneo, lo que supone más del 20% del total mundial, y entre 250 y 300 petroleros lo atraviesan cada día. Los vertidos accidentales de petróleo suceden frecuentemente con un promedio de 10 vertidos por año. Los grandes vertidos de petróleo pueden ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar del Mediterráneo.”

La información detallada por Greenpeace está en línea con la que se expone en el informe Mare Monstum 2013. [73]. Los progresos de los últimos lustros en reducir la contaminación marítima por hidrocarburos, con la implantación de la reglamentación internacional, han dado resultados muy positivos [52].

4.2.3 Normativa Internacional

La contaminación con origen en el transporte marítimo es poco relevante comparada con la procedente de las actividades terrestres. Sin embargo, el inicio de la normativa internacional en materia de contaminación marina arranca haciendo referencias al transporte marítimo. Por ese motivo la normativa está muy vinculada desde el inicio a la Organización Marítima Internacional (IMO).

Las Naciones Unidas se crean por acuerdo internacional tras la Segunda Guerra Mundial en 1945, marcando entre sus objetivos la creación de organismos especializados. En 1948 se establece la Intergovernmental Maritime Consultative Organization (IMCO), y en enero de 1959 entró en vigor el Convenio que la constituyó. Este retraso se debió a los requisitos para su entrada en vigor, los cuales establecían que al menos 21 estados debían aceptar el Convenio Constitutivo, de los cuales siete debían tener una flota mercante de un millón de toneladas de Registro Bruto (TRB) como mínimo.

La primera reunión de la IMCO se celebró el 6 de enero de 1959, estaba compuesta por sólo 28 estados miembros, la mayoría eran países marítimos del norte de Europa. En la actualidad cuenta con 174 estados miembros y tres miembros asociados. El 22 de mayo de 1982, cambió su denominación pasando a llamarse Organización Marítima Internacional (OMI, su acrónimo en inglés es IMO), desarrollando desde su sede en Londres su labor en las distintas materias enmarcadas en los siguientes campos:

- Mejorar los niveles de seguridad marítima.
- Prevención de la contaminación marina.
- Facilitar el tráfico marítimo internacional.
- Prevenir y reprimir los actos de terrorismo marítimo-portuario.

La OMI, ubicada en Londres, es el único organismo especializado de las Naciones Unidas con sede en Reino Unido (U.K.). La OMI tiene una plantilla de unos 300 funcionarios distribuidos en seis divisiones (Seguridad Marítima, Medioambiente Marino, Jurídica y Relaciones Externas, Cooperación Técnica, Conferencias y Administrativa). El órgano rector de la OMI es la Asamblea, la cual está compuesta por todos los estados miembros además de 100 organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Las mencionadas organizaciones tienen estatus de órganos consultivos de la Organización. La Asamblea se reúne ordinariamente una vez cada dos años [54]. Entre estas reuniones, todas las funciones de la Asamblea están en manos del Consejo (excepto formular recomendaciones a gobiernos en lo relativo a la seguridad marítima y la prevención de la contaminación), el cual está compuesto por los representantes de 40 gobiernos elegidos por la Asamblea, durante un

periodo de dos años, que se reúne cada 6 meses. Para el bienio 2020-2021 los miembros del Consejo han sido:

China, Estados Unidos, Federación de Rusia, Grecia, Italia, Japón, Noruega, Panamá, Reino Unido, República de Corea.

Alemania, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Emiratos Árabes Unidos, España, Francia, India, Países Bajos.

Bahamas, Bélgica, Chile, Chipre, Dinamarca, Egipto, Filipinas, Indonesia, Jamaica, Kenya, Kuwait, Malasia, Malta, México, Marruecos, Perú, Singapur, Sudáfrica, Tailandia, Turquía.

Aparte de los órganos citados (Asamblea y Consejo), la OMI cuenta con una Secretaría y cinco Comités, que son los encargados de examinar las cuestiones específicas que debe tratar la Organización. Dichos comités están abiertos a la participación de todos los Gobiernos, observadores y organizaciones consultivas y se reúnen al menos una vez al año. Son los siguientes:

- Comité de Seguridad Marítima (MSC).
- Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) (con 7 subcomités)
- Comité Jurídico.
- Comité de Cooperación Técnica.
- Comité de Facilitación.

El Comité de Protección del Medio Marino tiene como misiones básicas:

- La prevención de la contaminación operativa de los buques en todas sus formas: por hidrocarburos, por sustancias nocivas, por aguas sucias, por basuras, vertidos,

emisiones a la atmósfera, etc.

- La información científica y técnica para la prevención de la contaminación marina.
- La reducción de los accidentes y sus consecuencias.
- La lucha contra la contaminación marina.
- La cooperación técnica en materia de contaminación marina.

La evolución del tamaño de los petroleros en escasos veinte años:

- A final de 1950, el tamaño medio de los petroleros eran unas 30.000 TPM (Toneladas de Peso Muerto).
- Se entrega en 1959 el primer petrolero de 100.000 TPM
- Mediados de la década de 1960 se encargaron petroleros de 200.000 TPM.
- Finales de 1970 se habían construido petroleros de unas 500.000 TPM.

Como resultado de este aumento de tamaño de los buques, se detectó un incremento del riesgo potencial de contaminación debido a la gran presencia de hidrocarburos cruzando los mares, desatando desde entonces una activa labor legislativa a nivel internacional [67].

El Convenio para la Prevención de la Contaminación de las Aguas del mar por Hidrocarburos, conocido normalmente con el nombre de OILPOL, fue acordado en Londres en la Convención Internacional de 12 mayo de 1954 bajo el auspicio del Reino Unido. De este Convenio, del cual forma parte España, actúa como organismo depositario desde 1959 la OMCI (Or-

ganización Consultiva Marítima Intergubernamental, IMCO Intergovernmental Maritime Consultive Organization). Los requisitos para la entrada en vigor consistían en que lo firmaran al menos diez estados, cinco de los cuales con una flota en buques tanques cómo mínimo de 500.000 TRB. Transcurrido un año a partir de ese momento, entró en vigor para las partes contratantes el 26 de Julio de 1958.

El OILPOL amparaba la contaminación por hidrocarburos, considerando al buque como fuente contaminante. El Convenio regulaba las descargas al mar, partiendo de la base que no es posible navegar sin arrojar desperdicios, ya sean hidrocarburos, mezclas oleosas, aguas de sentinas, lastres sucios, etcétera. El convenio especificaba dónde, cómo y en qué condiciones pueden efectuarse dichas descargas.

El petrolero con bandera de Liberia “Torrey Canyon”, en viaje desde el Golfo Pérsico, de donde salió el 18 de febrero de 1967 a Milford Haven con una carga de 119.328 T. de crudo, embarrancó el 19 de marzo al Este de los arrecifes de Land’s End y al Oeste de las Scilly Isles [89]. Como resultado del accidente los tanques de carga del buque resultaron dañados, produciéndose un derrame de su contenido a razón de más de 15.000 toneladas diarias. El 25 de marzo el petróleo llegaba a las playas de Cornish, resultando afectadas más de 100 millas náuticas de costa.

En las operaciones contra la contaminación del MT Torrey Canyon intervinieron la Royal Navy y la Royal Air Force, y los daños causados por el siniestro supusieron más de 6.000.000 de libras esterlinas. En virtud del Convenio de 1957 sobre limitación de responsabilidades en vigor en la fecha del siniestro, la limitación de responsabilidad del buque ascendía a sólo 4.476.000 dólares USA.

Tras el accidente se evidenció la necesidad de crear una normativa que reglamentase la intervención en situaciones de emergencia, siendo el Gobierno del Reino Unido el que solicitó a la entonces IMCO la elaboración urgente de los mecanismos necesarios.

En 1973 se convocó la Conferencia que alcanzó la aprobación del Convenio más importante hasta la fecha para combatir y prevenir la contaminación marina: El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, conocido como MARPOL. Este Convenio alcanza la contaminación por hidrocarburos, sustancias nocivas líquidas transportadas a granel, sustancias perjudiciales transportadas por vía marítima en contenedores, tanques portátiles o embalajes menores, camiones cisterna o vagones tanques, aguas sucias de los buques, basuras, limitándose las descargas en los casos oportunos y prohibiéndolas cualitativa y cuantitativamente en otros casos y la contaminación atmosférica ocasionada por los buques.

4.2.3.1 MARPOL.

El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, conocido como Convenio MARPOL, es la normativa jurídica internacional en vigor encargada de prevenir la contaminación del medio marino producida por buques, ya sea en el normal transcurso de sus actividades económicas o por accidentes marítimos.

El Convenio MARPOL del 2 de noviembre de 1973 cubría la contaminación producida por aceites, productos químicos, sustancias peligrosas y desechos. El Protocolo de 1978 se adoptó en febrero de ese año como respuesta a una serie de accidentes producidos entre los años 1976 y 1977 y terminó por absorber la redacción original, de modo que hoy se refiere técnicamente a la combinación de ambos documentos con el nombre de

Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación Marina producida por Buques en 1973 y modificada por el Protocolo de 1978. España es miembro de la OMI desde 1962 y del Convenio MARPOL desde 1984.

El Convenio MARPOL en vigor desde el 2 de octubre de 1983 [66], acumula más de medio centenar de modificaciones desde su redacción inicial. Con ellas se han ido adaptando los contenidos a los avances tecnológicos que han ido apareciendo y a las necesidades que se han ido detectando. El Anexo I del Convenio MARPOL, que trata de la prevención de la contaminación por hidrocarburos, se ha enmendado y actualizado sustancialmente con los años. A principios de octubre de 2020 ha entrado en vigor la última enmienda al Anexo I – Reglas para Prevenir la Contaminación por Hidrocarburos (Enmendado por la resolución MEPC.314(74) y anteriores) [63].

El MARPOL 73/78 (Anexo I/II) que entró en vigor el 2 de octubre de 1983, cuenta a fecha 27 de septiembre de 2022 con la ratificación de 164 países, los cuales representan más del 98,5% del tonelaje mundial. La última parte del MARPOL que entró en vigor fue el *MARPOL Protocolo 1997 (Anexo VI)* con fecha 19 de mayo del 2005, estando ratificado a 27 de septiembre del 2022 por 106 países y representando más del 95% del tonelaje mundial [64].

El Convenio MARPOL [62] especifica las siguientes zonas marinas como zonas especiales para hidrocarburos: mar Báltico, mar Negro, mar Mediterráneo, mar Rojo, golfo Pérsico, golfo de Adén, Antártida, aguas noroccidentales de Europa, zona de Omán del mar Árabe y las aguas meridionales de Sudáfrica.

El Anexo I del Convenio MARPOL 73/78 obliga, entre otras cosas, a dotar a los buques con sistemas de control de descar-

gas, equipados con registro continuo, control de contenido de hidrocarburos, sistemas de limpieza de tanques, depósitos de decantación con capacidad suficiente para los residuos generados durante el lavado de tanques y equipos separadores de agua e hidrocarburos.

Por otro lado, el artículo 6 de la Ley 27/1992 de 24 de noviembre [34] de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, considera la prevención de la contaminación producida desde buques, plataformas fijas y otras instalaciones que se encuentren en aguas situadas en zonas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción, así como la protección del medio ambiente marino.

La Ley 27/1992 regula la recepción de residuos en su artículo 61, estableciendo la obligatoriedad de la existencia de instalaciones para la recepción y tratamiento de residuos procedentes de los buques, en las cercanías de los muelles o terminales. El Real Decreto 438/1994 de 11 de marzo, regula las instalaciones de recepción de residuos oleosos procedentes de los buques, en cumplimiento del Convenio Internacional MARPOL 73/78, publicado en el BOE núm.84 del 08 de abril de 1994. La normativa a este respecto se consolida en el Capítulo IV, y más concretamente en el artículo 63 de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante [38].

Los países miembros de la Organización Marítima Internacional (OMI) y firmantes del Convenio MARPOL, están comprometidos a disponer de instalaciones de recepción de residuos en puerto conforme a lo indicado en el Anexo I y sus Reglas. Además, según la Directiva 2000/59/EC, los países de la Unión Europea están obligados a poner en marcha dichas instalaciones para prevenir la contaminación del mar.

Artículo 132. *“A los efectos de esta ley, se entiende por desechos generados por buques, todos los producidos por el buque, incluyendo los desechos relacionados con la carga, y que están regulados por los anexos I, IV, V o VI del Convenio internacional para prevenir la contaminación ocasionada por los buques de 1973, modificado por su Protocolo de 1978, en su versión vigente (MARPOL 73/78) y por su Protocolo de 1997 que enmendaba el citado Convenio y añadía el anexo VI al mismo.”* [38].

Requisitos que deben cumplir las instalaciones receptoras:

- Los medios disponibles en cada puerto deberán ser los adecuados para una recepción sin causar demoras innecesarias.
- Estar capacitadas para recibir el tipo y las cantidades de desechos generados por los buques.
- La entidad gestora del puerto actuará como garante de la prestación de este servicio.
- Las instalaciones portuarias receptoras de residuos deberán expedir un recibo de residuos MARPOL, según el modelo unificado que figura en el anexo III del Real Decreto 1381/2002 de 20 de diciembre.

Las entidades portuarias receptoras tienen la obligación de registrar todas las descargas que reciban, dejando constancia de fecha, hora, nombre del buque, etc. Dicho registro deberá constar en un libro autorizado por la autoridad gestora del puerto en cuestión, el cual será de pública y libre consulta por parte de las autoridades competentes.

El capitán del buque en cuestión será quien deberá informar a la Capitanía Marítima correspondiente de su intención de

entregar los residuos transportados en sus bodegas, incluso su voluntad de no hacerlo, y en el primero de los casos detallar qué tipo de residuos y qué cantidades pretende entregar en el puerto de escala.

Con la finalidad de reducir las descargas al mar de desechos generados por los buques, [38] el artículo 132 punto 8 indica que las Autoridades Portuarias exigirán el pago de una tarifa en cada una de las escalas a los buques que no hagan uso del servicio de recepción de desechos sólidos o líquidos, en función del GT de este, con limitadas excepciones contempladas en la propia Ley de Puertos del Estado.

La situación del Convenio MARPOL, a fecha 3 de julio de 2023, resultaba como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4.6: Situación del Convenio MARPOL

Convenio	Fecha entrada en vigor	N.º de países ratificantes
MARPOL 73/78 (Anexo I/II)	02-Oct-83	161
MARPOL 73/78 (Anexo III)	01-Jul-92	151
MARPOL 73/78 (Anexo IV)	27-Sep-03	147
MARPOL 73/78 (Anexo V)	31-Dic-88	155
MARPOL Protocolo 97 (Anexo VI)	19-May-05	105

Fuente: [64].

4.2.3.2 Convenio de Barcelona

El Convenio de Barcelona de febrero de 1976 se estableció para la protección contra la contaminación del mar Mediterráneo, y su Protocolo para la prevención de su contaminación causada por vertidos desde buques y aeronaves. En España este texto

fue publicado en el Boletín Oficial del Estado de 21 de febrero de 1978, número 44.

El Convenio de Barcelona se modificó en junio de 1995, pasando a llamarse Convenio de Barcelona para la protección del medio marino y de la zona costera del Mediterráneo. El objetivo de esta normativa y convenios es reducir la contaminación en la zona del Mar Mediterráneo y proteger y mejorar el entorno marino de esa zona para contribuir a su desarrollo sostenible (el Plan de Acción del Mediterráneo “PAM”, pasa a llamarse ahora Plan de Acción para la protección del medio marino y el desarrollo sostenible de las zonas costeras del Mediterráneo). El 10 de junio de 1995 se hicieron las enmiendas en Barcelona, estando en vigor en España desde julio de 2004 [28].

El Convenio, en resumen, marca las pautas para que las partes signatarias del mismo tomen, individual o conjuntamente, todas las medidas necesarias para proteger el medio marino en la zona del mar Mediterráneo, contribuir a su desarrollo sostenible y participar en la prevención y lucha contra la contaminación de esa zona en la medida de sus posibilidades.

El Convenio instando a las partes contratantes a unas actuaciones principales tiene unos objetivos capitales [18] [80], entre los que destacan los siguientes,:

- Evaluar y controlar la contaminación.
- Garantizar la gestión sostenible de los recursos naturales marinos y costeros.
- Proteger el medioambiente y contribuir al desarrollo sostenible del medio marino y las zonas costeras del mar Mediterráneo, reduciendo la contaminación procedente del lado de tierra o de la mar.

- Proteger el patrimonio natural y cultural.
- Reforzar la solidaridad entre los países ribereños del Mediterráneo.

El Convenio insta a las partes a:

- Tomar las medidas necesarias para la implantación y desarrollo del PAM.
- Implementar el convenio y sus protocolos.
- Crear un sistema de cooperación e información para prevenir, reducir, combatir y, en la medida de lo posible, eliminar la contaminación en la zona del mar Mediterráneo.
- Crear un sistema de vigilancia de la contaminación.
- Cooperar en los ámbitos de la ciencia y la tecnología.
- Cooperación en la elaboración de procedimientos de determinación de responsabilidades y la reparación de los daños causados por la contaminación.
- Promover medidas encaminadas a la implementación de programas de desarrollo sostenible y rehabilitación del medio ambiente y los recursos naturales en el área del mar Mediterráneo.

La estructura organizativa del Convenio de Barcelona [80]:

1. MEDU (Unidad de Coordinación del PAM), establecida en Atenas, actúa de secretaría del Convenio. Ente otras tareas es la encargada de coordinar los trabajos de los distintos Centros de Actividad Regional.
2. Los Centros de Actividad Regional (RAC) desempeñan trabajos en áreas concretas:

- Plan Azul (BP/RAC), establecido en Francia: responsable de observación y evaluación del medio ambiente.
- Programa de Actividades Prioritarias (PAP/RAC), establecido en Croacia: Su competencia es la gestión integrada de zonas costeras y en la asistencia técnica a los CAMP (Proyectos de Gestión de Áreas Costeras).
- Zonas Especialmente Protegidas (SPA/RAC), ubicado en Túnez: tiene asignado lo referente a la conservación de especies y hábitats mediterráneos.
- Centro Regional de Respuesta a las Emergencias por Contaminación Marina (REMPEC), instalado en Malta: Su tarea es la asistencia técnica y cooperación en casos de contaminación marina accidental.
- INFO/RAC, ubicado en Italia: proporciona servicios de comunicación y difusión al MEDU.
- Producción Limpia (CP/RAC), con sede en España: promueve la reducción en la generación de residuos industriales y difunde técnicas de producción limpias.

3. Comisión Mediterránea de Desarrollo Sostenible, creada en 1995.

4. Las Partes se reúnen bienalmente a nivel ministerial para examinar los avances.

El Convenio establece un mecanismo de cooperación e información entre las partes, en caso de situaciones de emergencia, con vistas a reducir o eliminar los daños derivados de la contaminación en el Mediterráneo.

El Convenio de Barcelona junto con sus dos protocolos iniciales ratificados por España, ha sido complementado y ampliado con un total de cinco Protocolos [80], [15], [18]:

1. Protocolo sobre la prevención de la contaminación causada por vertidos desde buques y aeronaves, adoptado en 1976 y en vigor desde 1978. En 1995 fue enmendado. España ratificó esta enmienda en 1999.
2. Protocolo sobre cooperación para combatir la contaminación en situaciones de emergencia causadas por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales (“Protocolo de Emergencia”). Sustituido en 2002, en vigor desde 2004, ratificado por España en 2007.

Posteriormente se adoptaron los siguientes protocolos con la siguiente situación legal:

1. Protocolo sobre la protección del Mediterráneo contra la contaminación de origen terrestre. Enmendado en marzo de 1996, ratificado por España en 1999, en vigor desde 2008.
2. Protocolo sobre áreas protegidas (Ginebra, 1982), que en 1995 pasa a denominarse Protocolo sobre Zonas Especialmente Protegidas y Diversidad Biológica en el Mediterráneo (“Protocolo ZEPIM”). Aprobado en 1995, ratificado por España en 1998 y en vigor desde diciembre de 1999.
3. Protocolo para la protección del Mediterráneo contra la contaminación resultante de la exploración y explotación de la plataforma continental y del fondo del mar y su subsuelo (Madrid, 1994) (“Protocolo Offshore”). Aprobado en 1994, en vigor desde 2011, no ha sido ratificado por España.

4. Protocolo sobre la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo por movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (Protocolo “Hazardous wastes”). Aprobado en 1996, en vigor desde 2008, no ha sido ratificado por España.
5. Protocolo relativo a la Gestión Integrada de las Zonas Costeras del Mediterráneo (Almería, 2008) (Protocolo GIZC). Aprobado en 2008, ratificado por España en 2010 y en vigor desde 2011.

El protocolo sobre la prevención de la contaminación del mar Mediterráneo causado por vertidos desde buques y aeronaves, se refiere únicamente a la contaminación del mar Mediterráneo causado por vertidos desde buques y aeronaves. El vertido de determinados tipos de residuos o sustancias como compuestos organohalogenados y organosilíceos tóxicos, mercurio, cadmio, plástico, petróleo bruto, etc., queda prohibido.

El protocolo sobre cooperación para combatir en situaciones de emergencia la contaminación del mar Mediterráneo causado por hidrocarburos y otras sustancias perjudiciales, se refiere a la elaboración de planes de emergencia, el fomento de medios de lucha contra la contaminación del mar por hidrocarburos, la vigilancia y el intercambio de información sobre el estado del mar Mediterráneo. Las partes firmantes crean un sistema de vigilancia continua de la contaminación.

En lo relativo al Protocolo de Zonas Especialmente Protegidas y Diversidad Biológica, España es actualmente el país mediterráneo con mayor número de ZEPIM (Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo) declaradas, con 9 de las 32 existentes. Dichas zonas son las siguientes: Isla de Alborán, Acantilados de Maro-Cerro Gordo, Cabo de Ga-

ta-Níjar, Fondos Marinos del Levante Almeriense, Mar Menor y Zona Oriental Mediterránea de la Costa de la Región de Murcia, Islas Columbretes, Archipiélago de Cabrera, Islas Medas y cap de Creus.

4.3.4 Otras medidas de la Administración Española contra la contaminación marina por vertidos de hidrocarburos.

En España, en el campo de la lucha contra la contaminación marina, un importante instrumento a destacar es el “Plan Nacional de Servicios Especiales de Salvamento de la vida Humana en el mar y de la lucha contra la contaminación del medio marino para el periodo 2021/2024”.

La aplicación del mencionado plan corre a cargo de la Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR) que, dependiente de la Dirección General de la Marina Mercante y del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, cuenta con medios para la extracción de combustible y minimización de posibles vertidos, disponiendo también del apoyo meteorológico que le presta para sus fines la Agencia Estatal de Meteorología – AEMET (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

La legislación nacional, en principio, se encuentra sometida a lo establecido en el ámbito de los acuerdos internacionales, a los cuales debe adaptarse complementándolos.

La Constitución española de 1978, al reconocer el derecho al medio ambiente en su artículo 45, marca el punto de partida de la legislación protectora del medio ambiente. Sin embargo, con anterioridad ya existían algunas regulaciones ambientales nacidas como consecuencia del impulso de los Convenios internacionales.

El sistema político español está integrado por 17 Comunidades Autónomas, que cuentan con sus propios Estatutos de Autonomía, siendo tratado el tema medioambiental de forma diversa en cada uno de ellos, ya que no todas las Comunidades Autónomas tienen la misma sensibilidad legislativa sobre el medio ambiente.

La Ley Orgánica 8/1983, de 25 de junio de 1983 de reforma parcial y urgente del Código Penal, en su artículo 347 bis, introdujo por primera vez en el ordenamiento penal español los delitos contra el medio ambiente, cumpliendo lo dispuesto en el Apartado 3 del Art. 45 de la Constitución. La citada Ley Orgánica supone una innovación que, aun limitándose al tema de los vertidos, es muy positiva en cuanto reconoce el delito ambiental y le da un tratamiento independiente.

La Constitución Española de 1978 y la legislación autonómica dimanante de la propia Constitución, supusieron el gran paso desencadenante de un gran número de disposiciones sobre aguas marítimas y continentales, atmósfera, espacios naturales, etc., tanto estatales como autonómicos. Las autonomías que se ven involucradas en el Mediterráneo Español son las de Cataluña, Valencia, Murcia, Andalucía y Baleares, así como, las Ciudades Autónomas de Ceuta y de Melilla.

Hay que destacar la Orden de 23 de febrero de 2001, por la que se aprueba el Plan Nacional de Contingencias por Contaminación Marina Accidental a nivel Estatal y se establecen los criterios para la elaboración de los Planes Territoriales e Interiores. En la actualidad, el Sistema Nacional de Respuesta ante la contaminación marina viene definido por el Real Decreto 1695/2012 [41]. Entre los diferentes planes de emergencia autonómicos se encuentran:

- Pla Especial d'Emergències per Contaminació Accidental de les Aigües Marines a Catalunya (CAMCAT), (primera aprobación, Acuerdo de Gobierno de 1 de agosto de 2003). Revisión 2015, fechado el 27/11/14 y aprobado por el Acuerdo GOV/15/2015 de 10 de febrero.
- Plan Territorial de Contingencias por Contaminación Marina Accidental en la Región de Murcia, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Región de Murcia en su sesión de 10 de marzo de 2006.
- Procediment d'Actuació davant del Risc de Contaminació Marina Accidental a la Comunitat Valenciana, (Pramcova) / Orden de 24 de mayo de 2007, de la Consejería de Justicia, Interior y Administraciones Públicas / publicado en el Diari Oficial de la Comunitat Valenciana. núm. 5524 de 31 de mayo del 2007.
- Plan de Emergencia ante el Riesgo de Contaminación del Litoral en Andalucía, de 10 de junio de 2008, publicado en el BOJA de 2 de julio de 2008.
- Plan Especial de Contingencia por Contaminación Accidental de Aguas Marinas de las Illes Balears (CAM-BAL), Decreto 126/2008, de 21 de noviembre, publicado en el BOCAIB de 2 de diciembre de 2008.
- Plan Territorial de Contingencias por Contaminación Marina Accidental en la Ciudad Autónoma de Ceuta, de 18 de julio de 2011, publicado en el Boletín Oficial de la Ciudad de Ceuta del 23 de abril de 2013.
- Plan Territorial de Contingencias de Protección de la Ribera del Mar Contra la Contaminación Marina para el tramo Costero afecto a la Ciudad Autónoma de Melilla (PROLIME) de febrero 2019. Publicado por la Ciudad Autónoma de Melilla el 20 de abril de 2020.

Figura 4.12: Los diferentes niveles de emergencia establecido según el RD 1695/2012



Fuente: [8].

4.3 Lucha Contra la Contaminación Marina por Hidrocarburos

4.3.1 Localización de los Derrames

Desde las últimas décadas se ha tratado de encontrar la respuesta adecuada a los derrames, es decir, el sistema capaz de controlar y dominar cualquier derrame de hidrocarburos. Sin embargo, está asumido que no exista ese método definitivo. No se encuentran dos situaciones de derrames iguales y la labor para intentar resolver un gran vertido es de extraordinaria dificultad, haciendo falta un alto grado de imaginación para la improvisación y una gran destreza para identificar y especificar el equipo más conveniente para combatir el escenario creado por un determinado derrame.

Siempre hay que tener presente que, al encontrarnos ante una contaminación producida por un derrame, la mejor opción será siempre la recogida física del petróleo ante cualquier otro método de lucha contra el vertido.

La recogida de hidrocarburos sobre el mar es altamente complicada y dependiente de las condiciones climatológicas. Actualmente, todavía no se ha logrado un método completamente eficaz para recoger físicamente el petróleo en mar abierto. Incluso con los mecanismos más desarrollados, no es posible en todos los casos retirar el petróleo del agua, ya que la dificultad podrá provenir de las condiciones atmosféricas o por las características del propio estado del petróleo.

Seguidamente, se detalla un resumen de los diversos métodos y tipos de equipos más destacados en la lucha contra los derrames de hidrocarburos, prestando especial atención a las limitaciones de cada sistema y remarcando los aspectos más positivos, siendo conscientes que “no existe ningún sistema simple, ni perfecto” para neutralizar cualquier tipo y tamaño de derrame de hidrocarburos en la mar.

Un punto que ayudará mucho en la eficacia a la hora de atacar un vertido y que resulta imprescindible es localizar rápidamente el vertido, para poder valorarlo y poder tomar las medidas adecuadas para la protección de las costas que puedan estar amenazadas por la contaminación.

Localizar el vertido e interpretar su aspecto para hacer una valoración aproximada de la cantidad y tipo de producto contaminante suele ser difícil. En ocasiones, el tiempo y el estado del mar en la zona de búsqueda pueden ser desfavorables. No se pueden olvidar distintos fenómenos que suelen presentarse en el agua, semejantes al petróleo flotante, que pueden inducir a errores. Entre estos fenómenos se cuenta con: sombras proyec-

tadas por nubes, rizo en la superficie del agua, masas de algas en aguas poco profundas, diferencias de color entre dos o más zonas de aguas contiguas, etc.

El reconocimiento aéreo es fundamental para poder dar una respuesta eficaz a un vertido de hidrocarburos en la mar, tanto para su localización como para posibilitar el control de toda la operación de limpieza. Para el reconocimiento de aguas próximas a la costa son muy útiles los helicópteros. En mar abierta es más adecuado el avión, al tratarse de largas distancias y rumbos rectos de patrulla. La labor se verá facilitada si se dispone del rumbo e intensidad del viento y corrientes marinas, ya que ellos determinan significativamente el movimiento del vertido a flote.

Un método muy utilizado para detectar los derrames de hidrocarburos en la mar es mediante satélites. Para este fin se utilizan los Landsat [23], [127], que son unos satélites construidos y puestos en órbita por los EE. UU. y en concreto por su Agencia Espacial – NASA- (National Aeronautics and Space Administration), para la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Los Landsat giran alrededor de la Tierra a 705 km de altura y están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multispectral.

El primer satélite LandSat (en principio denominado ERTS-1) se lanzó el 23 de julio de 1972.

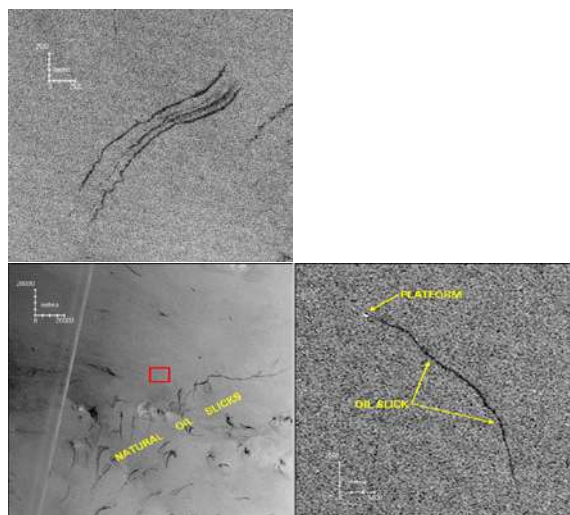
La serie de satélites LandSat y año de su lanzamiento es:

Landsat 1: 1972	Landsat 2: 1975	Landsat 3: 1978
Landsat 4: 1982 (Lanzamiento fallido)	Landsat 5: 1985	Landsat 6: 1993
Landsat 7: 1999	Landsat 8: 2013	Landsat 9: 2021

El último satélite lanzado es el LandSat 9, se puso en órbita el 27 de septiembre 2021. El LandSat 7 es capaz de conseguir una resolución espacial de 15 metros y desde el año 2004 está plenamente operativo. El LandSat 8, juntamente con el LandSat 7, incrementa la cobertura de la superficie terrestre. Los cinco primeros satélites se encuentran fuera de servicio.

Mediante el satélite LandSat se puede detectar y hacer el seguimiento de la contaminación marítima, incluso se puede llevar el seguimiento (“tracking”) de los buques en sus singladuras por el litoral. Este sistema es muy útil para localizar derrames de hidrocarburos y los buques responsables de los vertidos. La eficacia del sistema se puede ver incrementada con la utilización complementaria de sistemas de identificación de buques, como el LRIT (Long Range Identification and Tracking of Ships – Identificación y Seguimiento de Buques a Largas Distancias).

Figura 4.13: Imágenes tomadas en el campo petrolífero del Golfo de Méjico el 6 de agosto de 1997.



Fuente: [122].

A la derecha se observa una capa de petróleo emanando de una plataforma petrolífera localizada al norte de una gran fuga natural de petróleo al borde de la plataforma continental. La caja roja encuadra el área amplificada a la derecha. Arriba a la izquierda se observa una marea negra alargada y esparcida por el viento, una imagen típica de filtraciones naturales del fondo del mar. El punto de origen del petróleo está debajo del extremo norte de cada mancha. A medida que el viento y las mareas alejan el petróleo de su punto de origen, la mancha se va estrechando hasta que deja de detectarse por el satélite, en este caso, a 19 kilómetros del punto de origen.

Se denominan hidrocarburos aquellos compuestos orgánicos que están formados por hidrógeno y carbono como elementos más abundantes [110], llegando a ser el 98% para algunos y el 100% en derivados de refinería. Si nos basásemos en su comportamiento al ser derramados en la mar, podríamos hacer la distinción entre el “hidrocarburo no persistente”, que tiende a desaparecer rápidamente de la superficie de la mar, cómo es el caso de la gasolina, nafta, queroseno y diésel, y el “hidrocarburo persistente”, que se disipa más lentamente y requiere operaciones de limpieza, como la mayoría de los crudos y productos refinados pesados.

Entre las características de los hidrocarburos podemos mencionar:

- La gravedad específica: Es su densidad con relación al agua pura. El valor de la gravedad específica afecta al movimiento de la mancha derramada, a la extensión y a su dispersión en el agua.
- La viscosidad: Es una medida de la resistencia interna al flujo, resultante de los efectos combinados de la co-

hesión y la adherencia. Esta magnitud depende de la temperatura ambiente, de forma que conforme menor es ésta más viscoso es el crudo. No se debe obviar que la densidad de un cuerpo está relacionada con su flotabilidad.

- Tensión superficial: Se denomina así a la fuerza de atracción existente entre las moléculas de la capa exterior de un líquido. Esta propiedad, junto con la viscosidad, afecta también a la extensión del crudo derramado. Cuanto menor es la tensión superficial del crudo, mayor es la velocidad de esparcimiento. La tensión superficial se ve afectada de forma inversa con la variación de la temperatura.

La organización Marítima Internacional (IMO), consciente desde sus inicios de la importancia de la retirada de los derrames de hidrocarburos, ha elaborado el Manual sobre la contaminación ocasionada por hidrocarburos, el cual se divide en seis partes, tal como indica en “Lista de orientaciones y manuales relativos al Convenio de cooperación y al Protocolo de cooperación-SNPP de la OMI” [55].

Parte I – Prevención (edición de 2011).

Parte II – Planificación para contingencias (edición de 1995).

Parte III – Salvamento (edición de 1997).

Parte IV – Lucha contra los derrames de hidrocarburos (edición de 2005).

Parte V – Aspectos administrativos de la lucha contra la contaminación por hidrocarburos (edición de 2009).

Parte VI – Directrices de la OMI para el muestreo y la identificación de los derrames de hidrocarburos (edición de 1998).

En un derrame de hidrocarburos en la mar [110], los componentes volátiles se evaporan dentro de las 24 horas posteriores al derrame. De esta forma, derrames de queroseno o gasolina pueden evaporarse totalmente en pocas horas y los crudos ligeros hasta el 40% durante el primer día. Después de producirse la evaporación aumentará la viscosidad.

A las pocas horas del derrame, la mancha comienza a desgarrarse formando estrechas franjas, de 30 a 50 metros de separación y paralelas a la dirección del viento. En esta fase, el papel que jugaba la viscosidad del producto pierde parte de su importancia, quedando aquella a expensas del estado de la mar, vientos y corrientes. A partir de las 12 horas del derrame, la mancha alcanza gran extensión, pudiendo superar los 5 kilómetros cuadrados, lo cual dificultará las labores de contención y recuperación del hidrocarburo.

Como idea general, el grado de dispersión natural de un derrame de hidrocarburos depende fundamentalmente de la naturaleza de este, la fuerza del viento y del estado de la mar.

El movimiento superficial del derrame por la fuerza del viento no es totalmente predecible, si bien estimativamente se ha comprobado que el petróleo flotante se mueve a una velocidad del orden del 3% de la del viento y en su misma dirección. Cuando además existen corrientes de superficie, la fuerza de la corriente se superpone al movimiento producido por el viento. En las inmediaciones de la costa habrá que añadir el efecto de las corrientes de marea.

El método más habitual de reconocimiento aéreo se desarrolla en el sentido normal a la dirección del viento entablado, debido a que el petróleo flotante tiende a la forma de unas franjas paralelas a la dirección del viento, como indicado anteriormente.

Además de los métodos visuales, existen diferentes sistemas tecnológicos que pueden ayudar a la detección del derrame de hidrocarburos, como pueden ser:

- El “SLAR” (Slide looking airborne radar), equipo utilizado para la detección de crudo sobre una extensa zona. No facilita el espesor de la mancha, ya que el sistema se basa en el “efecto calmante” de la mancha sobre la mar.
- El “IRLS” (Infra-red line scanners), se basa en los rayos infrarrojos. Este sistema tiene un campo de visión limitado de la superficie explorada, detectando las diferencias de temperaturas de la superficie de la mar.
- El “UVLS” (Ultra-violet line scanner), basado en la exploración de líneas por rayos ultravioletas. Detecta las diferencias en la luz que refleja la superficie de la mar, sólo se pueden emplear de día.

Es imposible determinar con exactitud la cantidad de petróleo que hay en una mancha flotando, debido a la dificultad para determinar el espesor y extensión de esta, aunque se puede calcular utilizando un método estimativo. La tendencia a extenderse, dependiendo de la densidad del petróleo, es muy rápida. La mayor parte de los petróleos alcanzan el espesor de equilibrio en unos 0,1 mm, teniendo un color negro o marrón oscuro. La coloración o brillo es también indicativo del espesor, las zonas de la mancha emulsificada aparecerán de color marrón anaranjado y las partes de menor espesor se verán como irisaciones plateadas. La mayor parte de las emulsiones flotantes típicas tienen un espesor aproximado de 1 mm.

Para estimar la cantidad de petróleo que hay en una mancha flotante, es necesario determinar la superficie de los diferentes tipos de contaminación observada.

Los datos que facilita el reconocimiento aéreo son muy importantes. Éstos serán de gran utilidad para determinar el método contra la contaminación que utilizaremos. Entre los datos que facilita el reconocimiento aéreo destacan:

- Situación de la mancha.
- Deriva, rumbo y velocidad.
- Tamaño.
- Espesor aproximado.
- Estado y naturaleza del producto.

4.3.2 Modos de Lucha contra la Contaminación Marina

Entre los efectos producidos por un derrame de hidrocarburos están:

- los directos, producidos por el petróleo sobre la flora y fauna del fondo del mar.
- los producidos a largo plazo.
- los producidos por el movimiento del petróleo hundido.

A medida que se van evaporando los componentes ligeros, la viscosidad va aumentando y el residuo de petróleo llega a tomar una consistencia parecida al betún o alquitrán.

El efecto de un derrame de hidrocarburos sobre el mar dependerá de las características de la forma en que han irrumpido en el medio marino (naufrajo de un buque, etc.) y de los procesos naturales a los que se ven sometidos después del derrame.

No existen dos situaciones de derrame de hidrocarburos iguales y el trabajo para tratar de resolver un gran vertido

es extremadamente difícil, ya que se necesita de una gran imaginación para la improvisación y una gran destreza para determinar el equipo más adecuado para combatir el derrame específico.

Cuando se produce un derrame de hidrocarburos en la mar se puede optar entre las siguientes respuestas [110], [56]:

- Contener y recoger los hidrocarburos del medio marino.
- Vigilar su comportamiento sin intervención inmediata.
- Dispersar químicamente los hidrocarburos en la columna de agua.

Para llevar a cabo estas operaciones existen técnicas diferentes que día a día van evolucionando.

- Para contener una mancha de hidrocarburos: obstáculos físicos como son los distintos tipos de barreras o cercos.
- Para retirar los hidrocarburos: utilización de “skimmers”, etc.
- Para transferir los hidrocarburos a la columna de agua: dispersantes.

La oportuna actuación contra un derrame debe decidirse cuando los hidrocarburos están ya en el mar.

Para contener con eficacia un derrame es muy importante, aunque no suficiente, contar con una organización que considere los aspectos logísticos, organizativos, traslados y utilización del equipo, de modo que se pueda actuar con rapidez. En los planes

de contingencias [7], habrá que prever la necesidad de obtener rápidamente datos sobre el estado de la mar, las condiciones meteorológicas y sobre las características de los hidrocarburos. Hay que documentarse sobre las características ecológicas del mar y de la zona costera, disponer de información detallada sobre la importancia socioeconómica de los diversos sectores de la zona, como la vulnerabilidad de las instalaciones industriales, las pesquerías, bancos de marisco, instalaciones de acuicultura, instalaciones de actividades turísticas, playas de recreo, etc. Es necesario definir los objetivos de toda respuesta frente a un derrame de hidrocarburos, objetivos que normalmente tendrán carácter nacional [41].

Sin duda, de las tres técnicas indicadas para hacer frente a un derrame de hidrocarburos en la mar, la ideal sería la retirada física de los hidrocarburos del medio marino. En términos generales, los dispositivos existentes para contener los derrames y posterior recogida de los hidrocarburos mediante raseras o absorbente, tienen una alta eficacia en aguas relativamente tranquilas.

En un plazo de tiempo suficiente, la naturaleza elimina por sí misma los hidrocarburos. Por lo tanto, podría ser prudente tomar la decisión de vigilar y no hacer nada si hay razones para considerar que la mancha se desplaza mar adentro y será dispersada de modo natural sin llegar a ser una amenaza ecológica o, si sopesados los remedios activos se llega a la conclusión de que el no hacer nada causará menos daños.

Cuando la extracción mecánica no resulte eficaz y el no hacer nada entrañe repercusiones o daños, habrá que valorar la posibilidad de una dispersión con productos químicos. Para hacer frente a un gran derrame puede ser necesario combinar los medios disponibles.

Cualquier método de recogida mecánica será más fácil de ejecutar si la capa de petróleo es relativamente gruesa.

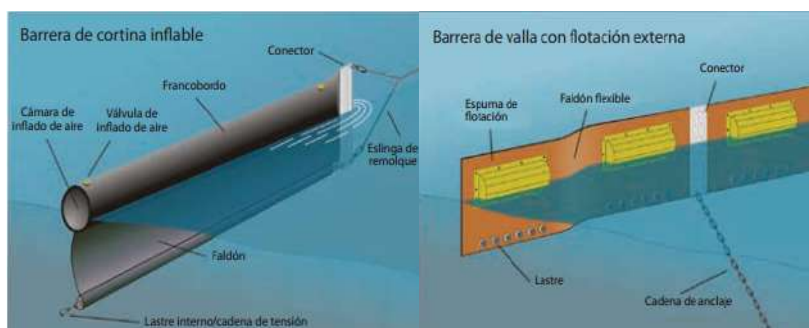
El principal medio para la contención de hidrocarburos en la mar son las barreras [69], las cuales están diseñadas para la contención o desvío de los hidrocarburos derramados.

En términos generales podemos agrupar las barreras dentro de los siguientes diseños:

- Barreras inflables, el inflado puede ser manual o automático. La cámara de aire es segmentada y circular y es la que define el franco bordo de esta. La parte sumergida o faldón suele ser de lona. Se suelen utilizar en mar abierta.
- Cercos de faldilla o barreras de valla, compuesta por una pantalla flexible continua, sumergida y sostenida por una cámara de flotación de sección circular, contando con un lastre que le da la verticalidad. Estas barreras se usan para protección y contención en puertos y aguas abrigadas.

Figura 4.14: Imágenes de barrera de cortina inflable.

Figura 4.15: Imágenes de valla con flotación externa



Fuente: [69]

La característica más importante de un cerco o barrera es su capacidad de contención del petróleo, determinada por su comportamiento en relación con el movimiento del agua. El dispositivo deberá poseer la suficiente flexibilidad para adaptarse al movimiento de las olas, pero también deberá ser lo suficientemente rígida para retener tanto petróleo como sea posible.

Otras importantes características de las barreras son la solidez, facilidad y velocidad de conexión de sus elementos.

Para calcular la fuerza aproximada F (Kg.) que actúa sobre una barrera que tiene una superficie A (m^2) y que se encuentra bajo el efecto de una corriente de velocidad V (nudos), puede utilizarse la siguiente fórmula [69]:

$$F = 26.A.V^2$$

De esta fórmula se deduce que, si la velocidad de la corriente se duplica, la carga sobre el cerco (barrera) se hace cuatro veces mayor.

La fuerza (F_v) ejercida directamente por el viento (V_v , velocidad del viento en nudos) sobre el francobordo (A_v , superficie del francobordo en m^2) del cerco será:

$$F_v = 26.A_v.(V_v/40)^2$$

La suma de ambas nos da la fuerza total resultante, la cual se debería al efecto combinado de la corriente y el viento.

La flexibilidad de las barreras y las formas curvas que adoptan llevan a una reducción de las fuerzas que afectan a la misma, proporcionando un margen de seguridad al cálculo efectuado.

La utilización de un determinado tipo de cerco vendrá determinada por distintos factores, como pueden ser:

1. Localización del lugar.
2. Elección del tipo de cerco y la longitud o tramos necesarios.
3. Determinación del lugar de largado.
4. Definir el procedimiento y medios necesarios para la acción.
5. Definir la derrota para llevar el cerco al lugar del empleo.

Existen otros tipos de barreras, menos utilizadas y de utilización más puntual, como son las barreras de aire a presión o de burbujas, barreras absorbentes (para pequeños derrames o sellado de barreras), barreras químicas (efectividad muy limitada), entre otras.

Las barreras en la mar deben extenderse, de modo que se intente almacenar en el “saco” que se genera la máxima cantidad de hidrocarburo posible, para posteriormente poder recogerlo. En términos generales, indicaremos que se pueden remolcar barreras de unos 300 metros en configuración de U, V o J, mediante dos embarcaciones:

- Formación en V: Dos embarcaciones tiran de la barrera formando una V. En la parte posterior de la barrera se colocará el dispositivo recolector.
- Formación en U: Al igual que el anterior recoge el crudo en el seno de la barrera.

- Formación en J: Esta operación se realiza con dos embarcaciones que con la barrera adquieren forma de J. La embarcación más retrasada despliega en el seno de la barrera una rasera.

Figura 4.16: Izquierda, barrera inflable desplegada en configuración U. Derecha, barrera de cortina en configuración en V



Fuente: [69]

El propósito final es intentar agrupar el derrame para su posterior recuperación en alta mar. Para ello, se intentará que el hidrocarburo que flota en el agua y que se acerca con la barrera pueda ser succionado, y en función de la técnica utilizada se determinará en gran medida el tipo de recolectores (skimmers) a emplear.

Los dispositivos de recuperación del hidrocarburo derramado en agua, conocidos con el nombre de raseras o “skimmers”, pueden dividirse según el sistema que empleen:

- Skimmers tipo vertedero, torbellino y vacío.
- Oleofílicos.
- De disco de adherencia.

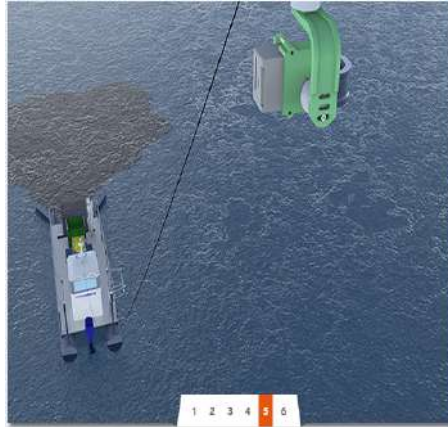
En general, todos los equipos de recogida mecánica se pueden agrupar en los de succión, los de absorción y los de adherencia. Los sistemas de recogida mecánica de hidrocarburos están formados por un elemento de recuperación de petróleo, un sistema de recolección y un sistema de conexión a una bomba para el trasiego del hidrocarburo recolectado a un tanque de almacenamiento de recogida.

Los equipos de recogida se pueden clasificar en dos tipos fundamentales:

- El basado en una rasera o Skimmer, formado por un dispositivo de succión, a través del cual y por medio de bombas, el petróleo es aspirado de la superficie del agua.
- El que está constituido por dispositivos que utilizan las propiedades oleófilas de cintas, tambores, discos y cuerdas sintéticas. Este método tiene una elevada relación de recuperación de petróleo con respecto al agua. Estos sistemas trabajan mejor con petróleos de viscosidad media, entre 100 – 200 centistokes (i).

Otro método para la recuperación de hidrocarburos es mediante embarcaciones especializadas en la retirada de los hidrocarburos de la mar. Éstas llevan a bordo instalaciones de recepción del hidrocarburo y equipos para trasvasar el producto. Los métodos que estos buques emplean para recuperar los hidrocarburos se basan en los que anteriormente se han descritos. Las embarcaciones más modernas pueden llevar un globo que facilita la localización de la mancha del vertido.

(i) El centistokes (cSt) es un submúltiplo del stokes, unidad de medida de la viscosidad cinemática de un fluido en el sistema cegesimal. Equivale a la centésima parte de un Stokes.

Figura 4.17: Embarcación de retirada de hidrocarburosFuente: www.semec.es

En general, el rendimiento de los distintos métodos de recolección es bajo, a no ser que se opere en aguas tranquilas y/o abrigadas y con capas de hidrocarburos relativamente gruesas.

4.3.3. Tratamiento Químico de los Derrames. Dispersantes

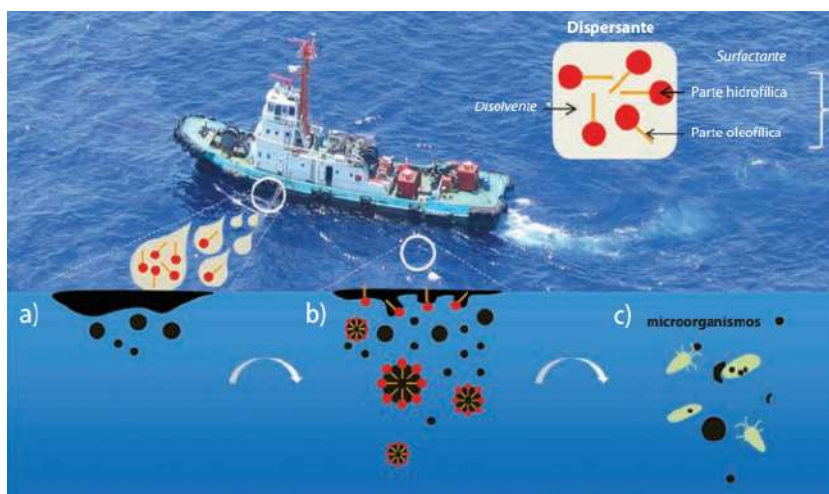
Cuando el petróleo que flota sobre la superficie del agua es tratado y agitado con un producto químico apropiado, se disgrega en partículas de diferente tamaño [92]. Éstas tenderán a subir a la superficie con una velocidad que depende de su tamaño y de la relación entre las densidades del petróleo y del agua. Las gotas de un tamaño inferior a un cierto límite no ascenderán nunca, formarán una emulsión de petróleo en el agua.

El efecto de romper el petróleo en gotas incrementa la superficie externa del hidrocarburo en contacto con el exterior y por tanto la velocidad de biodegradación, ya que las bacterias sólo pueden atacar la superficie exterior, por lo que a mayor superficie mayor rapidez de descomposición del petróleo.

El efecto de dispersión se logra con dos operaciones: Primero, se aplica el dispersante de modo uniforme sobre el petróleo flotante y luego, mediante agitación se mezcla el petróleo tratado con el agua del mar rompiendo la mancha de petróleo en pequeñas gotas. La misma agitación distribuirá las pequeñas partículas de petróleo a través de una gran masa de agua, de forma que existe muy poca probabilidad de que vuelvan a acercarse y aglomerarse.

La toxicidad de los petróleos para la vida marina es muy variable. Algunos combustibles ligeros tienen una alta composición de toxicidad, pero en la mayoría de los crudos y combustibles pesados la proporción de componentes tóxicos es pequeña, además dicha toxicidad tiende a desaparecer rápidamente tras un vertido debido a la evaporación.

Figura 4.18: Proceso de dispersión química, a) aplicación dispersante, b) disgregación de las gotas c) gotas agitadas que finalmente se degradan por los microorganismos.



Fuente: [70].

Los dispersantes [70] suelen presentarse en dos formas: Concentrados y No Concentrados.

- a) De segunda generación o Tipo I: Son dispersantes llamados No Concentrados, convencionales o hidrocarbonados, constituidos por un disolvente a base de hidrocarburos que contienen entre el 15% y el 25% de agentes tensoactivos. Están pensados para ser empleados mediante rociado desde embarcaciones. Se utilizarán en estado puro, no deben ser diluidos con agua de mar, ya que así se vuelven totalmente ineficaces. Las dosis de empleo están entre 1:1 y 1:3.
- b) De tercera generación: Concentrados. Constituidos por un disolvente a base de alcohol o glicol, con una fuerte concentración de agentes tensoactivos. Las concentraciones de agentes tensoactivos se sitúan entre el 25% y el 65%. Se subdividen en dos subtipos: Tipo II necesita diluirse en agua de mar antes de utilizarse en proporción mínima del 10%, requiriéndose de 2:1 a 1:5 (dispersante/agua a hidrocarburo) para ser eficaces. Tipo III se utilizan en estado puro, son muy útiles aplicados desde aeronaves. Las dosis de empleo oscilan entre 1:5 y 1:50.

Para obtener un dispersante eficaz, tanto los convencionales como los concentrados requieren un cuidadoso proceso de mezclado y agitación con el petróleo una vez llevada a cabo la aplicación del producto. Para los concentrados, el movimiento natural del mar suele ser suficiente para romper y disgregar en gotitas la mancha flotante tratada.

Figura 4.19: Aplicación de dispersante desde una embarcación



Fuente: [70]

Los objetivos de los dispersantes se pueden resumir en:

- Fraccionar las manchas de petróleo en multitud de pequeñas gotitas dispersas en la mar.
- Evitar que esta emulsión o dispersión se corte, o sea, que las pequeñas gotas se aglomeren de nuevo al poco tiempo de su dispersión.

Mediante el uso de los dispersantes se pretende asegurar que las manchas contaminantes alcancen su degradación y desaparición natural.

Los dispersantes pueden evitar la llegada a la costa de masas compactas de hidrocarburos que destruirían áreas biológicas sensibles. No se pueden utilizar los dispersantes en las proximidades de la costa o zonas con fondos de alto valor biológico y medioambiental.

El tiempo en que un determinado petróleo tarda en volverse resistente a los dispersantes por el efecto combinado de la evaporación y la emulsión, no es probable que se prolongue más allá de uno o dos días. Como idea general, es muy posible que la

mayoría de los dispersantes sean ineficaces para hidrocarburos con una viscosidad superior a 5.000 – 10.000 centiestokes (cSt).

El método de aplicación de un dispersante depende principalmente del tipo de producto utilizado, del tamaño y la localización de las manchas de petróleo flotante.

Los parámetros que hay que considerar para elegir un dispersante son los siguientes:

- Toxicidad para la vida marina, tanto del dispersante, como de la mezcla petróleo-dispersante.
- La persistencia del dispersante en el mar deberá ser del mismo orden de magnitud que la del petróleo a dispersar.
- Eficacia bajo las condiciones dadas de utilización.

Las propiedades físicas de un vertido se modifican a gran velocidad si no se emplean técnicas de urgencia y rápida aplicación, y puede hacer inútil el empleo de dispersantes. El empleo de aeronaves, además de las ventajas de una rápida respuesta, asegura un elevado ritmo de tratamiento y garantiza la máxima relación eficacia/coste en el empleo de dispersante.

Figura 4.20: Aplicación de dispersante desde aeronave.



Fuente: [70]

Únicamente los dispersantes de tercera generación [70] empleados sin diluir son aptos para el rociado aéreo, ya que no requieren un proceso de agitación adicional por ser suficiente el producido por el movimiento natural de las olas. Para calcular el ritmo de tratamiento (litros/hectárea), como regla general, la mayoría de los petróleos que permanecen líquidos en la superficie del mar se extienden hasta alcanzar un espesor medio de 0,1 mm. en unas cuantas horas. Con este espesor, el volumen de petróleo que hay en una hectárea deberá ser:

$$10^{-4} \text{ m} \cdot 10^4 \text{ m}^2 = 1000 \text{ litros.}$$

Para una dosificación de 1:20, el ritmo de tratamiento deberá ser de 50 litros/hectárea.

Con una franja de rociado efectiva de 15 metros de ancho, una aeronave volando sobre el mar a 90 nudos (45 m/seg.) aplicará el dispersante de 50 litros/hectárea, es decir, 0,005 litros/m² haciendo el cálculo del caudal de descarga como sigue:

Ritmo de tratamiento x ancho franja x velocidad = caudal descarga
 $0,005 \text{ l/m}^2 \cdot 15 \text{ m} \cdot 45 \text{ m/seg.} = 3,37 \text{ l/seg.}$ (aprox. 202 l/min.).

El ritmo de tratamiento de unos 50 l/hectárea ha demostrado ser el apropiado en muchas circunstancias. Las manchas muy gruesas pueden necesitar un incremento de ritmo de tratamiento con objeto de lograr la dosificación más efectiva. El ritmo de tratamiento puede controlarse en vuelo, variando la velocidad del avión y del caudal de descarga del dispersante.

La altitud usual es de 15 a 30 metros, dependiendo del tamaño del avión y de las condiciones del tiempo.

El conocimiento de las propiedades físicas del petróleo vertido nos dará una clara indicación de las posibilidades existentes para que el dispersante resulte eficaz.

Cuando la temperatura ambiente es baja, disminuye la velocidad de difusión y aumenta la viscosidad del crudo. Por lo tanto, se recomienda que si la temperatura ronda los 0°C se caliente el dispersante antes de ser aplicado. Se han desarrollado técnicas basadas en la utilización de sensores que suministran información instantánea que permiten determinar la cantidad de petróleo que realmente está siendo dispersado.

La rapidez y coordinación son fundamentales en estas operaciones. Es muy importante disponer de una buena organización en tierra para que el avión pueda estar actuando sobre la mancha de petróleo el mayor número posible de horas.

En resumen, la lucha contra la contaminación del mar por hidrocarburos mediante el empleo de aeronaves [70] tiene las siguientes características:

- El rociado desde el aire tiene las ventajas de una respuesta rápida, elevado ritmo de aplicación de dispersante, optimización en la aplicación del dispersante y buena evolución de los resultados.
- El rociado desde el aire tiene una mayor eficacia/coste comparado con otros métodos de limpieza.
- El grado de dosificación dispersante/petróleo más recomendable varía entre 1:5 y 1:30, aunque la proporción se decide “in situ”, según el caso concreto.
- El dispersante deberá aplicarse pulverizado en pequeñas gotas de un diámetro óptimo de 600 a 800 μm , ya que las gotitas con diámetro demasiado pequeño

podrán ser desviadas por el viento más allá de los hidrocarburos que se pretenden tratar. Por otro lado, las gotitas demasiado grandes se hunden y se pierden en la masa de agua que está debajo de la mancha.

- La efectividad del dispersante está limitada por la viscosidad del petróleo o de las emulsiones agua/petróleo que se van a atacar. El objetivo de este método debe ser la parte más gruesa de la mancha de hidrocarburos.

La aplicación del dispersante desde buques de superficie se hace por medio de tangones de rociado con boquillas, conectados a bombas eléctricas de suministro y tanques de almacenamiento. Esta aplicación dependerá en gran medida del estado de la mar. Cuando se utilizan dispersantes de tercera generación o concentrados con la mar en calma, son necesarias unas “paletas batidoras” para hacer la mezcla. Si no se dispone de paletas batidoras se podrán utilizar las hélices de los buques para proporcionar la energía mezcladora necesaria.

Entre las características de la aplicación de dispersantes desde embarcaciones destaca:

- La aplicación del dispersante es lenta y la anchura de barrido se limita a unos 20 metros. Este método es adecuado para combatir manchas próximas a la costa.
- En ocasiones hará falta observación aérea que auxilie a la embarcación para seguir una trayectoria adecuada para atacar la mancha.
- Los tangones rociadores deben estar diseñados de tal forma que proporcionen un rociado uniforme de gotas de dispersante, no en forma pulverizada.

- Es preferible aplicar el dispersante sin diluir, puesto que de lo contrario es más fácil la pérdida de efectividad.
- El efecto de las hélices de la embarcación aumenta la dispersión.

Los dispersantes como norma no deben aplicarse por medio de dispositivos contra incendios del buque, pero en caso de necesidad, cuando se utilice un monitor contra incendios o una manguera contra incendios, los tangones rociadores se deben colocar formando un ángulo de 32 grados aproximadamente sobre la horizontal, consiguiendo con ello un óptimo rendimiento. En la superficie del agua las gotas deben producir una fina lluvia, pero no una neblina. La concentración del dispersante en el agua deberá ser ajustada alrededor del 10%.

Figura 4.21: Preparación de un fluorómetro remolcado para medir la eficacia del dispersante en la mar.



Fuente: [70]

4.3.5. Biodegradación de Hidrocarburos.

La biodegradación es la transformación del petróleo en otros compuestos, fácilmente incorporados al medio ambiente sin producir contaminación. La biodegradación está basada en la acción de bacterias, hongos, fermentos y otros microorganismos, los cuales utilizan los hidrocarburos como fuentes de alimentación [110].

La clase de bacterias y otros microorganismos que originan la biodegradación del petróleo existen en el medio acuático marino. La biodegradación natural es un proceso complejo y lento que depende de factores como la temperatura del agua, la existencia de nutrientes en la zona, el tipo de hidrocarburos y la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Los microorganismos clave de la biodegradación y su cantidad van variando con el tiempo en función de la composición del hidrocarburo.

El aumento de la temperatura favorece la biodegradación [71]. Actualmente se está avanzando mucho en el estudio del genoma de estos microorganismos para determinar su adaptación en cada clase de hidrocarburos [103].

Los nutrientes principales necesarios son compuestos de nitrógeno y fósforo [103], los cuales normalmente existen en pequeñas cantidades en el medio marino, por lo que, ante la proliferación de bacterias por la presencia de hidrocarburos pronto escasean y de esta forma disminuyen o se puede paralizar la acción microbiana. La demanda de oxígeno, debido a la actividad bacteriana, conduce a su escasez, que producirá la disminución de la biodegradación natural.

La biodegradación natural comienza en la primera semana después del derrame [56], haciéndose máxima entre la segunda

semana y un mes, para luego decrecer y seguir un lento proceso que puede durar años. Suministrando los nutrientes necesarios, se puede lograr que el proceso de biodegradación se acelere.

Ante las dificultades para contener y recoger el petróleo por medios mecánicos, las restricciones de usar dispersantes en algunos países y la lentitud del proceso natural de biodegradación, hay métodos tendentes a favorecer la acción natural de los microorganismos existentes e incluso introducir cultivos de bacterias preparadas.

Los estudios que se vienen realizando en el campo de la biodegradación artificial están enfocados a los siguientes aspectos [71], [103]:

- Uso de nutrientes y oxígeno para favorecer la actividad de los microorganismos existentes en el lugar contaminado.
- Uso de microorganismos aislados y cultivados por métodos convencionales.
- Posible uso de microorganismos obtenidos mediante investigaciones de su genoma.

El uso de nutrientes consiste en suministrar a los microorganismos naturales existentes en la zona contaminada elementos válidos para su desarrollo y reproducción, principalmente nitrógeno, fósforo y oxígeno. Hay microorganismos que se alimentan además de hidrocarburos y, consecuentemente, su proliferación acelerará el proceso de eliminación del petróleo. El derrame del MT “Exxon Valdez” en las costas de Alaska fue el accidente donde se utilizó de modo novedoso este método. Ahí se empezó a utilizar el término “bioremedios” para este tipo de soluciones en la lucha contra la contaminación.

Los criterios a considerar al tomar la decisión sobre el uso de nutrientes podrían ser:

- Conocimiento de los productos químicos que componen los nutrientes.
- Detallada información del petróleo.
- Conocimiento de que el nutriente no tiene efectos secundarios nocivos.

La utilización de microorganismos consiste en identificar y aislar bacterias existentes en el medio marino, que tengan la propiedad de utilizar los hidrocarburos como fuentes de alimentación (*Alcanivorax*, *Cycloclasticus*, etc) para que, una vez cultivadas en grandes cantidades y acondicionadas para su manejo, se puedan introducir en los lugares contaminados, consiguiendo el mismo efecto que por biodegradación natural pero mucho más rápido en función del incremento de bacterias [103].

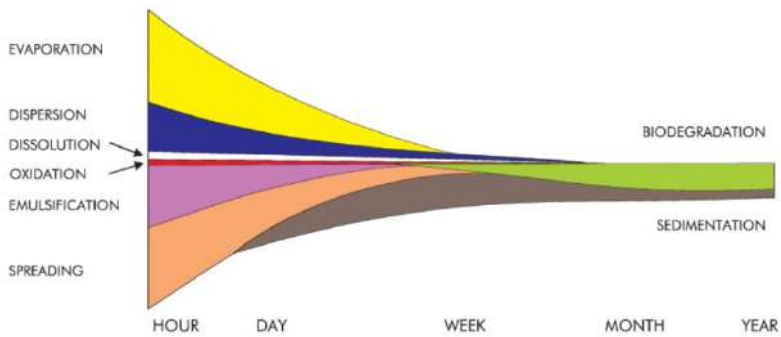
En experimentos previos se consiguió identificar y aislar una bacteria denominada “*pseudomonas putida*”, que es capaz de degradar diferentes clases de hidrocarburos, aunque es más eficaz con los de bajo peso molecular. Los productos finales de la degradación son agua y CO_2 . La máxima eficacia de la bacteria se ha observado a temperaturas de 30 a 34°C, aunque también es efectiva a bajas temperaturas, en cuyo caso se necesitan mayores cantidades de preparado, siendo la toxicidad de estas bacterias bastante baja [71].

El preparado de las bacterias se puede presentar en forma de polvo o de líquido. El producto en polvo está compuesto por bacterias y un aditivo que se puede conservar activo durante un año a temperatura ambiente. El preparado líquido es una

suspensión de bacterias en una solución, que debe conservarse a temperatura de entre -20 y -30°C , para que mantenga su eficacia durante un año.

Como colofón a este apartado, se incluye la ilustrativa imagen de la evolución temporal de los procesos físicos y químicos, en la tarea de la lucha contra la contaminación marina procedente de los derrames de hidrocarburos.

Figura 4.22: Evolución temporal de los procesos físico-químicos.



Fuente: [78].



⊗ 5 MECANISMOS DE PROTECCIÓN DEL MEDITERRÁNEO

5.1 Centro Regional de Respuesta a las Emergencias por Contaminación Marina (REMPEC).

Tal como se ha expuesto en el punto 4.2.3.2 de este trabajo, en la Convención Internacional que se celebró en Barcelona en febrero de 1976, se adoptó el Convenio Internacional para la protección del Mar Mediterráneo contra la contaminación y dos Protocolos, uno sobre la prevención de la contaminación causada por vertidos desde buques y aeronaves, y otro sobre la cooperación en situaciones de emergencia. El Convenio y los Protocolos entraron en vigor en febrero de 1978. En la actualidad vinculan a las veintidós partes contratantes (países) del Convenio de Barcelona y a la Unión Europea. Desde 1989, al Centro Regional para Combatir los derrames de Petróleo (ROCC) en el mar Mediterráneo se le han ampliaron sus responsabilidades, además de las petrolíferas, a otras sustancias nocivas, pasando a llamarse “Regional Maritime Pollution Emergency Response Center for the Mediterranean Sea” (REMPEC). En 2001 se ampliaron sus funciones, cooperando desde ese momento en la prevención de la polución desde los barcos y en caso de emergencia [1].

A modo de resumen, podríamos agrupar las funciones de REMPEC en [1]:

- Fortalecimiento de las capacidades de lucha contra la contaminación por hidrocarburos desde los buques de los estados ribereños de la Región, asegurando la efecti-

vidad de la implantación de normas reconocidas a nivel internacional, facilitando la cooperación entre los países contratantes, especialmente en los casos de emergencia cuando exista un peligro para el medio marino.

- Desarrollar la cooperación regional en el campo de la prevención de la contaminación del medio marino causada por los buques, así como facilitar la cooperación entre los Estados ribereños del Mediterráneo.
- Ayudar a los Estados ribereños del Mediterráneo que lo soliciten, en el desarrollo de sus propias capacidades nacionales, para combatir la contaminación por hidrocarburos u otras sustancias nocivas. Facilitar el intercambio de la información, cooperación y desarrollo formativo.
- Ayudar a los Estados costeros de la Región en casos de emergencia, si así lo solicitan, ya sea directamente o mediante la obtención de ayuda. Organizar simulacros de entrenamientos entre los diferentes estados y situaciones de emergencia, conducente a una adecuada formación regional para casos de emergencia. Elaboración de planes de emergencia.

A título de ejemplo, REMPEC organizó del 24 al 26 de junio de 2013 el ejercicio de Operación de Coordinación de Vigilancia Aérea de la contaminación ilícita desde los buques en el Mediterráneo Occidental (OSCAR-MED 2013), coordinado por SASEMAR a través del Centro de Coordinación de Rescate Marítimo en Palma de Mallorca, España. Los aviones aterrizaban en el Aeropuerto de Palma de Mallorca [96].

Este ejercicio representó el segundo intento de cooperación en la Región Mediterránea y de aunar operativas aéreas en la lu-

cha contra las descargas ilícitas. Mediante esta cooperación se pretendía aumentar el área de cobertura, así como alcanzar el intercambio de información en la detección de la contaminación entre los diferentes países y depurar los procedimientos de persecución a buques infractores. El primer ejercicio de este tipo, en el que participaron Francia, Italia y España, estuvo basado en Hyère, Francia en el año 2009.

En el ejercicio participaron un total de cinco aeronaves de vigilancia de los siguientes países: Francia, Marruecos, Argelia, España e Italia. También participaron Mónaco y Túnez.

El propósito de OSCAR-MED fue evidenciar la cooperación regional de la vigilancia aérea para detectar contaminación ilícita desde buques en el Mar Mediterráneo. La operación fue soportada por el servicio de imágenes por satélite CleanSeaNet, creado por EMSA-Agencia Europea de Seguridad Marítima en el año 2007.

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través de la Dirección General de Marina Mercante, la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima y la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA), ha realizado a lo largo de los años diversos ejercicios de salvamento y lucha contra la contaminación marina del Mediterráneo. A nivel nacional se han efectuado distintos ejercicios en los últimos años, entre ellos:

- a) Ejercicio de lucha contra la contaminación marina en Vigo 26 de julio 2013 [116].

La Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima, dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA), realizaron el 26 de julio 2013 un ejercicio de lucha contra la contaminación marina en la ría de Vigo.

El objetivo del simulacro se centró en verificar el correcto funcionamiento y la correcta implantación de los procedimientos de solicitud de apoyo y la cooperación operativa entre Salvamento Marítimo y el sistema de respuesta de lucha contra la contaminación desarrollado por la EMSA.

Aunque ha habido un número muy pequeño de accidentes en el mar Mediterráneo, y la mayoría de los derrames importantes han ocurrido en otras zonas del mundo, el riesgo es evidente y se impone la toma de decisiones de carácter preventivo.

- b) Ejercicio de lucha contra la contaminación marina en **Málaga** 19 y 20 de noviembre 2019 [114].

El ejercicio POLEX 2019 se circunscribió al ámbito nacional de salvamento y lucha contra la contaminación marina. Fue organizado por la Dirección General de la Marina Mercante y la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima. Los ejercicios se realizaron los días 19 y 20 de noviembre del año 2019 frente a las costas de Málaga.

El objetivo del simulacro se centró en establecer los mecanismos de respuesta ante un suceso de contaminación marina accidental grave en situación de emergencia, mediante la creación de los órganos precisos y la coordinación de las diversas administraciones públicas competentes.

5.2. Estructura Nacional

En España el responsable de la prevención y lucha contra la contaminación accidental del mar desde los buques es el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y dentro de éste la Dirección General de la Marina Mercante [34]. Sin embargo, dada la trascendencia que la contaminación marina puede alcanzar, el ordenamiento jurídico organiza la implica-

ción de distintos niveles de la administración (ver figura 4.12). Adicionalmente, cabe destacar la implicación del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, así como las distintas Consejerías de Medio Ambiente de los distintos gobiernos Autonómicos y los diferentes Delegados/Concejales de Medio Ambiente de los Municipios, generalmente costeros.

Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) es el organismo encargado de velar por la limpieza del mar territorial, controlando su contaminación mediante la vigilancia del cumplimiento de las normas nacionales e internacionales. A estos efectos, pueden imponer multas conforme a lo dispuesto en los artículos 312 y 315 del Real Decreto Legislativo 2/2011 de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante [38].

Las multas podrán ser de distintos tipos en función del tipo de infracción:

- 1.- Infracción leve: multa de hasta 60.000 euros. Son competentes los Capitanes Marítimos.
- 2.- Infracción catalogada como grave y la originada por contaminación del medio marino: la multa será de hasta 601.000 euros. El competente para la imposición de la sanción es el Director General de la Marina Mercante.
- 3.- Infracción muy grave por contaminación del medio marino: la sanción de hasta 3.005.000 euros. El competente de la sanción es el Ministro de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a propuesta del Director General de la Marina Mercante (DGMM), en los casos de infracción muy grave y si la cuantía es inferior a 1.202.000 euros. Cuando la cuantía sea superior a la suma indicada, la

competencia será del Consejo de Ministros a propuesta del Ministro de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

La DGMM cuenta con tres departamentos, todos ellos con el rango de Subdirección General [81].

- De Seguridad, Contaminación e Inspección Marítima.
- De Normativa Marítima y Cooperación Internacional.
- De Coordinación y Gestión Administrativa.

La encargada de la protección del medio ambiente marino es la Subdirección General de Seguridad, Contaminación e Inspección Marítima. Esta Subdirección cuenta con las siguientes competencias [34]:

- a) Ordenación y control del tráfico marítimo. Señalización marítima. Control de la situación, registro y abanderamiento de buques civiles, así como la regulación de su despacho, auxilio, salvamento, remolque, hallazgos y extracciones marítimas.
- b) Registro y control del personal marítimo civil, control de las composiciones de las dotaciones de los buques civiles, determinación de las condiciones de idoneidad y profesionalidad, dentro de la cual están las titulaciones profesionales y deportivas.
- c) Prevención y lucha contra la contaminación marina procedente de buques y plataformas fijas, así como la limpieza de aguas marítimas.
- d) Las relacionadas con la seguridad de la vida humana en el mar y de la navegación. Inspección de los buques en cumplimiento con el Convenio SOLAS y demás normas internacionales.

En el ámbito internacional, la DGMM es responsable de todo lo relacionado con el Comité de Seguridad Marítima (MSC) de la OMI y, a su vez, es responsable de lo relacionado con el Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI, en lo referente a la contaminación.

La DGMM cuenta con Delegaciones Periféricas denominadas Capitanías Marítimas [14].

Ya que no es posible controlar las operaciones de los buques ni la contaminación del mar desde un solo centro, la DGMM cuenta con 30 Capitanías Marítimas y 78 Distritos Marítimos. Las Capitanías Marítimas son las encargadas de aplicar en su ámbito territorial la legislación en vigor, y poner en práctica las instrucciones y directrices emanadas de la DGMM.

La estructura de las Capitanías Marítimas está encabezada por el Capitán Marítimo, del cual dependen los Distritos Marítimos asignados a éstas. Del Capitán Marítimo dependen jerárquicamente tres áreas funcionales.

- Área de Inspección Marítima.
- Área de Tráfico Marítimo, Despacho, Registro, Personal Marítimo y Asuntos Generales.
- Área de Seguridad Marítima y Prevención y Lucha contra la Contaminación del Medio Marino.

Las Capitanías Marítimas y Distritos Marítimos ejercen todas aquellas funciones relativas a la navegación, seguridad marítima, salvamento marítimo y lucha contra la contaminación del medio marino en aguas situadas en zonas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción.

Los medios operativos materiales con los que el Estado cuenta están adscritos a la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR). Es una entidad pública empresarial adscrita al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través de la Dirección General de la Marina Mercante. Fue creada en 1992 por la Ley 27/92 de Puertos del Estado y de la Marina Mercante [34].

Una de las competencias principales de SASEMAR es la lucha contra la contaminación, indicando en el artículo 268 de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante [38], que el objeto de la Entidad de Salvamento y Seguridad Marítima es: *“...la prestación de los servicios públicos de salvamento de la vida humana en la mar, y de la prevención y lucha contra la Contaminación del medio Marino, la prestación de los servicios de seguimiento y ayuda al tráfico marítimo, de seguridad marítima y de la navegación, de remolque y asistencia a buques, así como la de aquellos complementarios de los anteriores”*.

Para ejercer sus labores, SASEMAR dispone de 1 Centro Nacional de Coordinación de Salvamento (CNCS) ubicado en Madrid y 19 Centros de Coordinación de Salvamento (CCS) repartidos por toda la costa.

Figura 5.1: Centros de Coordinación de SASEMAR.



Fuente: [112]

Las unidades propias con las que cuenta SASEMAR se distribuyen estratégicamente por los cerca de 8.000 kilómetros de la costa española. Están compuestas por 73 unidades marítimas, 11 helicópteros, 3 aviones de ala fija y equipos de intervención subacuática [112].

SASEMAR dispone de seis bases estratégicas ubicadas en La Coruña (Fene), Santander, Castellón, Cartagena, Sevilla y Tenerife. Desde los Servicios Centrales de la Sociedad en Madrid se realiza la coordinación de los trabajos de dichas bases.

Las bases estratégicas de lucha contra la contaminación marina tienen como objetivos principales:

- El mantenimiento y reparación de los equipos de salvamento y lucha contra la contaminación de SASEMAR para poder prestar servicios ante cualquier incidente.
- Infraestructura logística para coordinar una rápida actuación ante cualquier emergencia.

Los componentes básicos del material de cada base son:

- Cercos/barreras de contención de hidrocarburos.
- Equipos de recuperación de hidrocarburos de la superficie del mar.
- Tanques flotantes de almacenamiento del hidrocarburo recuperado.
- Equipos de buceo y elementos para las operaciones consideradas especiales.

Salvamento Marítimo cuenta con dos bases de actuación subacuática permanentes ubicadas en La Coruña (Fene), Cartagena.

Figura 5.2: Bases estratégicas y subacuáticas de SASEMAR.

Fuente: [112]

Todos los incidentes de contaminación marina acaecidos dentro de las 200 millas náuticas correspondientes a la Zona Económica Exclusiva de España deben ser inmediatamente informados al “Focal Point” (coordinador) nacional, situado en Madrid en el Centro Nacional de Coordinación de Salvamento (CNCS), conocido internacionalmente como Maritime Rescue Coordination Center (MRCC). El CNCS coordinará con los CCS y/o SASEMAR en función donde haya acaecido el incidente.

La coordinación de las medidas contra la contaminación marina son responsabilidad última del Subdirector General de Seguridad, Contaminación e Inspección Marítima, bajo la supervisión del Director General de la Marina Mercante, a través de la red de Centros de Coordinación de Salvamento (CCS). El CNCS de Madrid es el responsable de la coordinación centralizada de los centros y de establecer cooperación con los centros de coordinación extranjeros, si fuese necesario.

Si el derrame ocurre o tiene incidencia en aguas interiores o impacta en la línea de costa, conforme al artículo 5 punto 5

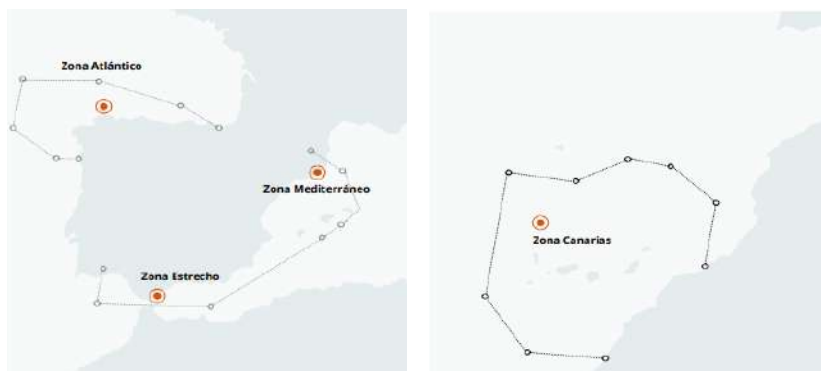
de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, será competencia de la Comunidad Autónoma que así lo tenga su-
mido en su estatuto de Autonomía [38] en coordinación con
el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. En
el Real Decreto Legislativo 2/2011 Ley de Puertos del Estado
y de la Marina Mercante, en el Título II, Capítulo I, artículos
263 y siguientes, definen claramente las competencias del Mi-
nisterio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y del resto
de administraciones.

Por lo que se refiere al Mar Mediterráneo, España cuenta con
los siguientes corresponsales operativos en el Ministerio de
Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y por delegación en
la Dirección General de la Marina Mercante (Focal Point's), en
virtud del Convenio de Barcelona y el Protocolo de Prevención
y Emergencia, y en estrecha relación con REMPEC.

- Focal Point Gubernamental, Autoridad Nacional com-
petente, responsable de implantar el Protocolo de Pre-
vención y Emergencia.
- Focal Point de Prevención, Autoridad Nacional com-
petente, responsable de la prevención de la contamina-
ción desde los buques.
- Focal Point de OPRC, Autoridad Nacional competen-
te, responsable de la prevención y de la lucha contra la
contaminación.
- Centro Nacional o Punto de Contacto (operativo 24
horas al día), responsable para recibir informes de acci-
dentes de contaminación marina.
- Autoridad Nacional competente, responsable de tra-
tar los asuntos relacionados con la asistencia mutua en
caso de emergencia.

Cada estado ribereño tiene asignado internacionalmente un área concreta de responsabilidad en materia de salvamento, y ese será su ámbito de actuación. Concretamente, el área de España se extiende sobre un millón y medio de kilómetros cuadrados, equivalente a tres veces el territorio nacional.

Figura 5.3: Mapa zonas SAR asignadas a España en el Atlántico y el Mediterráneo.



Fuente: [115]

El ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico publica que, en términos de colaboración internacional, España tiene firmados acuerdos con otros países en materia de salvamento y lucha contra la contaminación marina [42], [113]:

- Prefectura Marítima del Atlántico (Francia) - Plan Golfo de Vizcaya: Plan de intervención franco-español en casos de salvamento y lucha contra la contaminación.
- Prefectura Marítima del Mediterráneo (Francia) - Plan Golfo de León: Plan de intervención franco-español en casos de salvamento y lucha contra la contaminación.
- Centro de Documentación de Investigaciones y Experimentación-CEDRE (Francia): Colaboración para

el desarrollo de métodos y técnicas en casos de lucha contra la contaminación.

- El Reino de España ha formalizado también acuerdos con el de Marruecos y con el Reino Unido, en materia de salvamento marítimo y lucha contra la contaminación.

España, a través del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, está integrada la European Maritime Safety Agency - EMSA (Agencia Europea de Seguridad Marítima), por ser miembro de la Unión Europea.

La Unión Europea (UE), como consecuencia del accidente del MT ERIKA en 1999, mediante el Reglamento (CE) 1406/2002 de 27 de junio de 2002, modificado por el Reglamento (CE) 724/2004, por el Reglamento (UE) 100/2013 y finalmente por el Reglamento (UE) 911/2014, puso en marcha lo que hoy conocemos como EMSA, una de las más determinantes iniciativas de la UE a fin de garantizar un nivel elevado, uniforme y eficaz de seguridad marítima y de prevención de la contaminación por los buques en el transporte marítimo en Europa. Ese mismo año, en noviembre del 2002, acaecería el accidente del MT PRESTIGE.

EMSA se encarga de dar asistencia técnica y científica a la Comisión Europea en los campos de la seguridad marítima y la prevención de la contaminación desde los buques [118].

El Consejo de Administración EMSA [118] está formado por un representante de cada estado miembro (28), cuatro representantes de la Comisión y cuatro profesionales de los sectores más relevantes. Además, Noruega e Islandia como miembros “asociados”. El Consejo de Administración es el encargado de nombrar el director ejecutivo de la Agencia.

La organización interna de la Agencia se divide en tres departamentos:

1. Servicio Corporativos.
2. Seguridad y Normativa.
3. Operaciones.



❧ 6. FACTORES DE RIESGO PARA UN VER- TIDO ACCIDENTAL

Seguidamente se procede al estudio de la zona del Mediterráneo occidental próxima a cap de Creus, valorando los factores fundamentales que podrían incidir en un eventual derrame de hidrocarburos.

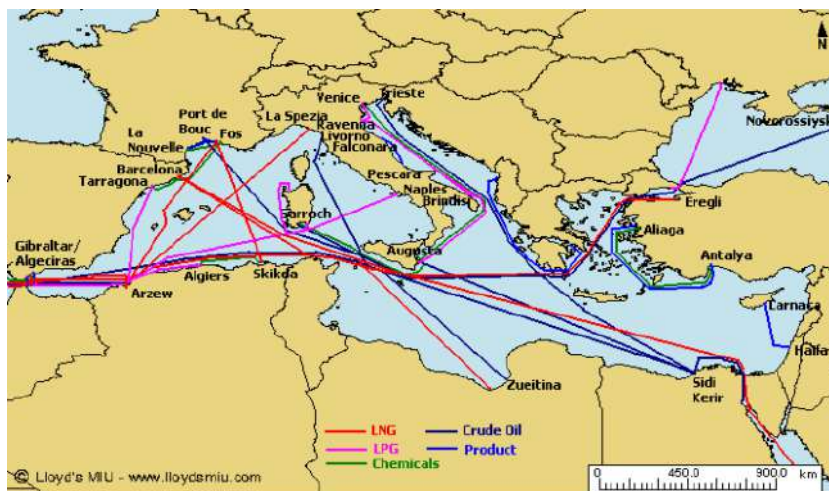
Para valorar el riesgo se tienen en cuenta los siguientes factores: tráfico marítimo, oleaje, morfología y edad de la flota que constituye el mencionado tráfico.

6.1 Tráfico Marítimo

El transporte de productos petroquímicos y en especial de hidrocarburos, ha aumentado en las últimas décadas (figura 4.5) tanto a nivel mundial como en el Mediterráneo, aunque actualmente se ha moderado la tendencia alcista. La eventualidad de una catástrofe, a causa de la cual los productos peligrosos para el hombre y el medio ambiente fuesen derramados, aumenta inicialmente en la misma proporción. La intensidad del tráfico de productos peligrosos es importante sobre todo en ciertas zonas: las “rutas longitudinales” Gibraltar-Suez y Bósforo; las “rutas transversales” que unen el Sur del Mediterráneo con los complejos petroquímicos del Sur de Europa, en particular españoles, franceses e italianos; y las “rutas de cabotaje” sobre todo en las costas de los países mencionados del Sur de Europa. El riesgo de accidente es particularmente importante en los estrechos (Gibraltar, Bósforo y Mesina), en las rutas costeras en ciertos sectores (a lo largo de la península italiana o el archipié-

lago griego) y en las zonas de intersección y convergencia de rutas.

Figura 6.1: Actividades de la industria del petróleo en el mar Mediterráneo.



Fuente: [44]

El Mar Mediterráneo se encuentra sometido a un peligro potencial latente, que viene determinado por una serie de factores, entre los cuales destacan los siguientes, [77], [44]:

- Un importante tráfico anual de hidrocarburos, del orden de unos 421 millones de toneladas de crudo, más unos 31 millones de toneladas de LNG y otros 20 millones de toneladas de LPG.
- Unos 72 millones de toneladas del tráfico de crudo transitaron por el Mediterráneo en rutas entre puertos No mediterráneos.
- El 18% del crudo que se transporta en el mundo pasa por el Mediterráneo.

- El incremento de la producción de mercancías en los países tradicionalmente exportadores y una suave tendencia al incremento en el tráfico de crudo.
- Los proyectos de nuevos oleoductos que desembocarán en el Mediterráneo y que pueden incrementar en unas 2.000 el número de escalas de petroleros en los puntos de carga.

Figura 6.2: Oleoductos para crudo en el Mar Negro y el Mediterráneo Oriental.



Fuente: [44].

- Aumento de la exportación de crudo de los países de la zona del Mar Negro.
- Uno de los más significativos cambios que veremos en los próximos años será el desarrollo de las rutas mediterráneas para el transporte del crudo, desde la región del mar Caspio por el mar Negro vía el Estrecho del Bósforo.
- El sector de los contenedores está teniendo un importante impacto en el Mediterráneo. El flujo de porta-

contenedores se incrementará aunque no al mismo nivel que los tráficos, ya que los buques están tendiendo a grandes dimensiones de su capacidad de carga. Actualmente, el MSC Tessa botado el 1 de agosto del año 2022 alcanza los 24.000 TEUS de capacidad de carga.

- También se espera que la demanda de LNG se incremente notablemente en los próximos años, por lo que el número de este tipo de buques se verá incrementado, especialmente alrededor de España y de Italia.

La información relativa al tráfico en el Mediterráneo es en conjunto muy heterogénea y difícilmente completa, aunque facilita una primera apreciación global de las principales rutas y del número de buques. Por otro lado, hay que tener en cuenta la dificultad y el tiempo que se necesita en elaborar estudios tan completos como el aquí utilizado [44], el cual sigue siendo “el estudio” de referencia para organismos tan importantes como REMPEC, SAFEMED, IMO, UNEP y MAP. Para tener un mejor conocimiento del tráfico de hidrocarburos y productos petroquímicos están ayudando muy notablemente los modos unificados y electrónicos de transmisión de datos como son, entre otros:

- El Documento Unificado de Despacho de Buques [39] con la obligatoriedad de informar de las mercancías peligrosas a bordo [40] conforme al código IMDG, su clase, número ONU, unidad de estiba, cantidad y mercancía, así como al Capítulo III del RD 201/2004.
- El sistema AIS (Automatic Identification System – Sistema Automático de Identificación): El objetivo fundamental del sistema AIS es permitir a los buques informar de su posición y datos relevantes, para que otros buques o estaciones puedan conocerla [11]. El AIS fue

aprobado por la IMO en el 2002 [93], con un calendario de implementación según las características del buque, terminando el 31 de diciembre de 2004 para los buques sometidos al Convenio SOLAS y en España conforme al Capítulo II del RD 201/2004 [40]. El estándar AIS es un mensaje con formato obligatorio, entre los datos principales están:

- Número IMO / Distintivo de llamada / Nombre del buque.
- Posición, Longitud y Latitud.
- Rumbo sobre el fondo / Rumbo en la giroscópica.
- Tipo de buque / Cargamento.
- El sistema LRIT (Long Range Identification and Tracking of Ships) [68] de identificación de buques, implantado por la IMO a nivel mundial a través de una enmienda al Convenio SOLAS (Enmienda V/19-1, MSC.202 (81)), nombrando a la IMSO (International Mobile Satellite Organization) coordinador de este nuevo sistema mediante la resolución MSC.275(85). Este sistema entró en vigor el 1 de enero del 2009.

El principal propósito del sistema LRIT de identificación y seguimiento de buques es obtener la identificación de un buque y su localización con la suficiente antelación ante la imposibilidad de contactar con un determinado Gobierno. Este sistema proporciona los datos suficientes como para poder evaluar el riesgo a la seguridad que un buque puede ocasionar frente a la costa [124].

Los buques informan automáticamente de su posición cada seis horas al satélite. Éste a su vez se los trasmite al centro de recepción de datos. En la Unión Europea, el receptor de los datos

LRIT es EMSA (sita en Lisboa), la cual reenviará los datos al estado europeo que los solicite [68], [124].

Cuando sea requerida o la valoración de riesgo por parte de EMSA lo determine, los receptores de la información LRIT serán:

- los “Estados de la Bandera del buque”, con todos los informes que requieran.
- Los países costeros, dentro de las 1000 millas del buque.
- Las Capitanías Marítimas, de cualquier buque que escale en ese puerto.
- El servicio SAR, de buques que estén en cualquier lugar.

En el año 1968 se estableció por parte de la IMO el Sistema de Separación de Tráfico del Estrecho de Gibraltar (Strait of Gibraltar TSS – Traffic Separation Scheme), para regular y mejorar el tráfico de buques en una de las áreas de mayor tráfico marítimo del mundo. El 14 de marzo del 2006, la IMO adaptó el TSS a las nuevas necesidades de regulación del tráfico, surgidas a raíz de la puesta en funcionamiento del puerto de Tánger Med. [61].

Adicionalmente, la IMO ha dotado al litoral mediterráneo español de otros dos TSS (Esquema de Separación de Tráfico), como son:

- TSS off Cabo de Gata, 20 de diciembre de 1998 y revisado el 26 de mayo de 2006 [58].
- Cape Palos TSS y TSS off Cape La Nao, 25 de abril de 2002 [59], [60].

Tal como indica la IMO en el acta de la sesión 48th del Subcomité de Seguridad en la Navegación en relación a Cabo Palos [59]: “.....es una de las aéreas de la Península Ibérica con una densidad de tráfico más alta. Muchas de las rutas marítimas que se dirigen a los puertos de Valencia, Castellón, Tarragona, Barcelona, Sète, Marsella, Savona, Génova, etc. pasan por las inmediaciones. El 70% del comercio del Mediterráneo Europeo es manipulado en esos puertos. Adicionalmente a la gran densidad de tráfico del área, los puertos de Castellón y Tarragona tienen refinería de petróleo, así pues, también hay un importante tráfico de petróleo y de refinados, con el asociado factor de riesgo”.

En España hay cuatro refinerías en las costas del mar Mediterráneo, las cuales están ubicadas en los puertos de Algeciras, Cartagena, Castellón y Tarragona, perteneciendo a las empresas Cepsa, Repsol, BP y Repsol, respectivamente. A través del puerto de Cartagena se abastece mediante oleoducto a la refinería Repsol de Puertollano, que hasta el año 2000 se abastecía a través del puerto de Málaga.

Figura 6.3: Capacidad de las refinerías españolas.

Capacidad de las refinerías españolas								
			Unidades en miles de toneladas					
		Año	Crudo	Vacio	FCC	Hidrocraqueo	Viscorreducción	Mildhydrocracker
Repsol	Cartagena	2021	11.000	6.000		2.500		3.000
	La Coruña	2021	6.000	2.990	1.710			1.510
	Puertollano	2021	7.500	3.940	1.600			1.830
	Tarragona	2021	9.000	3.700		2.600	1.600	
Cepsa	Bilbao	2021	11.000	4.760	2.280		2.430	1.740
	Tenerife	2021	4.500	462			1.973	
	Algeciras	2021	12.200	4.907	2.095		2.125	1.712
	Huelva	2021	11.200	4.187	1.065	2.750	804	
BP	Castellón	2021	5.400	2.700	1.600			1.400
ASESA	Tarragona	2021	1.400	1.120				
TOTAL			79.200	34.756	10.350	7.850	8.932	6.792
								8.920

Fuente: [21].

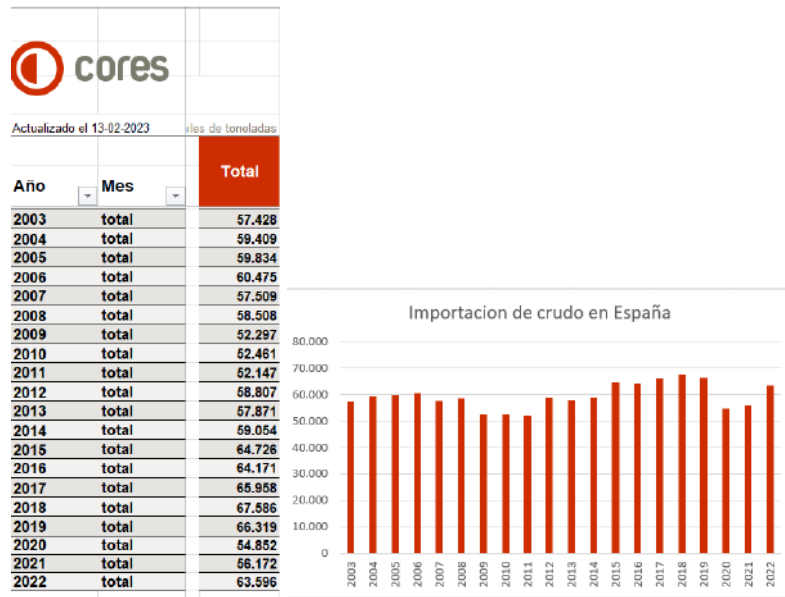
La capacidad de las refinerías que se abastecen a través de puertos ubicados en el mar Mediterráneo, incluida la de Puertollano, es

de 46,5 millones de toneladas al año. Esta cantidad representa aproximadamente el 60% de la capacidad de refino de España.

Una vez analizada la cantidad anual de crudo que se importa en España (tabla 6.1) en su conjunto en los últimos veinte años, se evidencia que estamos en niveles de importación anteriores al descenso motivado por el COVID19, superando los 63 millones de toneladas de crudo. Los niveles de importación de petróleo, aún con ciertas variaciones, se mueven en la horquilla de los 54 a los 64 millones de toneladas anuales, con un nivel medio de importación en estas dos décadas de 59,5 millones de toneladas de crudo.

Tabla 6.1: Importaciones de Crudo en España 2003-2022.

Figura 6.4: Importaciones de Crudo en España 2003-2022.



Fuente: [19]

Con los datos de la figura 6.3 se ha evidenciado que en los puertos del Mediterráneo está ubicado (incluido Puertollano)

el 60% de la capacidad de refino de España. Mediante los datos de la tabla 6.1 se ha constatado que el nivel medio de importaciones de crudo en España es de 59,5 millones de toneladas al año. Con la información obtenida se puede deducir que por los puertos españoles de la costa mediterránea se mueven unos 35,7 millones de toneladas de crudo al año de media, estimándose para el año 2022 unos 38,2 millones de toneladas. Con estos datos, también se evidencia que la capacidad de refino en las refinerías del Mediterráneo durante el año 2022 alcanza un 82% de su capacidad, mientras que la utilización media de estas refinerías se sitúa en un 86,3% en las dos décadas analizadas.

A principios de la década de los noventa se completó la red de oleoductos de CLH (Compañía Logística de Hidrocarburos) a nivel nacional. Los lugares donde no llega la red de oleoductos, como las Islas Baleares o las zonas de influencia de los puertos de Motril, Ceuta y Melilla, se abastecen exclusivamente por vía marítima.

Seguidamente se detalla la cantidad de toneladas de hidrocarburos que se movieron a través de los puertos del litoral mediterráneo español en el año 2021 (datos de Puertos del Estado).

Tabla 6.2: Toneladas de hidrocarburos movidas en los puertos del litoral mediterráneo español 2021

Autoridad Portuaria	Crudo	F.O.	G.O.	GNA	otros Prod.	TOTAL
Baleares	73	49.488	501.537	548.179	9.754	1.109.031
Bahía de Algeciras	10.460.393	8.408.578	2.787.471	4.424.982	602.156	26.683.580
Ceuta	0	303.384	175.277	2.883	555	482.099
Barcelona	105	1.664.937	2.676.819	1.655.455	366.451	6.363.767
Tarragona	9.149.833	2.721.461	1.561.426	523.587	3.144.034	17.100.341
Cartagena	12.502.830	2.069.987	2.576.949	447.159	2.468.494	20.065.419
Almería	0	314	0	0	1.045	1.359
Bahía de Cádiz	24	11.512	6.857	1853	4.853	25.099
Castellón	4.862.177	1.311.844	694.697	1.147.070	72.729	8.088.517
Málaga	0	3.669	42.108	0	1.420	47.197
Melilla	0	43.947	12.618	6.771	331	63.667
Alicante	0	76	0	33	141	250
Motril	0	0	1.120.779	206.056	0	1.326.835
Total	36.975.435	16.589.197	12.156.538	8.964.028	6.671.963	81.357.161

Fuente: Propia, Datos: Puertos del Estado

El importante tráfico marítimo de gasoil evidencia la insuficiente capacidad de refino de crudo que tiene el Mediterráneo español para satisfacer las necesidades de este producto, consecuencia de lo cual, las refinerías españolas importan este producto y lo introducen en la red nacional de oleoductos. El puerto de Barcelona es un importante importador de este producto debido al gran consumo que se produce en su zona de influencia y demuestra la insuficiencia del oleoducto para su posterior distribución.

En relación con las gasolinas, en España se presenta una situación similar al gasoil, ante la insuficiencia de su propia infraestructura productiva, se refleja la necesidad de hacer importaciones de este producto.

El Fuel-Oil sigue siendo combustible base habitual en la mayoría de los buques, las importaciones de ese producto se motivan para dar suministro a los buques y como elemento de refino para los puertos que disponen de refinería de petróleo.

A través de los dos puertos catalanes se movieron en el año 2021 un total de 23.464.108 toneladas de hidrocarburos. Así mismo, en el año 2021 arribaron un total de 10.136 buques mercantes, de los que unos 770 fueron buques tanque.

Seguidamente se detallan las escalas de buques en los puertos españoles del Mediterráneo en el año 2022.

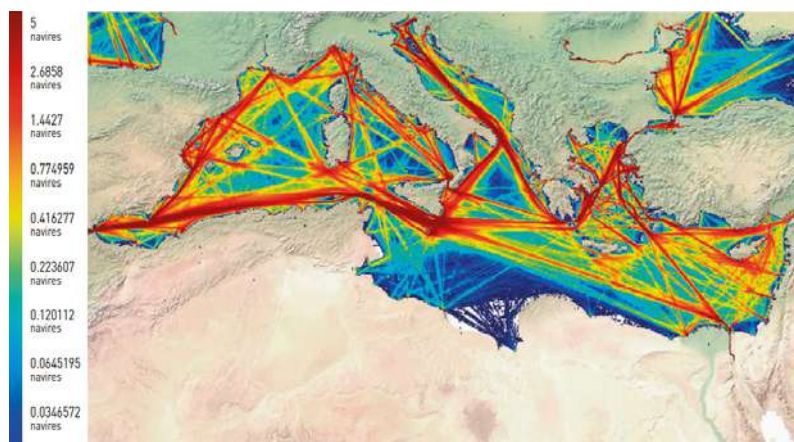
El número de escalas de buques tanque representa de media, aproximadamente, el 7,6% del total, lo que significa en el ejercicio 2022 una cantidad del orden de 8.087 de los 106.139 buques que escalaron en el litoral mediterráneo español.

Tabla 6.3: Escalas de buques en los puertos del litoral mediterráneo español 2021-2022.

13. BUQUES MERCANTES (unidades)			
Autoridad Portuaria	Acumulado desde enero		
	2021	2022	Var. (%)
Baleares	43.635	46.317	6,15
Bahía de Algeciras	19.519	27.772	42,28
Ceuta	7.783	10.116	29,98
Barcelona	7.518	8.715	15,92
Tarragona	2.618	2.319	-11,42
Cartagena	2.078	2.107	1,40
Almería	1.289	1.768	37,16
Bahía de Cádiz	1.518	1.559	2,70
Castellón	1.666	1.527	-8,34
Málaga	1.145	1.430	24,89
Melilla	948	1.197	26,27
Alicante	504	669	32,74
Motril	564	643	14,01
Total	90.785	106.139	16,91

Fuente: Propia, Datos: Puertos del Estado

De los datos planteados hasta ahora y del análisis de las Principales rutas de navegación en el tráfico de hidrocarburos en el Mediterráneo (figura 3.1), se desprende que la zona del mar de Alborán es la zona próxima a la costa española con más tráfico, ya que, además del tráfico del propio eje Este-Oeste, confluye el importante tráfico del eje de la Costa Española que llega hasta Francia o incluso Italia. El tráfico que discurre próximo a la costa, en las inmediaciones del Cabo de Gata, está sometido al Dispositivo de Separación de Tráfico (TSS) Off Cabo Gata. Durante el año 2022 el mencionado Dispositivo de Separación de Tráfico realizó el control de 33.172 buques [84].

Figura 6.5: Densidad de tráfico en el área del mar Mediterráneo.

Fuente: [77]

El estudio de MAP-PB (Plan de Acción del Mediterráneo-Plan Azul) [77] muestra la densidad de las principales rutas marítimas en el mar Mediterráneo, siendo la ruta transversal desde Gibraltar hasta el sur de Sicilia la más concurrida. Igualmente tienen una alta densidad de tráfico la ruta del mar Adriático y la que cruza el mar Egeo hacia el estrecho del Bósforo y el mar Negro.

Especial relevancia tiene la ruta que discurre desde las inmediaciones del Cabo de Gata hasta el puerto de Sete, Marsella y Génova.

El Mediterráneo y especialmente el eje Este-Oeste, soporta un importante tráfico de hidrocarburos en tránsito, que entra y sale del “Mare Nostrum” a través del Estrecho de Gibraltar. Como referencia al elevado volumen de tráfico anual existente, destacan los más de 4.224 embarques en petroleros que transportaron unos 421 millones de toneladas de crudo. De los embarques indicados en buques petroleros, unos 457 transporta-

ron 72 millones de toneladas de crudo en tránsito entre puertos no-mediterráneos [77], [44].

Analizando los valores de Ceuta y de Algeciras, entre los dos puertos del Estrecho escalan el 46% del total de los buques tanque que recalán en los puertos españoles del Mediterráneo. Para centrar aún más el riesgo del Estrecho de Gibraltar, deberíamos sumar el número de escalas de buques tanque que recibe Gibraltar [44], principalmente para hacer consumo (bunkering), las cuales son del orden de 2.460 frente a las 1.610 del puerto de Algeciras [44].

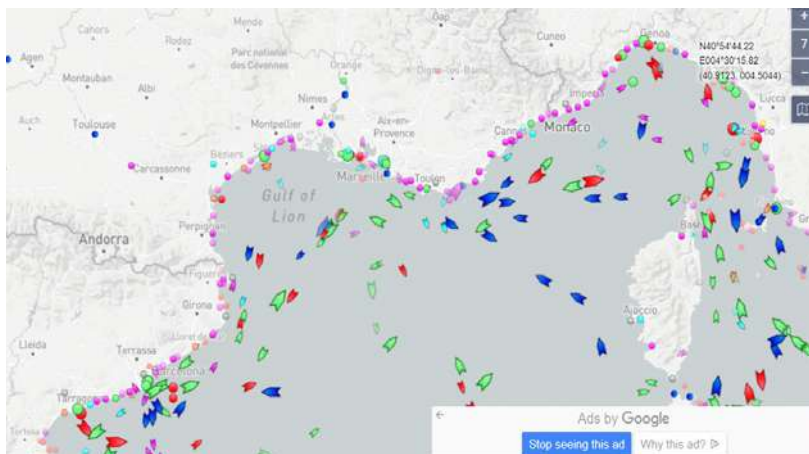
Durante el año 2014 transitaron por el Estrecho de Gibraltar 108.354 buques [84], de los cuales 35.298 fueron “ferry” y embarcaciones de alta velocidad y los otros 73.056 buques correspondieron a mercantes. Con respecto a los buques que transportaron mercancías peligrosas, se pueden estimar entre un 20% - 25% del total de los buques [25]. De los barcos que navegan por el Estrecho de Gibraltar en tránsito, hay que destacar que del orden del 19% corresponde a buques tanque [44].

Una importante cantidad de los buques mercantes que escalan en los puertos del Golfo de León y del noroeste italiano, surcan las aguas del litoral Mediterráneo español procedentes o en demanda del Estrecho de Gibraltar [42].

Durante el año 2007, las importaciones de Francia e Italia de los puertos de Tarragona y Cartagena ascendieron 1.142.376 toneladas (Fuente Puertos del Estado).

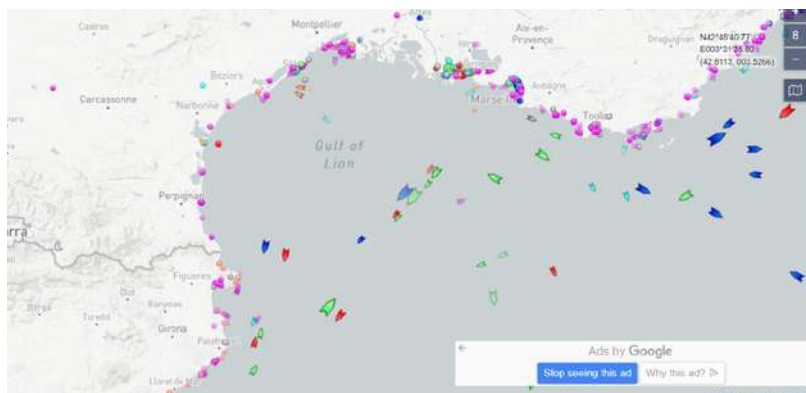
En año 2019 el Puerto de Marsella Fos movió 45,5 millones de toneladas de productos petrolíferos, incluidos 22,5 millones de petróleo crudo, 11 millones de productos refinados y 5,9 millones de toneladas de gas. El número total de escalas ascendió a 9.917 [99].

Figura 6.6: Vista de buques en el Golfo de León (12 marzo 2023)



Fuente: www.marinetraffic.com

Figura 6.7: Vista de buques en las inmediaciones de cap de Creus (12 marzo 2023).



Fuente: www.marinetraffic.com

6.2 Oleaje.

Para poder estudiar el oleaje es necesario hacer valoraciones a largo plazo. Los datos que se pueden obtener se agrupan en tres

categorías: datos visuales, datos instrumentales y datos procedentes de simulaciones numéricas.

Los datos visuales se obtienen mediante observaciones efectuadas por barcos en ruta, a lo largo de todo el mundo, que colaboran con el Centro Meteorológico Mundial de Ashville (EE. UU.). Estos datos sistemáticos empezaron a gestionarse aproximadamente desde 1950. La metodología consiste en que un observador recoge, entre otras, información sobre la altura de ola, periodo y dirección de los estados de mar, el mar de viento (SEA) y el mar de fondo (SWELL). La mar de viento es el oleaje formado por la acción directa y continuada del viento existente, la característica habitual es su irregular apariencia. Por otro lado, el oleaje de tipo SWELL es aquel que ya ha abandonado el área de generación y se propaga a través de la superficie, siendo el resultado un estado del mar más homogéneo y con menor dispersión direccional [117].

La desventaja de la información visual radica en la poca calidad de los datos recogidos, por ser ésta subjetiva, ya que depende de la experiencia y criterio de la persona que recoge los datos. Los datos instrumentales son adquiridos por distintos sensores electrónicos, instalados principalmente en boyas de oleaje en distintos puntos del litoral. Estos dispositivos son capaces de recoger una gran cantidad de información de alta calidad, la cual se transmite, en los intervalos temporales preestablecidos, a un centro de procesamiento de datos. Los datos pueden ser direccionales o escalares. [117], [98].

Al conjunto de todos los datos recogidos a través de la Red de Boyas costeras de Puertos del Estado (PdE) se le denomina datos REDCOS. El conjunto del sistema recoge los siguientes parámetros:

- Oleaje Direccional: Dirección Media, Dirección Media en el Pico de Energía y Dispersión de la Dirección en el Pico de la Energía.
- Oleaje Escalar: Altura Significativa Espectral, Periodo medio Espectral, Altura Media, Periodo asociado a la altura máxima, Periodo Significante [98]. La red REDCOS está desarrollándose a lo largo de la costa. Esta red amplía y actualiza la antigua red de boyas escalares REMRO.

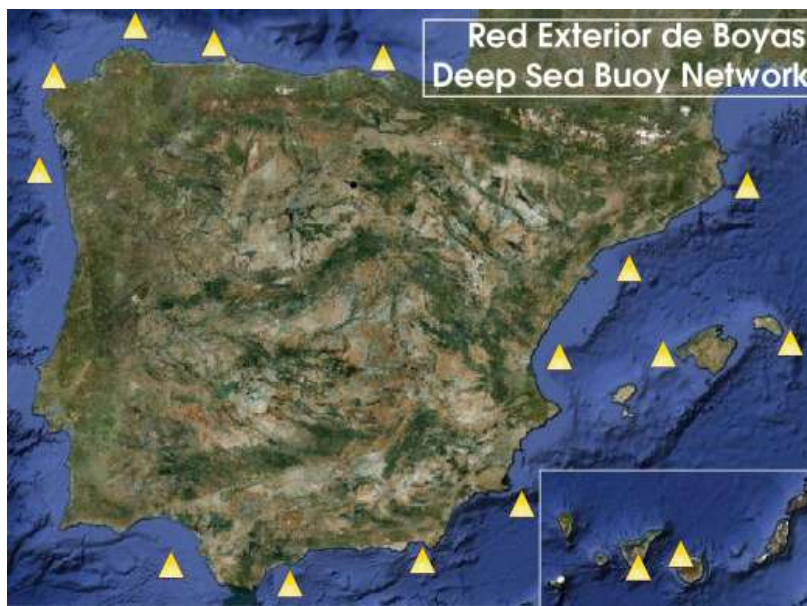
En España, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través de Puertos del Estado, gestiona la red en aguas profundas (REDEXT). Las boyas de esta red están fondeadas a más de 200 metros de profundidad, lejos de la línea de costa

Figura 6.8: Distribución de las boyas de la red costera



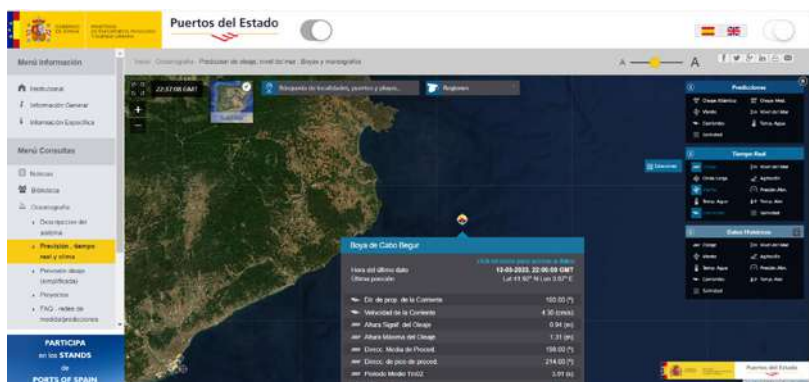
Fuente: Puertos del Estado.

Figura 6.9: Posiciones de medida de la Red Exterior de boyas de Puertos del Estado



Fuente: Puertos del Estado

Figura 6.10: Plano de la ubicación de la boya de Cabo de Begur.



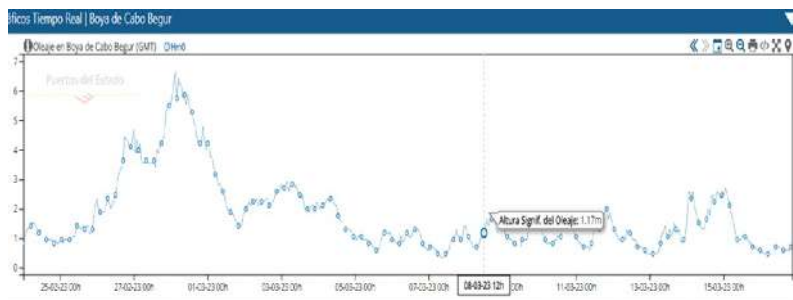
Fuente: Puerto del Estado

Cuando no es posible encontrar información visual ni instrumental, o bien, cuando existen “huecos” en alguna de las zonas por falta de observación y de transmisión de datos, es posible reproducir el oleaje y su predicción a partir del uso de modelos numéricos [117].

Con los datos que proporciona Puertos del Estado, la altura significativa media anual del oleaje en el área de Cabo Begur se situó en el año 2019 en 1,31 metros.

Hay que tener presente que en determinadas épocas del año se alcanzan valores de oleaje muy considerables en diferentes zonas del Mediterráneo. De todas formas, para bien de la navegación, el Mediterráneo es un mar que en un momento dado alcanza altos valores de oleaje, aunque la duración de éstos es corta. La boya de cabo Begur tiene registrada en el año 2019 una altura significativa máxima de 5,91 metros.

Figura 6.11: Altura media del oleaje en Cabo Begur (marzo 2023)



Fuente: www.puertos.es

La Generalitat de Catalunya, a través del programa XIOM (Xarxa de Instrumentació Oceanogràfica i Meteorològica), gestiona cuatro boyas de oleaje a lo largo del litoral catalán, fondeadas en el Golfo de Rosas, La Tordera, Llobregat y Tortosa.

En 1.907, el británico Sir Percy Douglas, estando al frente del recién creado Servicio de Meteorología Naval, estableció un baremo para indicar el estado en el que se encontraba la mar en función de la altura del oleaje, al cual se le llamó escala Douglas [95].

Tabla 6.3: Escala Douglas del estado de la mar de viento.

Cifrado	Nombre	Altura en metros
0	Calma o llana	0
1	Rizada	0 a 0,1
2	Marejadilla	0,1 a 0,5
3	Marejada	0,5 a 1,25
4	Fuerte Marejada	1,25 a 2,5
5	Gruesa	2,5 a 4
6	Muy Gruesa	4 a 6
7	Arbolada	6 a 9
8	Montañosa	9 a 14
9	Enorme	Más de 14

Fuente [109].

6.3 Morfología

La morfología de la zona considerada del Mar Mediterráneo se obtiene de las cartas náuticas y del derrotero del Almirantazgo Británico de la zona. Como se ha analizado previamente, los peligros de accidente que puedan producirse son principalmente debidos a la proximidad de las costas y, fundamentalmente, en los momentos de entrada y salida de los puertos. Analizando los siniestros marítimos, observamos que la inmensa mayoría se producen en el litoral (varadas, colisiones, etc.).

En la zona de navegación al este y al sudeste de cap de Creus se considera una profundidad media de unos 100 metros. En la

zona más septentrional, igual que en la zona oriental, la profundidad va en aumento con rapidez a medida que se va tomando distancia de costa, considerándose una profundidad media de unos 140 metros a los efectos del presente estudio [2].

A la profundidad superior a los cien metros no se le considera ninguna peligrosidad para la navegación, incluso para los petroleros que están en torno a los 20 o 22 metros de calado y que adicionalmente se les dan otros tres metros de resguardo bajo quilla.

6.4 Edad de la Flota

La utilización de un determinado buque en las distintas rutas depende muy directamente de su edad, si bien debemos tener en cuenta que existen básicamente dos tipos de “petroleros”: los buques tanques dedicados al transporte de crudo y los buques tanques dedicados al transporte de refinados. Los primeros mueven grandes cantidades de petróleo crudo y los segundos, buques mucho menores que los primeros, mueven productos petroquímicos/refinados desde las refinerías a los puertos próximos al lugar de consumo.

En la última década, la flota mundial ha aumentado el promedio de edad de los buques, entre otros motivos están las dudas de los propietarios respecto a los combustibles más rentables y a la evolución normativa y tecnológica [17].

El precio del crudo influye en la renovación de la flota. En el último lustro se situó en torno a los 80 USD/Barril de media, y en los últimos meses por encima de los 100 USD/barril. Especial impacto ha tenido la pandemia del COVID-19 en el bajo precio del crudo durante casi un año.

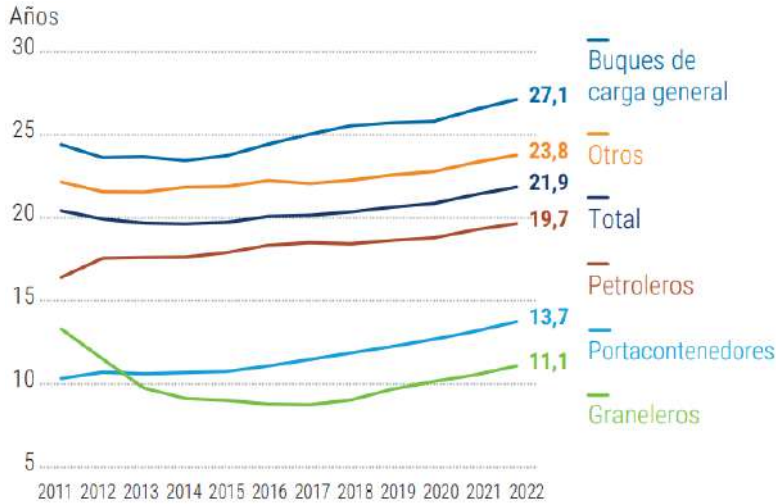
Figura 6.12: Evolución del precio del crudo en los últimos 5 años.

Fuente: www.indexmundi.com

Es evidente que el riesgo de averías crece con los años y, por tanto, también el número de los eventuales siniestros, los cuales serán cubiertos por las Compañías de Seguros. Además, en principio, la edad de los buques genera una sobreprima en la póliza de seguros, si bien, en ciertas ocasiones, la competencia entre las Compañías de Seguros no conlleva en todos los casos la repercusión de dicha sobreprima sobre la póliza del buque asegurado.

La edad de la flota mundial depende básicamente del tipo de buque y del grupo de países que estemos considerando [17]. Desde el año 2011, la flota mundial se ha ido envejeciendo paulatinamente hasta alcanzar actualmente una media ponderada por el número de buques de 21,9 años. Por tipo de buque los más nuevos son los graneleros, seguidos de portacontenedores y petroleros.

Figura 6.13: Promedio de edad de la flota mercante, ponderado por el número de buques, por tipo de buque, 2011-2022.



Fuente: [17].

Figura 6.14: Crecimiento anual de la flota mercante, 1981-2021 Tasa de crecimiento (en porcentaje del TPM).



Fuente: [17].

En el año 2021, la flota mercante mundial creció en torno al 2,9 %, lo que representa la cuarta tasa de crecimiento más baja desde que arrancó el siglo XXI. El tipo de buques que más creció fue el de los dedicados al transporte de gas licuado, gracias a la importante demanda mundial de gas, seguidos de los portacontenedores y los graneleros.

La recuperación del comercio se está viendo obstaculizada por un escaso crecimiento de la flota, falta de inversiones en infraestructuras portuarias adecuadas y la ralentización del consumo mundial motivado por la inflación, la eventual ralentización de la economía china y la incertidumbre por la guerra de Ucrania. Los consumidores están gastando menos, y el gasto se ha desviado en cierta medida de los bienes a los servicios[17].

Las grandes catástrofes y derrames han sido históricamente motivados por los petroleros. La sensibilización y la normativa en vigor han conseguido que la flota de petroleros se haya renovado muy notablemente hasta el 2011, situándose en unos quince años la antigüedad media de este tipo de buques. En esta última década, debido a las incertidumbres indicadas anteriormente, la renovación de la flota de petroleros se ha ralentizado, la media de edad de estos buques se ha incrementado en unos cuatro años.

El otro factor importante que hay que considerar, además de la edad, es la bandera del país de registro de cada uno de los buques, en especial los tanques, que transitan a través del litoral Mediterráneo español. La importancia del pabellón radica en los convenios internacionales que el país en cuestión tiene suscritos e incorporados a su legislación nacional.

España al ser miembro de la IMO y haber suscrito los Convenios Internacionales más exigentes, recibe en sus puertos, ma-

yoritariamente, buques con bandera de países occidentales o buques de terceros países, pero que se encuentran gestionadas por armadores de países occidentales (figura 6.15). La utilización de las “banderas de conveniencia” se centra en una cuestión fiscal y/o de costes. Se puede considerar que mayoritariamente los buques que navegan en tránsito por las aguas de soberanía española, por las que navegan todo tipo de buques al estar en un entorno occidental, están gestionados mayoritariamente por países con altos estándares de cumplimiento de la normativa IMO.

Figura 6.15: Principales pabellones de registro de buques (2019).

Cuadro 2.6 Propiedad de la flota mundial por TPM, 2019									
País o territorio de control		Número de buques			TPM				
		Pabellón nacional	Pabellón extranjero	Total	Pabellón nacional	Pabellón extranjero	Total	Pabellón extranjero como porcentaje del total	Total como porcentaje del total
1	Grecia	670	3 866	4 536	60 776 654	288 418 535	349 195 189	82,60	17,47
2	Japón	875	2 947	3 822	35 532 308	189 588 907	225 121 215	84,22	11,47
3	China	3 987	2 138	6 125	90 930 376	115 370 656	206 301 032	55,92	10,51
4	Singapur	513	1 214	2 727	71 287 105	50 198 543	121 485 648	41,32	6,19
5	Hong Kong (China)	890	738	1 628	72 311 219	25 817 099	98 128 318	26,31	5,00
6	Alemania	212	2 460	2 672	8 365 247	88 167 113	96 532 360	91,33	4,92
7	República de Corea	774	873	1 647	12 418 609	4 282 908	78 701 517	83,81	3,91
8	Noruega	367	1 671	2 038	1 758 664	59 356 435	61 115 099	97,12	3,11
9	Estados Unidos	822	1 153	1 975	9 518 623	48 859 083	58 377 706	83,69	2,97
10	Bermudas	14	518	532	337 958	57 894 249	58 232 207	99,42	2,97
11	Provincia china de Taiwán	134	871	1 005	5 651 439	45 439 668	51 091 107	88,94	2,60
12	Reino Unido	327	1 000	1 327	6 665 237	42 008 100	48 673 337	86,31	2,48
13	Dinamarca	26	954	980	29 405	42 974 866	43 004 271	99,93	2,19
14	Mónaco	-	448	448	-	42 277 013	42 277 013	100,00	2,15
15	Bélgica	107	191	298	10 155 219	20 011 240	30 166 459	66,34	1,54
16	Turquía	484	1 038	1 522	7 164 081	20 445 631	27 609 712	74,05	1,41
17	India	854	165	1 019	16 602 223	8 256 940	24 859 163	33,21	1,27
18	Suiza	30	405	435	1 225 335	23 412 718	24 638 053	95,03	1,26
19	Federación de Rusia	1 356	351	1 707	7 772 112	14 975 374	22 747 486	65,83	1,16
20	Indonesia	2 063	82	2 145	20 768 274	1 526 652	22 294 926	6,85	1,14
21	Países Bajos	708	487	1 195	5 802 564	12 348 682	18 151 246	68,03	0,92
22	Emiratos Árabes Unidos	117	796	913	418 544	17 689 385	18 107 929	97,69	0,92
23	Arabia Saudita	133	151	284	12 877 984	5 214 501	18 092 485	28,82	0,92
24	República Islámica del Irán	172	64	236	3 981 632	13 927 633	17 909 265	77,77	0,91
25	Italia	514	178	692	12 058 223	5 803 985	17 862 208	32,49	0,91
26	Brasil	300	101	401	4 859 921	8 807 661	13 667 582	64,44	0,70
27	Francia	93	342	435	574 475	12 659 787	13 234 262	95,66	0,67
28	Chipre	128	172	300	3 950 928	7 076 469	11 027 397	64,17	0,56
29	Viet Nam	880	140	1 020	7 736 562	1 896 794	9 633 356	19,69	0,49
30	Canadá	217	156	373	2 636 754	6 460 998	9 097 752	71,02	0,46

Fuente: Informe sobre transporte marítimo 2019 (UNCTAD).

Figura 6.16: Principales pabellones de registro de buques (2018).

Cuadro 2.8 Los 35 principales pabellones de registro por TPM, 2018							
	Número de buques	Porcentaje del total mundial de buques	TPM (en miles de toneladas)	Porcentaje del total mundial del TPM	Porcentaje acumulado del TPM	Tamaño medio de los buques (en TPM)	Variación porcentual del TPM de 2017 a 2018
Panamá	7 914	8,40	335 888	17,46	17,46	42 442	-2,04
Islas Marshall	3 419	3,63	237 826	12,36	29,82	69 560	9,91
Liberia	3 321	3,53	223 668	11,63	41,44	67 350	3,10
Hong Kong (China)	2 615	2,78	181 488	9,43	50,88	69 403	4,60
Singapur	3 526	3,74	127 880	6,65	57,52	36 268	2,93
Malta	2 205	2,34	108 759	5,65	63,18	49 324	7,45
China	4 608	4,89	84 184	4,38	67,55	18 269	6,79
Bahamas	1 418	1,51	76 659	3,98	71,54	54 061	-4,14
Grecia	1 343	1,43	72 345	3,76	75,30	53 868	0,14
Japón	5 299	5,63	37 538	1,95	77,25	7 084	7,88
Chipre	1 020	1,08	34 848	1,81	79,06	34 165	3,16
Isla de Man	412	0,44	27 275	1,42	80,48	66 201	9,15
Indonesia	9 053	9,61	22 313	1,16	81,64	2 465	9,95
Madeira	422	0,45	19 105	0,99	82,63	45 273	27,11
India	1 719	1,83	18 481	0,96	83,59	10 751	6,70
Registro Naval Internacional Danés	452	0,48	18 165	0,94	84,53	40 188	7,60
Registro Internacional Noruego de Buques	519	0,55	18 056	0,94	85,47	34 790	-0,76
Reino Unido	1 157	1,23	16 764	0,87	86,34	14 489	5,79
Italia	1 405	1,49	15 090	0,78	87,13	10 740	-5,54
República de Corea	1 897	2,01	14 426	0,75	87,88	7 605	-4,89
Arabia Saudita	380	0,40	13 522	0,70	88,58	35 594	238,90
Estados Unidos	3 692	3,92	12 045	0,63	89,21	3 262	2,48
Bermudas	160	0,17	10 612	0,55	89,76	66 325	-3,01
Malasia	1 704	1,81	10 230	0,53	90,29	6 004	3,88
Alemania	629	0,67	9 936	0,52	90,81	15 797	-5,51
Federación de Rusia	2 625	2,79	8 613	0,45	91,25	3 281	3,45
Antigua y Barbuda	853	0,91	8 578	0,45	91,70	10 056	-15,02
Bélgica	102	0,20	8 407	0,44	92,14	44 255	5,87

Fuente: Informe sobre transporte marítimo 2018 (UNCTAD).

Los buques más grandes del mundo son los petroleros, pero también se encuentra algún buque de graneles sólidos entre este selecto grupo de grandes barcos. En la actualidad, el gigantismo también está llegando a los buques portacontenedores e incluso a los buques de cruceros en lo referente al Peso Muerto (DW – Dead Weight), siendo los primeros los que están alcanzando un mayor tamaño.

Comúnmente aceptada, tenemos la siguiente clasificación de los buques tanque:

Tabla 6.5: Sistema de clasificación de los tamaños de los Buques Tanque AFRA (average freight rate assessment – evaluación de nivel medio de flete) desarrollado por Shell Oil en 1954

Oil-tanker-size-categories			
AFRA-Scale		Flexible-market-scale	
Class	Size-in-DWT	Class	Size-in-DWT
General-Purpose-tanker	10.000---24.999	Product-tanker	10.000---60.000
Medium-Range-tanker	25.000---44.999	Panamax	60.000---80.000
LR1-(Large-Range-1)	45.000---79.999	Aframax	80.000---120.000
LR2-(Large-Range-2)	80.000---159.999	Suezmax	120.000---200.000
VLCC-(Very-Large-Crude-Carrier)	160.000---319.999	VLCC	200.000---320.000
ULCC-(Ultra-Large-Crude-Carrier)	320.000---549.999	ULCC	320.000---550.000

Fuente: [101].

Analizando lo indicado en este capítulo y centrándolo en lo referente al área del Mediterráneo occidental que baña las costas de España, se evidencia que los grandes petroleros que hacen las rutas desde los lugares de carga hasta las refinerías son, en términos generales, buques de edad inferior a los diez-quince años. En general, las rutas que siguen estos petroleros son las marcadas en las figuras 3.1 y 6.5 y van fundamentalmente de Gibraltar al Mediterráneo Oriental. Los petroleros que abastecen el consumo nacional de productos elaborados (gasolinas, gasoil, fuel-oil, etc.), que van desde las refinerías a los diferentes centros de consumo, suelen ser de un tonelaje muy variado (de 20.000 GT, 30.000 GT, etc.) e inferior a los de crudo. La

edad de estos petroleros varía en función del país donde escalan, desde los más modernos en el Mediterráneo Septentrional a algunos menos modernos en el Meridional.

En resumen, podemos decir que durante la última década se ha ralentizado la renovación la flota, se han eliminado los viejos buques en pos de la sostenibilidad conforme a las normas de la IMO. También se muestra la tendencia de renovación de la flota ante los múltiples siniestros acaecidos en las décadas anteriores, los cuales han motivado una notable evolución y endurecimiento de la normativa internacional referente a las condiciones que deben reunir los buques.

6.5 Valoración

El parámetro más determinante de los analizados como potencial riesgo de derrame accidental de hidrocarburos es el referente al tráfico marítimo. El importante tráfico que hay en las proximidades de cap de Creus tiene siempre presente un elevado riesgo, debido a las densas rutas de navegación que discurren en las inmediaciones de esa zona.

El 26% de los derrames entre 7 y 700 toneladas y el 30% en los de más de 700 toneladas son motivados por colisiones, consecuencia directa del tráfico. En el primer segmento, adicionalmente, hay un 20% motivado por las varadas y un 32% para los mayores de 700 toneladas, siendo muchas de ellas consecuencia indirecta (o incluso directa) del tráfico, de acuerdo con el informe, Oil Tanker Spill Statistics 2021 [52] que abarca los últimos 52 años. Conforme al informe Trends in Oil Spills from Tankers Over the Past Ten years (2015) [85], en el último lustro analizado un 44% los incidentes ocurridos fueron debido a colisiones y un 17% a varadas.

Como se ha indicado por la OMI, al aprobar los Sistemas de Separación de Tráfico del litoral Mediterráneo español [59], *el 70% del comercio total del Mediterráneo europeo transita por esa costa, el cual pasa en gran medida por Cabo de Gata y parte de este, llega hasta Marsella, Génova y La Spezia a través del golfo de León.*

La valoración del oleaje y las condiciones climatológicas es baja, ya que en la zona de cap de Creu tenemos una media de altura de ola anual del orden de 1,3 o 1,4 metros, siendo sensiblemente mayor en algunas épocas del año. Como se ha visto en este trabajo, el factor del estado de la mar es muy importante una vez se ha producido el accidente, especialmente cuando ocurren grandes derrames. Por otro lado, la incidencia del oleaje también se da en las varadas y en los accidentes motivados por fallos estructurales del buque, como puede ser el casco. Se trata de un parámetro, el cual, una vez producido el derrame, empeora el escenario en el que se produce el accidente.

Respecto a la morfología (profundidad), es lo que menos afecta al riesgo de accidente y posterior derrame accidental de hidrocarburos, una vez que se ha evidenciado por las cartas náuticas que la profundidad que alcanza el mar en las aguas próximas a cap de Creus es de unos 100 metros.

Los Sistemas de Separación de Tráfico obligan a los buques, y en particular a los petroleros, a navegar de un modo más seguro y ordenado, guardando los sentidos de navegación, evitando los cruces accidentales entre ellos y en particular guardando una distancia mínima a la costa, garantizando que naveguen por aguas profundas. En el caso de cap de Creus, la Organización Marítima Internacional (IMO) no ha considerado ubicar un esquema de separación de tráfico marítimo en sus inmediaciones.

Tras la última década, la edad de las flotas de petroleros ha mantenido una tendencia al alza con un sensible envejecimiento de la flota petrolera [17]. El 1 de enero de 2023 ha entrado en vigor la nueva normativa de la OMI, por la que se obliga a todos los buques a que calculen su índice de eficiencia energética (EEXI) mediante la medición de su eficiencia energética, y posteriormente informar su indicador de intensidad de carbono (CII) operacional anual. Esta nueva normativa en vigor de la OMI dejará paulatinamente fuera del mercado a los petroleros más antiguos y/o ineficientes.



7. PARQUE NATURAL MARÍTIMO-TERRESTRE DE CAP DE CREUS.

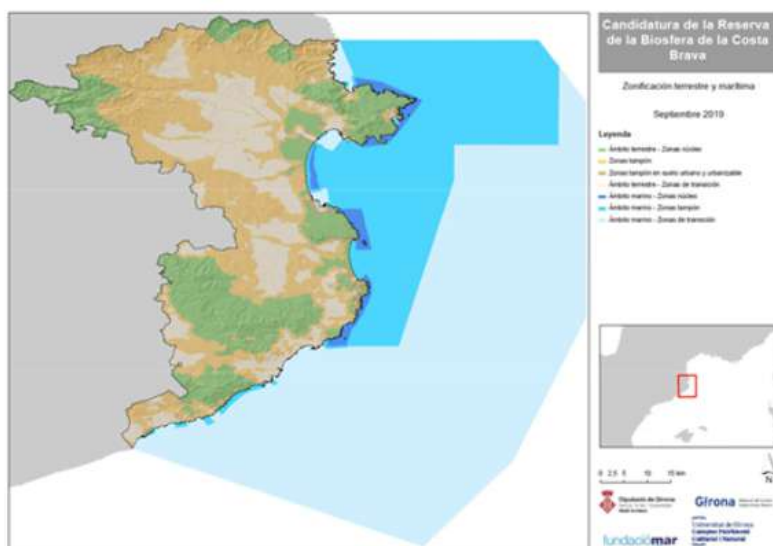
7.1 Amplitud de la Protección

El cap de Creus es uno de los accidentes geográficos más notable del litoral Mediterráneo peninsular español, siendo el punto más oriental de dicha costa, el cual está situado al norte del golfo de Rosas. El cabo es un accidente geográfico rocoso, que se eleva sobre el nivel de mar Mediterráneo 672 metros en el nordeste de la península Iberica, en la provincia de Gerona. Más al norte, en pleno parque de cap de Creus, se ubica la localidad de Cadaqués, y un poco más al norte, está el Puerto de la Selva. El faro está situado en el extremo oriental del accidente geográfico, a unos 87 metros de altitud. Su señal lumínica alcanza las treinta y cuatro millas náuticas.

El Parque Natural Marítimo-Terrestre del cap de Creus fue creado mediante la ley 4/1998, de 12 de marzo de 1998. La declaración del Parque Natural de cap Creus (Diario Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOG núm. 2611, de 1 de abril de 1998) creó la primera reserva natural de estas características en Cataluña, con la finalidad de preservar la conservación de los ecosistemas naturales de ese entorno, así como cuidar de los valores paisajísticos. El objetivo global de la declaración del Parque Natural Marítimo-Terrestre de cap de Creus es atender a los intereses educativos, culturales, científicos, turísticos, recreativos y socio-económicos de un entorno natural único. Ocupa parte de los términos municipales de Cadaqués, Rosas, Palau -Saverdera, Pau, Vilajuiga, Llansá, el Port de la Selva, La

Selva de Mar. En el mes de noviembre del año 2001, dentro del Convenio de Barcelona, la parte marina del Parque Natural fue incluida dentro del listado de Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIM) [82]. Como se puede comprobar, las singularidades de cap de Creus y su magnífico estado de conservación han sido reconocidas en las administraciones de ámbito autonómico, nacional e internacional, lo que prueba que nos encontramos ante un espacio de características únicas [82], [100]. Adicionalmente, el espacio de la península de cap de Creus y entorno marino han sido incluidos en la Red Natura 2000 como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC).

Figura 7.1: Candidatura de Reserva de la Biosfera de la Costa Brava



Fuente: Candidatura de la Costa Brava a Reserva de la Biosfera de la UNESCO

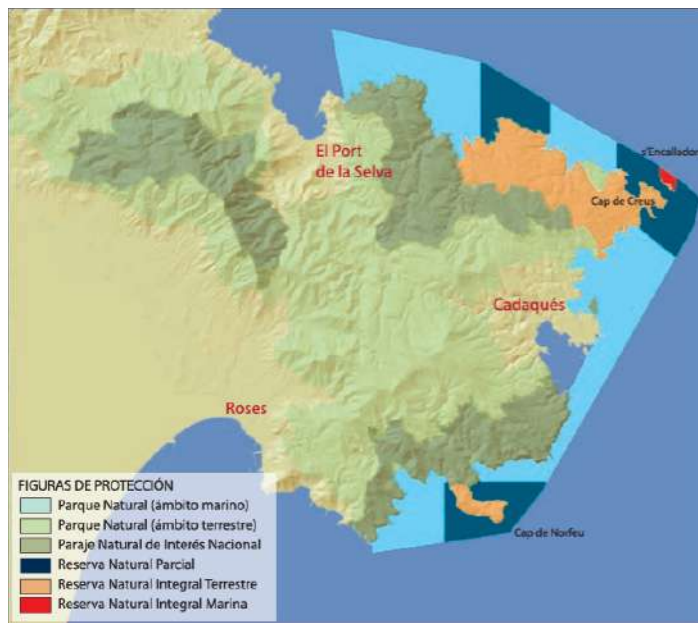
El Parque Natural de cap de Creus se ha incluido dentro de la candidatura de Reserva de la Biosfera de la Costa Brava ante la UNESCO, con fecha diciembre del 2019.

La Reserva Natural Integral de cap de Creus, provincia de Gerona, es uno de los 16 espacios marinos españoles adheridos a la Red Iberoamericana de Reservas Marinas (RIRM). Adicionalmente, figuran en esa misma provincia la Reserva Marina Integral de Ses Negres y las Islas Medas [48].

El Parque Natural Marítimo-Terrestre de cap de Creus se extiende en una superficie total de 13.843 hectáreas situado en la comarca del Alt Empordà, protegidas por la ley de creación del Parque Natural número 4/1998 de 12 de marzo. Los límites del Parque alcanzan una extensión de 10.780 hectáreas terrestres donde se encuentran tres Parajes Naturales de Interés Nacional (PNIN), y se incluyen dos Reservas Naturales Integrales (RNI): la de cap de Creus y la de cap Norfeu. Respecto a la zona marítima del parque, ésta se extiende desde la punta de Port Bou hasta la punta Falconera (Rosas), con la exclusión de la bahía de Cadaqués. La amplitud de la zona protegida oscila entre las 0,2 y las 1,3 millas ocupando unas 3.064 hectáreas. Hay que destacar en la zona marina la existencia de tres Reservas Naturales Parciales (RNP) y una Reserva Integral Marina (RNI) al norte de la isla S'Encalladora.

El municipio de Port de la Selva forma parte del ámbito de actuación de la Carta Europea de Turismo Sostenible en cap de Creus (CETS).

Figura 7.2: Extensión marítima protegida del Parque Natural Marítimo-Terrestre de cap de Creus



Fuente: [82].

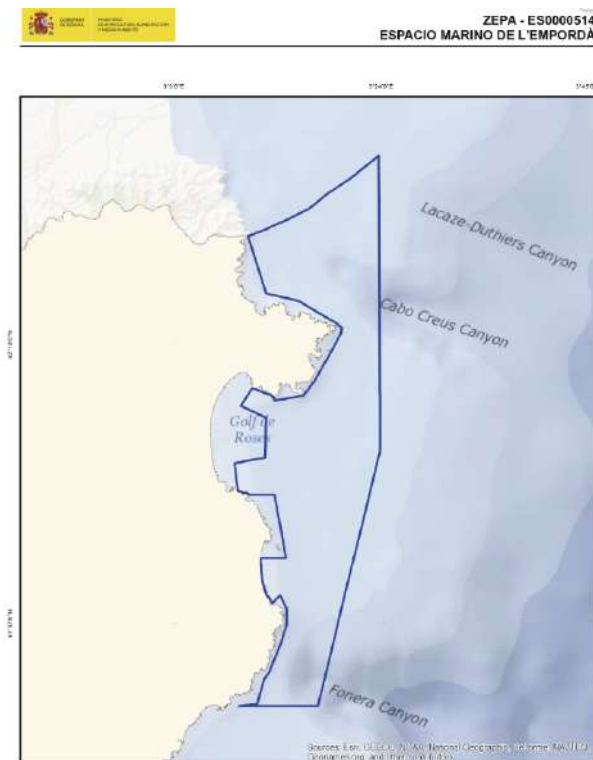
Otras figuras legales adicionales que protegen al Parque de cap de Creus son:

- En el año 2009, el Consejo de Europa emitió la directiva número 2009/147/CE relativa a la conservación de las aves silvestres que viven en territorio europeo de los Estados miembros. El gobierno de España, en cumplimiento de la indicada directiva de aves, designa las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) de conformidad con lo establecido en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en el BOE 173 de 17 julio de 2014 *“por la que se declaran Zonas de Especial Protección para las Aves en*

aguas marinas españolas”. El cap de Creus está incluido dentro del espacio marítimo de l’Empordà [119].

- La directiva 92/43/CEE de 21 de mayo de 1992 creó la Red Natura 2000. El Parque es propuesto a formar parte de ella en diciembre de 1997, siendo en febrero del 2005 cuando el gobierno de la Generalitat de Catalunya lo designa como ZEPA, y en julio del año 2014 sus aguas son designadas por el gobierno de España, estando también inscrito como Lugar de Importancia Comunitario (LIC ES5120007) conforme a la Directiva de hábitats 92/43/CEE desde el 2006.

Figura 7.3: Extensión marítima ZEPA de L’Empordà.



Fuente: [119].

- A finales del año 2019 el Parque presentó su candidatura a la Federación Europea para optar a la obtención de la Carta Europea de Turismo Sostenible (CETS). A finales del año 2020 el Parque Natural de cap de Creus recibió la acreditación para trabajar en la aplicación del Programa de Actuación a 5 años vista.

7.2 Aspectos Oceanográficos

Como se ha indicado anteriormente, el Parque Natural tiene una superficie marítima protegida de aproximadamente 3.064 hectáreas, que discurren paralelas a la costa entre las 0,2 y las 1,3 millas mar adentro, desde la punta del Bol Nou en la cala Tamariua (El Port de la Selva), hasta la punta Falconera (Roses). A lo largo de unos 50 Km de costa se conforma un litoral extremadamente abrupto, con aguas profundas, acantilados, islotes y rocas descarnadas por la erosión. El cap de Creus tiene un alto valor geológico.

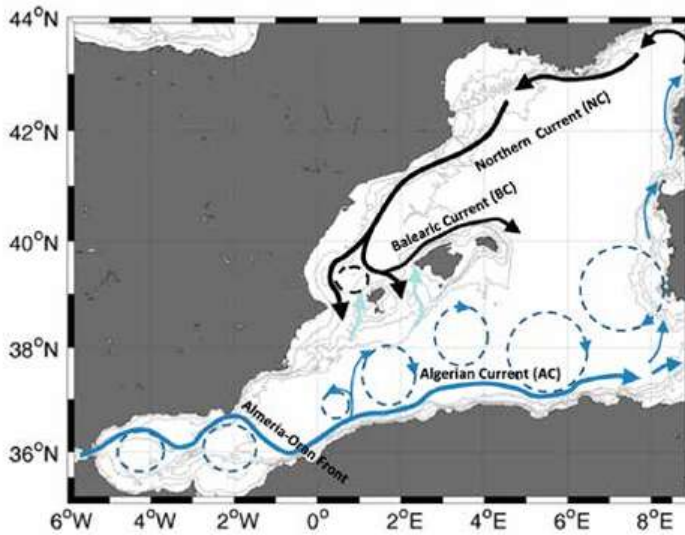
Los fondos marinos del Parque son muy ricos debido a la bajísima contaminación ambiental de sus aguas, donde se encuentra el coral rojo, el bogavante americano, las langostas y multitud de peces, entre los que destacan el mero, el cabracho o el sargo. La abundancia de algas y de posidonia hacen del entorno un lugar óptimo para la biodiversidad.

En términos generales, las corrientes procedentes del océano atlánticas son menos densas y menos saladas. Ésto provoca que a unos 125 m de profundidad se produzca un flujo de agua hacia el Mediterráneo con una velocidad de entre 2 y 3 nudos. La corriente de salida que se genera desde el Mediterráneo hacia el Atlántico al ser más salada discurre por capas inferiores.

La circulación de la corriente principal del Mediterráneo va pegada a costa africana, bifurcándose en varias ocasiones en

ambas cuencas. En la cuenca occidental se producen corrientes hacia el norte como son los casos de la del Mediterráneo noroccidental, el mar Adriático y la zona de Chipre, todas ellas descienden en una circulación ciclónica.

Figura 7.4: Régimen de corrientes dominantes en el Mediterráneo Occidental



Fuente: [10].

La principal característica de la circulación marina en esta zona es la presencia de una corriente intensa que bordea la irregular plataforma, dejando la costa a la derecha, desde el Mar Ligo hasta el Mar Catalán. Esta corriente es conocida como la Corriente del Norte, aunque también es denominada en ocasiones como Corriente Liguro-Provenzal o Corriente Catalana. El flujo de aguas cálidas en dirección Suroeste (SW) procedente de la costa italo-francesa a su paso por el Golfo de León con frecuencia encuentra la presencia de fuertes vientos a lo largo del todo el año. Estos vientos transportan masas de aire frío y son responsables del enfriamiento de las aguas, el viento de

Tramontana tiene componente norte y el Mistral Noroeste. Al encontrarse las corrientes con el sistema de cañones occidentales del Golfo de León se les genera una aceleración en su discurrir y consolidan un flujo dominante a lo largo del año de componente sudeste. Este patrón es especialmente acusado a lo largo de todo el año en el cañón de cap de Creus, el cual es el responsable de la importante dinámica de sedimentos que se registran, así como de la influencia en la distribución de las especies y la biología que ahí habita [10], [105]. Este aspecto se analizará con mayor profundidad en el punto 8.1.2.

7.3 Biodiversidad Marina y su entorno

El alto valor ecológico del Parque ha sido el justificante, en gran medida, de la mayoría de las figuras de protección que afectan al Parque Natural Marítimo-Terrestre de cap de Creus. En el Parque se localiza una notable biodiversidad y se concentran más de 1.170 arrecifes de coral de diferentes características, en base a la profundidad en que se encuentran y a la temperatura de las aguas que ahí existe. Muchas de las especies marinas de animales y de algas son endémicas o casi endémicas de la zona, pudiendo estar amenazadas de extinción [82], [75], [10].

El Parque Natural de cap de Creus y en especial sus acantilados son un lugar excepcional para la observación de aves en las estaciones de primavera y otoño, debido a los movimientos migratorios de éstas, por lo que es el mejor momento para el avistamiento. Caben destacar, desde el águila perdicera y el halcón peregrino hasta varias especies de gaviotas, los charranes o los cuervos marinos.

Como característica genérica se puede afirmar que los fondos marinos del Parque Natural de cap de Creus son variados, dependiendo de la parte del Parque en la que nos encontremos.

Los fondos de arenas litorales se sitúan en la costa de levante, en zonas incluso al borde de la plataforma, donde se encuentran las praderas de fanerógamas de posidonia oceánica las cuales son las más espectaculares. Los fondos rocosos litorales se sitúan en el infralitoral y se dividen en 4 ambientes o categorías basándose en la composición de los granos del sedimento. Debido al componente geológico del Parque y a los cañones marinos, dominan por su extensión los fondos rocosos con arrecifes.

Figura 7.5: Imágenes de fondos infralitorales rocosos dominados por la gorgonia blanca (izda.) y el coral rojo (dcha.).



Fuente: [10].

Figura 7.6: Imágenes una pradera de Posidonia oceánica (izda.) y por otra de Cymodocea nodosa (dcha.).



Fuente: [10].

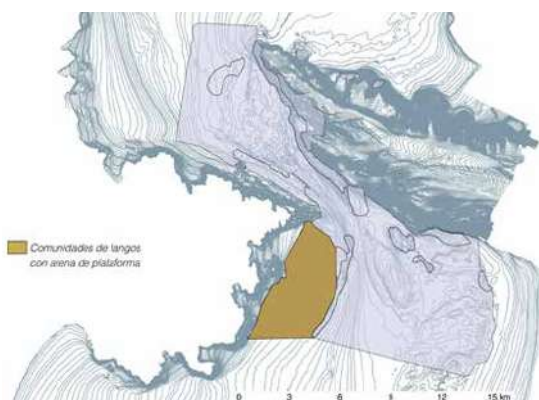
Las praderas de posidonia alcanzan una gran importancia en el medio marino del Parque. Las plantas que forman las praderas

sumergidas no son algas, son fanerógamas, plantas de origen terrestre muy evolucionadas. Mediante sus raíces, de las que carecen las algas, se fijan al fondo formando praderas que llegan a cubrir grandes extensiones de fondo marino. Una de las especies más importantes es la *Posidonia oceánica*.

Las praderas de *Posidonia* tienen una gran importancia para mantener la biodiversidad del Parque Natural. Produce una gran cantidad de oxígeno y de materia vegetal, elementos esenciales que son necesarios para muchos organismos marinos. La pradera retiene los granos de arena entre los tallos de las plantas, participando en la protección de la costa del oleaje y los temporales. Las praderas de *Posidonia* son el hábitat para una importante diversidad biológica como son los erizos de mar, esponjas, pequeñas quisquillas color verde o la pequeña estrella de capitán. Son muchos los peces y crustáceos de interés comercial que utilizan las praderas como hábitat [10], [75].

Los fondos con fangos y arena se dan en la zona levantina de la plataforma continental del parque marítimo de cap de Creus.

Figura 7.7: Localización de fangos con arena en el área de cap de Creus



Fuente: [10].

La zona indicada es donde la profundidad marina está cerca de los 100 metros y los rayos de luz solar prácticamente no llegan. En las áreas donde se suaviza su pendiente y las corrientes bajan de intensidad, la sedimentación de partículas aumenta y es cuando aparece el hábitat de los fangos. Unos organismos se alimentan de la materia orgánica en suspensión y otros se alimentan de nutrientes que se encuentran en los sedimentos.

Figura 7.8: *Alcyonium palmatum* y *Funiculina quadrangularis*, características en los fangos de plataforma



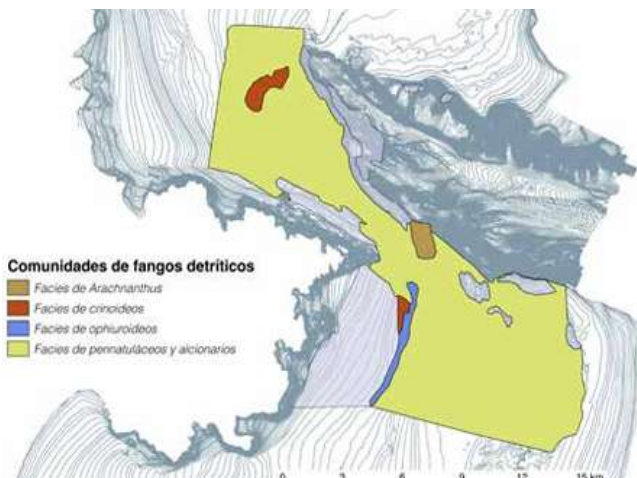
Fuente: [10].

En el homogéneo paisaje marino de sedimentos resaltan con fuerza los corales blandos y las plumas de mar, características de los fangos con arenas de plataforma del sistema de cañones occidentales del Golfo de León. La mayoría de las especies vive enterrada en el sedimento, destacan los gusanos marinos y las conchas bivalvas.

Por otro lado, en los fondos de fangos detríticos se presenta una mayor proporción de fango en el sedimento. Ahí aparecen especies adaptadas a la vida a 150 metros de profundidad. Al sur del cap de Creus, los fondos detríticos tienen un menor contenido en fangos debido a las corrientes dominantes que favorecen las arenas y los cascajos. Estas condiciones parecen favorecer la presencia masivas de ofiuras, especialmente de la

especie *Ophiothrix quinquemaculata*. Cerca del borde de la plataforma, al sur del cañón de Creus, hay pequeños ceriantarios de la especie *Arachnanthus oligopodus*, adaptada a vivir en unas condiciones de fuertes corrientes.

Figura 7.9: Localización de fangos detríticos en el área de cap de Creus



Fuente: [10].

Figura 7.10: Las *Ophiothrix quinquemaculata* formando núcleos de muy elevada densidad. Estas agrupaciones les permiten poder captar con mayor facilidad las partículas de materia orgánica que transportan las corrientes de fondo.



Fuente: [10].

En las zonas de la plataforma continental donde las corrientes dominantes son fuertes o muy fuertes, la roca queda expuesta a

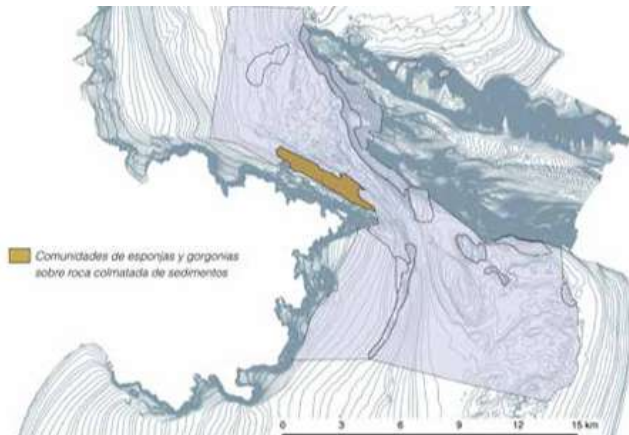
especies bentónicas que viven fijadas sobre sustratos duros. Este tipo de circunstancias se da en la zona rocosa situada a pocos centenas de metros de la costa, en la cara norte del cap de Creus. En esta área, las corrientes de fondo no permiten la sedimentación, limpiando el fondo de los sustratos. Estas condiciones son aprovechadas por gorgonias de la especie *Eunicella cavollinii*, que llegan a formar densas colonias de individuos adultos [10].

Figura 7.11: Densa pradera de gorgonia *Eunicella cavollinii*, en el sistema de cañones occidentales del Golfo de León



Fuente: [10].

Figura 7.11: Ubicación de las gorgonias y esponjas en la plataforma del cap de Creus.



Fuente: [10].

Los corales de aguas frías se sitúan principalmente sobre las paredes del cañón submarino de Creus, entre los 180 y los 300 metros de profundidad. Su presencia se ve condicionada por el tipo de fondo, ya que necesitan sustratos rocosos expuestos a las corrientes para desarrollarse. Por ello se pueden encontrar sobre grandes bloques de piedra principalmente a lo largo de la ladera sur del cañón.

La situación geográfica de esta área en el golfo de León favorece la llegada de aguas ricas en nutrientes y en materia orgánica provenientes en su mayoría de los aportes fluviales del río Ródano. Estas aguas son enfriadas por los vientos de componente norte de la zona y se hunden por el cañón submarino una vez llegan a la altura del cap de Creus. Este efecto embudo que produce el cañón favorece la circulación de las masas de agua y la dispersión de los nutrientes hacia todas sus zonas, fomentando el desarrollo de especies bentónicas y pelágicas. Asimismo, la dinámica de fluidos en las aguas más superficiales del área del cap de Creus es decisiva en el reparto de los nutrientes a aguas más someras, permitiendo el desarrollo de densas poblaciones dominadas por algas e invertebrados.

Las especies pelágicas de alto valor comercial “pescado azul” como la sardina o el boquerón, son muy importantes en el golfo de León al ser una importante zona de reproducción de estas especies.

El golfo de León es una de las áreas con mayor población de cetáceos en el Mediterráneo occidental, siendo determinante la orografía de los cañones submarinos y las elevadas profundidades asociadas, propicias para la presencia de cetáceos. Las especies más frecuentemente avistadas son el delfín listado (*Stenella coeruleoalba*) y el delfín mular (*Tursiops truncatus*).

En el Sistema de cañones occidentales del Golfo de León existe una gran variedad de peces, desde los asociados a los fondos de roca, a las especies pelágicas o incluso hasta los que viven asociados a los fondos más profundos de la plataforma. Entre ellos destaca el doncel (*Lappanella fasciata*), el cabracho (*Scorpaena scrofa*) o el besugo (*Pagellus bogaraveo*). En algunas zonas habitan las cabrillas (*Serranus cabrilla*) o las morenas (*Muraena helena*). En zonas profundas se encuentran peces como la gallineta (*Helicolenus dactylopterus*), el congrio (*Conger conger*) o el pez sable (*Lepidopus caudatus*). En los fondos arenosos abundan los peces planos como rapes (*Lophius piscatorius*) o gallos (*Lepidorhombus boscii* y *Bothus podas*), todos ellos de interés comercial. Entre los 50 y los 100 metros de profundidad se encuentran los salmonetes (*Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*) y capellanes (*Trisopterus minutus* y *Trisopterus luscus*), mientras en la plataforma, entre los 100 y los 200 metros, destacan la merluza (*Merluccius merluccius*) y el jurel (*Trachurus trachurus*) como especies más abundantes [10],[75].

Figura 7.12: De Izq. a Dch. Rape (*Lophius piscatorius*) y Merluza (*Merluccius merluccius*).



Fuente: [10].

La franja litoral del Parque está protegida, por consiguiente la pesca de arrastre está totalmente prohibida. Del mismo modo,

tampoco está permitida en el área protegida del Parque la instalación de piscifactorías. Respecto a la pesca artesanal, el palangre es el arte de pesca más extendido.



⊗ 8 RIESGO POTENCIAL DE LA COSTA DE CAP DE CREUS

El principal riesgo potencial de un derrame en la costa de cap de Creus se encuentra supeditado al régimen de vientos y de corrientes de la zona.

8.1 Análisis de las Condiciones Meteorológicas

El análisis de las condiciones meteorológicas se centra exclusivamente en el régimen general de vientos y de corrientes marinas. Estos datos serán los principales para estimar la trayectoria y velocidad del derrame.

8.1.1 Régimen General de Vientos

La Península Ibérica suele estar afectada por cierto régimen monzónico del Mediterráneo Occidental, altas presiones invernales y bajas presiones estivales. El efecto de este régimen puede sentirse a través de las distintas estaciones. Durante el invierno en el litoral español los vientos del Oeste (W) son los que dominan sobre los del Este (E), ocurriendo lo contrario en verano. Este régimen monzónico puede alterarse en invierno por el paso de las borrascas que cruzan el Mediterráneo, y en verano por la importancia de los regímenes de brisas de mar y de tierra. Además, durante todo el año, en ciertas partes del litoral son muy importantes los vientos locales, influidos por las condiciones orográficas. De un modo general, puede afirmarse que en invierno los vientos dominantes en la costa española soplan del cuarto cuadrante. En el Golfo de León domina el vien-

to del noroeste, conocido como Mistral, mientras que cuando el viento es frío y del norte se le denomina Tramontana. En el Mediterráneo Occidental durante el verano los vientos del sector Este (E) tienen un mayor dominio sobre otros [83], [108]. Las brisas es el otro factor importante que se manifiesta con una mayor frecuencia en verano que en invierno. La fuerza de la brisa de mar varía muy considerablemente. Uno de los factores más importantes es cuando su dirección coincide con la de la corriente general de verano, obteniéndose brisas particularmente fuertes [106], [108].

Figura 8.1: Representación de la formación de la brisa marina.

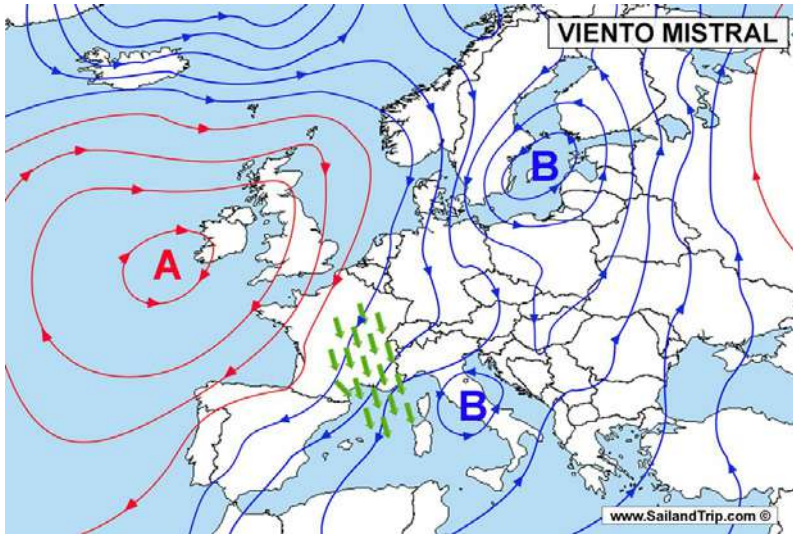


Fuente: [106].

Entre los vientos más característicos del Mediterráneo Occidental destacan:

El Mistral, viento que tiene componente noroeste, es frío y seco. Se da principalmente entre noviembre y finales de abril cuando sopla con una fuerza que fácilmente supera los cincuenta nudos. Su comportamiento suele ser racheado aumentando durante el día y amainando tras el ocaso. Cuando se entabla el Mistral, suele durar de tres a seis días y a su paso deja los cielos azules y limpios de nubes.

Figura 8.2: Representación de la formación del viento Mistral.

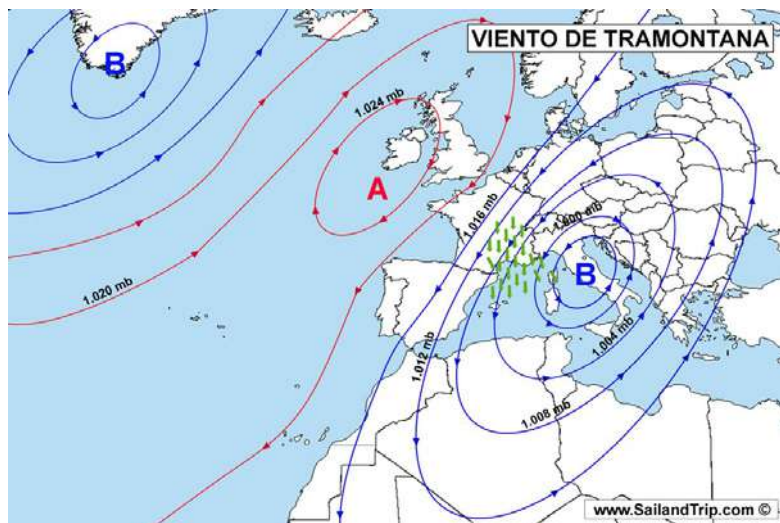


Fuente: [107].

Este viento procede de los Alpes y del valle del Ródano, desemboca en el Golfo de León y genera en ocasiones una pequeña depresión en el Golfo de Génova o sobre el mar Tirreno. El Mistral golpea con fuerza la costa del sur de Francia, propiciando duras condiciones para la navegación en el Golfo de León.

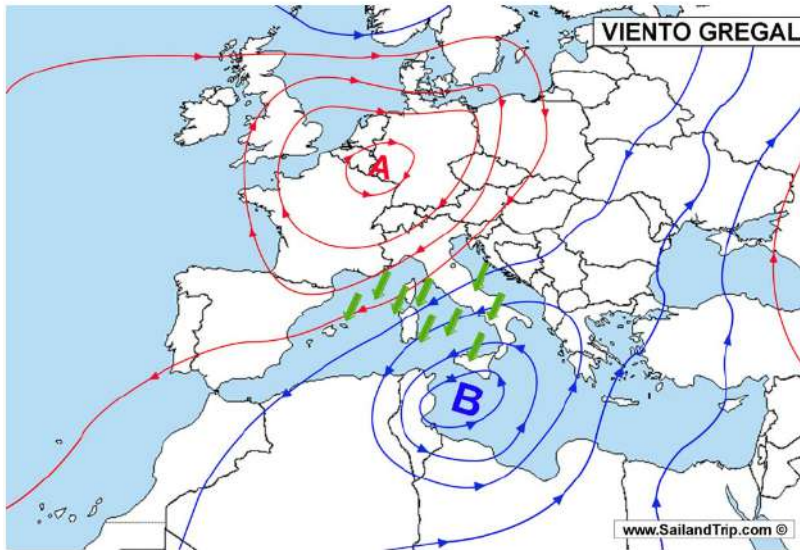
El viento denominado de Tramontana se podría identificar como una variante del Mistral en la que el viento sopla con una extremada violencia rolando del noroeste hacia el norte, formando gran oleaje en el Golfo de León y soplando con gran intensidad frente al cap de Creus. Este viento se entabla con mayor intensidad cuando se da la circunstancia de que las bajas presiones se sitúan al norte de Italia y la zona de altas presiones al sudoeste de Francia.

Figura 8.3: Representación de la formación del viento de Tramontana.



Fuente: [107].

El viento denominado Gregal es un viento que sopla de NE, se genera cuando las bajas presiones se mueven hacia el sur de Malta y se nota principalmente en el Mediterráneo central, en la zona comprendida entre las islas de Sicilia, Malta y el Mar Jónico. En España este viento es característico de las Islas Baleares, es un viento característico de invierno, soplando especialmente durante el mes de febrero, aunque no se pueden descartar durante el resto del año. El Gregal es un viento frío y seco que a menudo se muestra con fuerza de temporal, produciendo fuertes oleajes y mar de fondo. [107].

Figura 8.4: Representación de la formación del viento Gregal.

Fuente: [107].

Además de los vientos indicados, en las costas del mediterráneo español es muy relevante la presencia del viento de Levante, el cual se genera principalmente en marzo, y de julio a octubre en el Mediterráneo central a la altura de las Islas Baleares. Este viento está vinculado a la presencia de anticiclones europeos y bajas presiones sobre el Atlántico o sobre Marruecos, al S o al SW de Gibraltar.

Además de los vientos citados, existen otros como los vientos del W (ponientes) que son muy lluviosos, el Siroco que es un viento del sur o el Lebeche cuando el Siroco sopla del suroeste [107].

En el Mediterráneo existen diferentes nombres para los vientos dependiendo del ámbito geográfico. Para una más fácil identi-

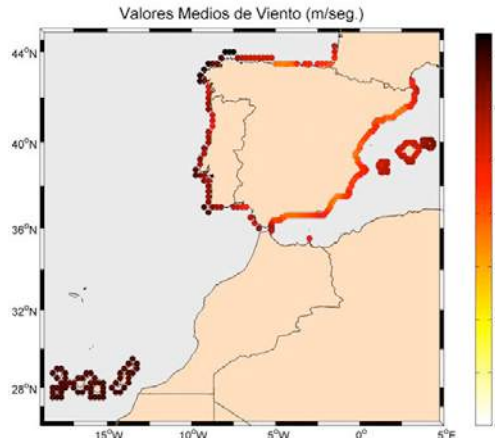
ficación, se relacionan los nombres genéricos de los principales vientos con la zona que abarcan (en grados sexagesimales) correspondiente a cada uno de ellos [107].

- Norte (N) Tramontana de 337.5° a 22.5°
- Noreste (NE) Gregal de 22.5° a 67.5°
- Este (E) Levante de 67.5° a 112.5°
- Sureste (SE) Siroco (o Xaloc) de 112.5° a 157.5°
- Sur (S) Mediodía de 157.5° a 202.5°
- Suroeste (SW) Lebeche o Garbí de 202.5° a 247.5°
- Oeste (W) Poniente de 247.5° a 292.5°
- Noroeste (NW) Mistral de 292.5° a 337.5°

El trabajo titulado “Impactos en la Costa Española por Efectos del Cambio Climático – Fase III Estrategias Frente al Cambio Climático en la Costa” [76], analiza distintas variables durante un periodo de casi cincuenta años, de los años 1958 al 2001. El mencionado informe indica que las velocidades medias del viento que afectan al litoral oriental español tienen un valor en torno a 10Km/h.

A lo largo de más de 40 años, la Costa Brava ha experimentado una disminución en la velocidad media de viento que no supera los 3Km/h, por lo tanto, esta variación es relativamente pequeña.

En la Figura 8.5 se muestran los valores medios en m/seg. a lo largo del litoral español.

Figura 8.5: Valores medios del viento en el litoral español.

Fuente: [76]

Figura 8.6: Dirección del transporte eólico durante el periodo 1958-2001.

Fuente: [76].

En la Figura 8.6 se observa que la dirección del viento predominante en el litoral español deducida en este estudio es principalmente de dos tipos: viento de componente Oeste (entre 225° y 315°) y viento de componente Norte (entre 315°

y 45°). Los vientos de componente Oeste se dan en la costa atlántica peninsular, denominados “Gallego” y “Galerna” en la costa cantábrica y “Poniente” en el Golfo de Cádiz. Entre los vientos de componente Norte cabe destacar el viento de “Tramontana” en Menorca y la Costa Brava [76].

Puertos del Estado dispone a lo largo del litoral Mediterráneo de una serie de boyas de aguas profundas (red REDEXT, RE-DCOS). Así mismo dispone de una red de puntos donde mediante modelos numéricos proceden al reanálisis del sistema de predicción operacional de oleaje y del viento (red SIMAR). Adicionalmente se dispone de modo estable de mareógrafos y estaciones meteorológicas ubicadas en los puertos (red REM-POR), las cuales miden la intensidad y dirección del viento diariamente, en periodos de tiempo determinados. Dicha información se gestiona informáticamente, de ese modo se dispone de información histórica de largos periodos de tiempo. Figura 8.7: Medias mensuales velocidad del viento en nodo SIMAR 2124147 / Fuente: Puertos del Estado.

Figura 8.8: Medición de viento en la Boya de Cabo de Begur



Fuente: Puertos del Estado

Las velocidades **anuales máximas medias** del viento en las inmediaciones de cap de Creus facilitada por Puertos de Estado son las siguientes:

Tabla 8.1.: Valores medios máximos correspondientes a 2022

Zona	Media Anual (m/seg.)	Media Anual (Km/h)
SIMAR 2132154 (Golfo León)	16,33	58,79
SIMAR 2125147 (Cap de Creus)	20,21	72,76
SIMAR 2128143 (Boya Cabo Begur)	19,85	71,46

Datos: www.puertos.es

8.1.2 Régimen General de Corrientes

En su eje transversal, el Mediterráneo tiene una distancia de más de 2.000 millas de E a W, limitando al sur con la costa septentrional de África. De los ríos, el Mediterráneo sólo recibe una tercera parte de las aguas que pierde por evaporación. El Mediterráneo se quedaría seco muy pronto si no entrasen constantemente en él las aguas del Océano Atlántico, a través del Estrecho de Gibraltar y, por oriente, las aguas del Mar Negro, a través del estrecho de los Dardanelos [105].

En algunas zonas del Mediterráneo, las corrientes superficiales son de naturaleza temporal causadas por el viento. Pero hay también una corriente general de circulación del agua, en el sentido contrario de las agujas del reloj, que entra fluyendo hacia el Este (E) en la superficie a través del Estrecho de Gibraltar, siguiendo después la costa de África hasta Port Said, y allí vira

hacia el Norte (N), a lo largo de la costa de Israel y Líbano, y más tarde hacia el Oeste (W) (figura 8.9).

El agua del Mar Mediterráneo es más salina debido a la evaporación, lo que conlleva a un incremento en su densidad. Las aguas con mayor densidad se van hacia abajo, y este exceso de agua en el fondo fluye en forma de una masa de agua con componente W hacia el Océano Atlántico a través del poco profundo Estrecho de Gibraltar. Una pequeña cantidad de agua va también como corriente submarina hacia el Mar Negro, a través de los Dardanelos, Mar de Marmara y Bósforo, bajo la corriente superficial que fluye en dirección opuesta [108].

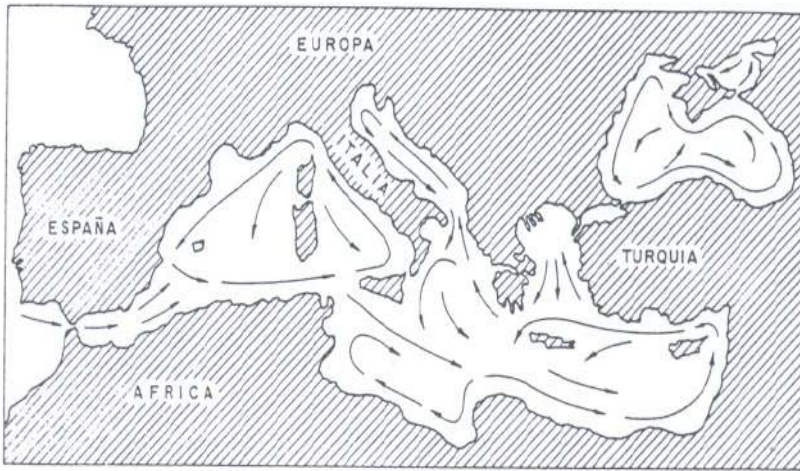
Las cuencas oriental y occidental del Mediterráneo, a los efectos de circulación de las corrientes, se consideran separadas por Italia y Sicilia y unidas solamente por el Canal de Malta y el pequeño Estrecho de Mesina. La circulación superficial en el Mediterráneo consiste, básicamente, en un movimiento levógiro en cada una de las dos cuencas, con la corriente principal entrando hacia el Este (E) por el Canal de Malta, la cual es común para ambas cuencas.

La circulación de la cuenca occidental se forma por una rama de la corriente principal entrante hacia el Este (E), la cual corre a lo largo de la costa Norte (N) de Sicilia, subiendo por la costa occidental de Italia, para luego seguir a lo largo de la costa Sur (S) de Francia y costa Este (E) de España.

Tras atravesar la zona del Golfo de León, la corriente del Norte penetra en las aguas españolas, donde continúa frente al talud, que en esta zona se denomina Frente Catalán. En superficie, este Frente se separa de la costa entre 28 y 55 Km. La Corriente del Norte fluye aguas abajo siguiendo el talud en dirección SW, hasta llegar al norte del Canal de Ibiza, alrededor de los 39 grados Norte [105]. En ese punto la corriente se bifurca,

de modo que la rama principal continúa hacia el SW, llevando aguas relativamente más salinas hacia el Sur (S) de la Cuenca Argelina, mientras que una rama secundaria vira en sentido ciclónico hacia el NE, formando la llamada Corriente Balear.

Figura 8.9: Corrientes del Mediterráneo y del Mar Negro.



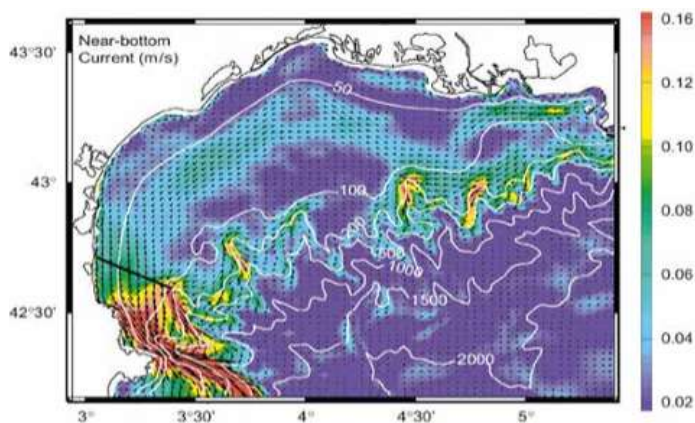
Fuente: [108].

La corriente general del Mediterráneo no es invariable en todos los lugares, tanto en dirección como en intensidad. Dicha corriente es afectada por el viento y los eventuales *hileros de corrientes* locales. Cuando el viento sopla fuerte y persistente con un rumbo determinado, llegan a producirse en ocasiones grandes variaciones en la corriente [105]. La mayor parte de las corrientes de las derrotas principales tienen una velocidad superior a un nudo, encontrándose las mayores intensidades de corriente entre Gibraltar y Cabo Bon (Túnez).

En el Golfo de León es frecuente la presencia de fuertes vientos a lo largo del año, tal como se ha evidenciado en el punto anterior. Los vientos dominantes son los del noroeste, que surgen de la combinación del Mistral (NO) y Tramontana (N). Éstos soplan

a lo largo del año siguiendo los valles entre los principales macizos montañosos de la zona. Dichos vientos transportan masas de aire frío siendo responsables del enfriamiento de las aguas. Sus velocidades medias son de 10-15 m/s (36 a 54 km/h) en verano. La principal característica de la circulación marina en esta zona es la presencia de una corriente intensa que bordea la irregular plataforma, dejando la costa a la derecha, desde el Mar Lígur hasta el Mar Catalán. Esta corriente es conocida como la corriente del Norte, aunque también se denomina en ocasiones como corriente Liguro-Provenzal o Corriente Catalana. La presencia del cañón submarino de cap de Creus genera una aceleración de las corrientes marinas, siendo su componente noroeste-sudeste durante todo el año y tiene más intensidad durante el invierno o incluso en los inicios de la primavera. Este régimen de corrientes tan acusado en la zona del cap de Creus es el responsable de la fuerte dinámica de sedimentos que se registra durante el año. Así mismo tiene influencia en la distribución de las comunidades biológicas de la zona.

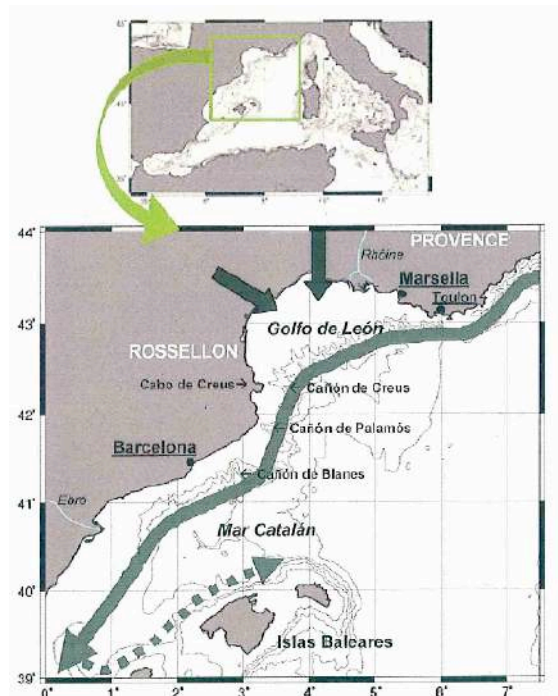
Figura 8.10: Corrientes de fondo promediadas durante el año 2004 en el golfo de León. Se observa la gran aceleración en la zona del cañón de Creus.



Fuente: [10]

Tras atravesar la zona del Golfo de León, la corriente del Norte penetra en el Mar Catalán, donde continúa frente al talud, que en esta zona se denomina Frente Catalán. En superficie, este frente se separa de la costa entre 28 y 55 Km. La Corriente del Norte fluye aguas abajo siguiendo el talud en dirección SW, hasta llegar al norte del Canal de Ibiza, alrededor del paralelo 39°N. En este punto la corriente se bifurca, de modo que la rama principal continúa hacia el SW, llevando aguas relativamente más frías y salinas hacia la Cuenca Argelina, mientras que una rama secundaria gira en sentido ciclónico y vuelve hacia el NE, formando la Corriente Balear.

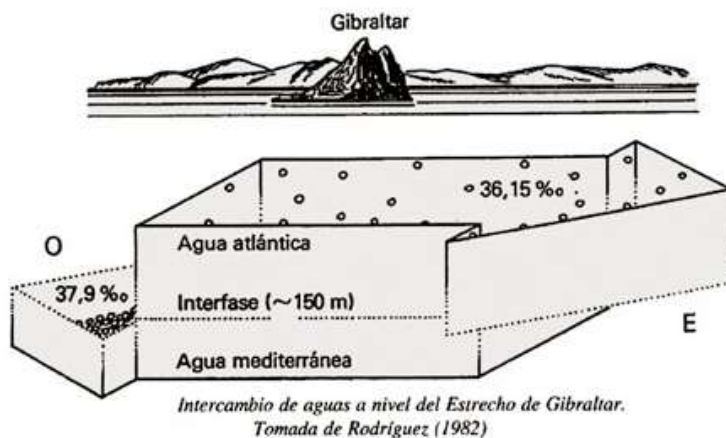
Figura 8.11: Circulación general del Mediterráneo Noroccidental. Las flechas oscuras representan los vientos dominantes.



Fuente: [105]

La corriente general discurre por la costa del levante español hasta alcanzar el mar de Alborán, lugar donde se produce el encuentro del agua atlántica con la altamente salina del Mediterráneo. La salinidad del agua atlántica entrante varía desde 36,2 hasta 36,5 o/oo [6] durante su migración hacia el Este (E) por el mar de Alborán, siendo modificada, principalmente, por las aguas levantinas intermedias afloradas y por el agua atlántica que se ha hecho más salina previamente. Esta agua atlántica modificada ocupa la superficie del mar hasta una profundidad de unos 150 a 200 m en el centro de la cuenca y hasta unos 50 m en las proximidades de la costa española, mientras que las aguas levantinas intermedias ocupan generalmente entre los 200 y los 600 metros de profundidad con una salinidad de unos 38,5 ‰.

Figura 8.12: Intercambio de aguas en Alborán.



Fuente: [97].

8.2 Determinación de la Trayectoria de un Derrame.

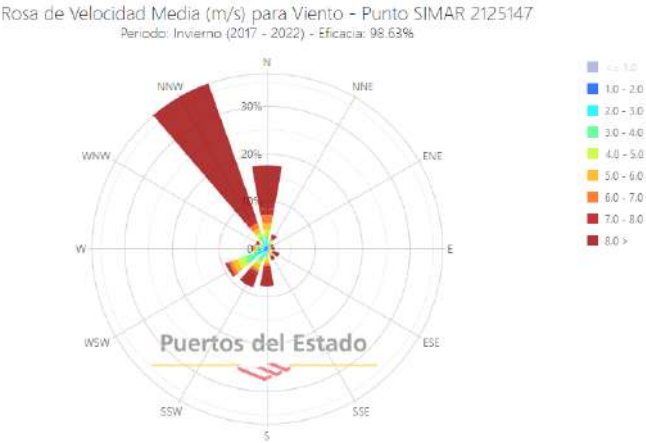
Para la determinación de la trayectoria de un hipotético derrame, se debe tomar en consideración la velocidad y la dirección tanto de la corriente como del viento en la zona afectada.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que el puerto de Marsella se encuentra a unas 125 millas náuticas del puerto de Rosas en el límite suroeste del Parque Natural de cap de Creus, lo que convierten al entorno de Marsella- Port de Bouc y Sete en un punto de riesgo a considerar, debido al elevado tráfico de buques tanques que escalan en esa zona y el elevado volumen de hidrocarburos que se manipulan, tal como se indicó en el punto 3.1 de este trabajo.

La velocidad y dirección media del viento se determinan teniendo en cuenta los datos históricos de Puertos del Estado del último lustro, donde, en general, los vientos del NNW y WNW dominan a los de componente sur.

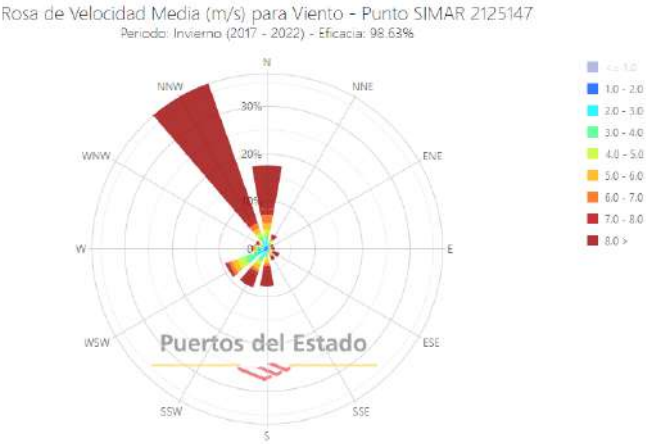
En el punto nodal SIMAR 2125147 (cap de Creus) los vientos dominantes son del NNW y del N, alcanzando entre ambos más de un 47% de las mediciones. Los primeros en un 24,42% de los casos alcanzan una intensidad superior a los 8 m/seg, mientras que los segundos en un 7,55% de las mediciones. En el punto nodal SIMAR 2132154 (Golfo León) los vientos dominantes rolan hacia el oeste comparados con los de cap de Creus. Su componente principal es WNW y NNW sumando un porcentaje de más del 47% de las mediciones, alcanzando en el primero de los casos una velocidad superior a los 8 m/seg en un 17,5% de los casos y un 10,97% en el segundo.

Figura 8.13: Invierno - Rosa de vientos medios en el punto SIMAR 2125147 (cap de Creus).



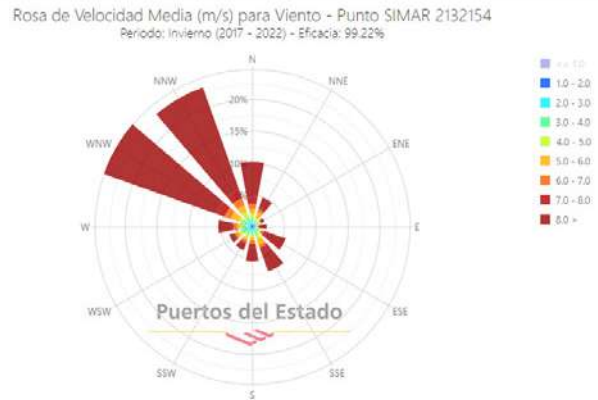
Fuente: Puertos del Estado

Figura 8.14: Verano - Rosa de vientos medios en el punto SIMAR 2125147 (cap de Creus).



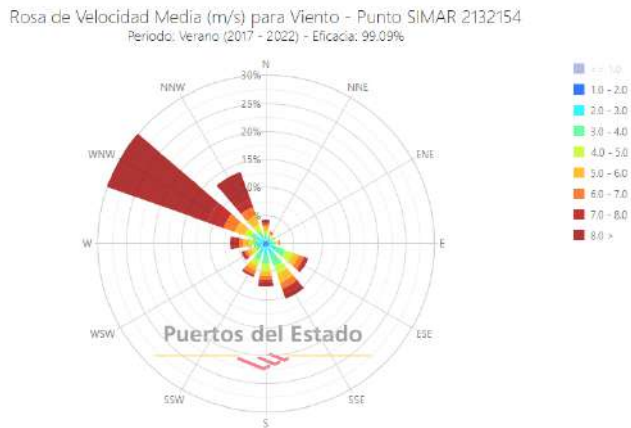
Fuente: Puertos del Estado

Figura 8.15: Invierno - Rosa de vientos medios en el punto SIMAR 2132154 (Golfo León).



Fuente: Puertos del Estado

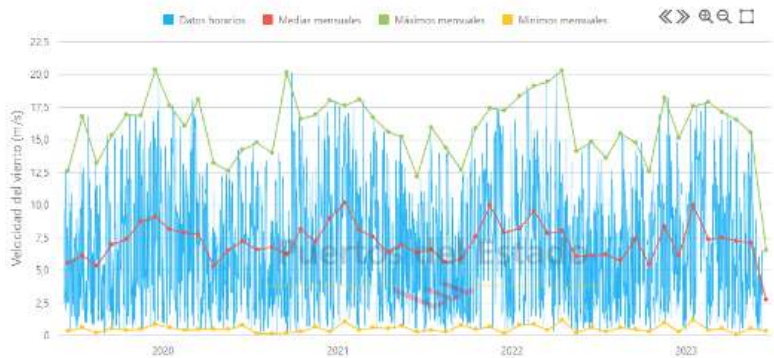
Figura 8.16: Verano - Rosa de vientos medios en el punto SIMAR 2132154 (Golfo León).



Fuente: Puertos del Estado

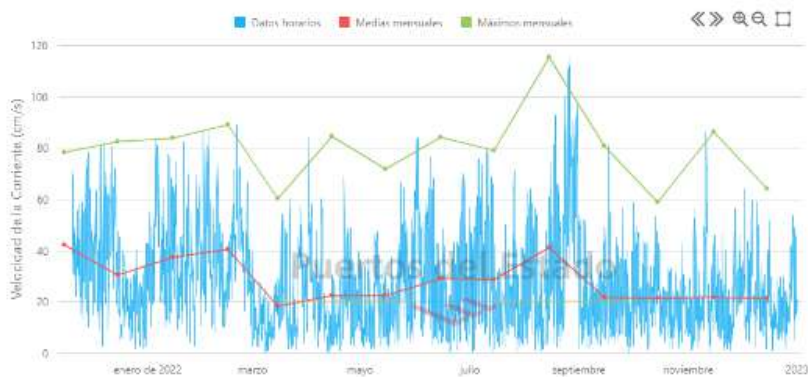
Durante el invierno el viento sopla con mayor intensidad que en el periodo estival. Así mismo, en invierno, los vientos predominan de modo mayoritario del cuarto cuadrante respecto a los vientos de componente sur.

Figura 8.17: Intensidad del viento en el punto SIMAR 2132154 (Golfo León) periodo 2020-2023.



Fuente: Puertos del Estado

Figura 8.18: Intensidad de la corriente en la boya frente al cabo Begur durante 2022.



Fuente: Puertos del Estado

Figura 8.19: Invierno- direccion de la corriente en la boya frente al cabo Begur durante 2022.



Fuente: Puertos del Estado

Figura 8.20: Verano- direccion de la corriente en la boya frente al cabo Begur durante 2022.



Fuente: Puertos del Estado.

Los datos correspondientes a la velocidad de la corriente, al igual que la de los vientos, son obtenidos de la sección de oceanografía de Puertos del Estado, así como del derrotero de la zona [2], [10].

Hay que tener en cuenta que las manchas de hidrocarburos en la mar se desplazan bajo la influencia de las corrientes o de las mareas. La dirección y la intensidad de las mareas influirán a corto plazo en el movimiento de la mancha. Por lo tanto, entre la corriente y la marea se formará una corriente residual que será la que determinará el movimiento a largo plazo de la mancha de hidrocarburos. En la zona del mar Mediterráneo que se está considerando el efecto de las mareas es residual, por lo que no se tiene en cuenta.

Como norma general, se acepta que la mancha de hidrocarburos se desplaza a una velocidad equivalente al 3% ⁽ⁱ⁾ de la media del viento, a diez metros por encima de la superficie del agua ($\theta = 3\%$ aprox.). Para un cálculo científico y lo más exacto posible, se debe considerar que el viento arrastra la mancha dándole una celeridad que va del 0% al 10% de su velocidad, con un ángulo de afección menor a 10° [126], [52], [42]. El módulo de la velocidad de un hipotético derrame se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$V_{\text{derrame}} = V_{\text{corriente}} + \theta V_{\text{viento}}$$

V_{derrame} es la velocidad de desplazamiento del derrame.

$V_{\text{corriente}}$ es la velocidad del efecto de la corriente y la marea.

V_{viento} es la velocidad del viento.

θ es un coeficiente de interfase.

(i) Manual sobre la Contaminación Ocasionada por Hidrocarburos. Parte IV Lucha Contra los Derrames de Hidrocarburos. / OMI.

Tal como se indicó en el párrafo anterior, al factor θ se le aplica un valor del 3%. El mencionado factor depende de la densidad del crudo derramado. Si se quisiera hacer el cálculo con mayor exactitud se debería utilizar la formula:

$$\theta = \delta_{\text{densidad del aire}} / \delta_{\text{densidad del petróleo}}$$

Aplicando la fórmula relativa a la velocidad de desplazamiento del derrame, ante una hipotética marea negra con las condiciones de valores medios máximos, se obtiene un valor estimado de la velocidad de desplazamiento como sigue:

Golfo de León (SIMAR 2132154)

$$V_{\text{corriente}} = 0,5 \text{ nudos} = 0,5 \times 1.852 \text{ m/h} = 926 \text{ m/h}$$

$$V_{\text{viento}} = (16,33) \text{ m/s} = 58788 \text{ m/h} \quad \theta = 0,03$$

$$V_{\text{derrame}} = V_{\text{corriente}} + \theta V_{\text{viento}} = 926 + (0,03 \times 58788) = 2.689,64 \text{ m/h}$$

$$V_{\text{derrame}} = 2689,64 \text{ m/h} \quad \mathbf{1,45 \text{ nudos}}$$

Cap de Creus (SIMAR 2125147)

$$V_{\text{corriente}} = 2,3 \text{ nudos} = 2,3 \times 1.852 \text{ m/h} = 4.259,6 \text{ m/h}$$

$$V_{\text{viento}} = (20,21) \text{ m/s} = 72756 \text{ m/h} \quad \theta = 0,03$$

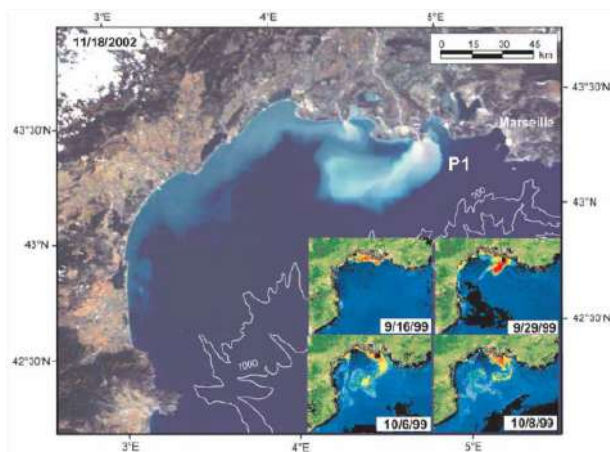
$$V_{\text{derrame}} = V_{\text{corriente}} + \theta V_{\text{viento}} = 4.259,6 + (0,03 \times 72756) = 6.442,28 \text{ m/h}$$

$$V_{\text{derrame}} = 6.442,28 \text{ m/h} \quad \mathbf{3,47 \text{ nudos}}$$

Según la estimación que se hace de la trayectoria del hipotético derrame en el entorno del golfo de León o las proximidades de cap de Creus, y valorando las variaciones de corrientes y vientos entre verano e invierno, el destino de dichas mareas será el siguiente:

- En verano la dirección de la marea negra sería hacia mar adentro.
- En invierno la dirección de la marea negra sería hacia la mar adentro, de un modo menos contundente que en verano, pudiendo aproximarse a las costas catalanas.

Figura 8.21: Se puede apreciar el desvío de sedimentos hacia la parte central del golfo a causa de la corriente Liguria.



Fuente: [10].

La combinación de los vientos imperantes en el Golfo de León y las corrientes marinas, tienen diferentes efectos según la época del año y las condiciones atmosféricas reinantes. En verano los vientos de mistral y tramontana influyen muy notablemente en la corriente de Liguria, cuyos efectos pueden llegar a ser totalmente alterados. A la altura de cabo Begur la corriente puede llegar a los 2,3 nudos. En invierno la corriente de Liguria tiende a fluir más cerca de la costa en un corredor ancho con una velocidad de menos de medio nudo, pudiendo alcanzar máximos en torno a 1,1 nudos frente a cabo Begur. Se evidencia que los efectos del fuerte viento de invierno afectan notablemente a la corriente.



9. CONCLUSIONES

La sensibilidad mundial por el medio ambiente y el desarrollo sostenible, motivado por la deriva que estaba tomando la contaminación de nuestros mares, ríos, costas, etc., ha condicionado la evolución de la legislación y de los buques tanques en los que se transportan los hidrocarburos.

A lo largo de este trabajo, se han valorado los cambios que la legislación internacional ha ido generando y que los distintos países han ido introduciendo en sus propios ordenamientos.

A pesar de que desde mediados de la década de los 80 el tráfico de hidrocarburos no ha cesado de crecer y los derrames de decrecer, este resultado se debe a la introducción y puesta en marcha de diferentes instrumentos jurídicos y medidas de seguridad a través de los años, en especial, después de cada accidente importante. A la vista de los datos, no cabe duda de que se ha mejorado, pero el riesgo del derrame de hidrocarburos en mar abierta motivado por un accidente de un buque tanque está siempre presente.

Actualmente, la flota de petroleros se ha renovado de modo muy sensiblemente, siendo una flota moderna y técnicamente avanzada respetuosa con los mares. La capacidad de carga de la flota de petroleros tiene una antigüedad media de 19 años, siendo una edad media superior a la de los portacontenedores que se sitúa en los catorce. Las nuevas técnicas de gestión de lastres, limpiezas de tanque, residuos, etc., hacen que estas unidades hayan reducido su siniestrabilidad a niveles inimaginables sólo hace tres décadas.

La normativa MARPOL Anexo I aplicable a todos los buques ha sido muy beneficiosa, gracias a ello, se obliga a llevar un libro de hidrocarburos donde se registra cualquier descarga al mar. Las actuales estructuras de prevención de la contaminación, como REMPEC y la DGMM, con sus medios aéreos y marítimos de localización de vertidos, posibilitan la detección de infractores en el Mediterráneo. Todos los buques que escalan en puertos españoles están obligados a descargar sus residuos oleosos (ejemplo: sentinas de la cámara de máquinas) a través de un gestor autorizado de ese tipo de residuos, el cual certificará la cantidad descargada.

Una vez estudiados en profundidad los tráficos marítimos, sus características, rutas, condiciones meteorológicas y morfología de la zona, se ha evidenciado el eventual riesgo de derrame accidental en la mar, procedente del tráfico de hidrocarburos, que podría afectar al litoral del Parque Natural de cap de Creus.

Por la costa norte del Parque discurre la corriente Liguria que se une a la circulación general del Mediterráneo Noroccidental en dirección sursudoeste (SSW) discurriendo frente al estrecho talud catalán hasta alcanzar el canal de Ibiza. Esta corriente dificultaría notablemente que un eventual derrame impactase en la costa levantina del Parque, arrastrándolo hacia el Sur. El efecto del cañón de Creus sobre la corriente Liguria impide que una eventual marea negra pueda impactar en la costa norte del Parque, desviando el derrame hacia el sudeste con una alta velocidad.

Respecto a la detección y detención de un hipotético derrame que afecte al Parque Natural, la DGMM (SASEMAR) cuenta con dos Centros de Coordinación de Salvamento en sus inmediaciones, el CCS de Barcelona y el CCS de Tarragona. Adicio-

nalmente, en Castellón de la Plana está ubicada una de las seis bases estratégicas de lucha contra la contaminación (BEC) de SASEMAR. Con todo ello, se evidencia que las inmediaciones del Parque Natural cuentan con los medios técnicos para la lucha contra la contaminación.

No podemos olvidar que la ciencia meteorológica, estando en constante avance, aún está lejos de poder determinar con exactitud los vientos y corrientes en todos los puntos necesarios. La variabilidad de las condiciones meteorológicas y su difícil predicción complican el poder concretar la evolución de un derrame de hidrocarburos. De cualquier modo, con los datos acumulados y extrapolándolos, se pueden plantear hipótesis haciendo predicciones basadas en la experiencia.

La calificación de Parque Natural Marítimo-Terrestre se extiende en una zona marítima protegida de unas 3.064 hectáreas que dista de la costa entre 0,2 y las 1,3 millas.

Adicionalmente a la buena evolución de la normativa marítima y la reducción de los derrames de los últimos lustros, se han materializado avances en la colaboración con Francia en la zona mediterránea, el **Plan Golfo de León** fue suscrito en el año 2002. En junio del 2008 se hizo juntamente con las autoridades francesas el ejercicio “Mediterráneo 2008” centrado en el Golfo de León.

Considerando que en esa zona un derrame podría desplazarse a una velocidad de 3,47 nudos, para una mejor protección del Parque Natural se sugiere:

- 1.- Definir una **mayor** distancia de protección. Con limitación de usos y actividades.

La distancia de protección tendría la misión de dar tiempo a las autoridades a actuar ante un derrame de modo que éste nunca alcanzase al Parque.

2.- *Definir una ruta de navegación de recalada al Puerto (petrolero) de Port de Bouc* desde las proximidades de cap de Creus.

Con la adopción de la medida anterior, los buques que lleguen (o salgan) a *Port de Bouc* procedentes del puerto de Tarragona o Barcelona, estarían obligados a navegar separados de la costa y en caso de derrame las autoridades tendrían tiempo para actuar y evitar que éste llagase al Parque Natural.

3.- *Definir una ruta de navegación de recalada al Puerto de Palamós.*

Con la adopción de esta medida, los buques que lleguen (o salgan) de Palamós procedentes del Golfo de León estarían obligados a navegar separados de la costa y en caso de derrame las autoridades tendrían tiempo para actuar y evitar que éste llagase al Parque Natural. El Puerto de Palamós manipuló en el año 2022 cerca de doscientas mil toneladas de mercancía y 63 escalas de cruceros entre Palamós y Rosas (datos Ports de la Generalitat). La ubicación geográfica del puerto de Rosas está en el límite Sur (S) del Parque Natural.

Las propuestas 2 y 3 se deberían estudiar conjuntamente para diseñar un esquema de separación de tráfico compatible con las necesidades marítimas y la seguridad en la defensa del Parque Natural de cap de Creus.

Como corolario a la vista de los resultados del trabajo y las conclusiones expuestas, se puede afirmar que es importantísi-

mo que, se continúe avanzando en la protección del Parque Natural por su singularidad y amplia biodiversidad para evitar lamentaciones. De modo genérico, se puede afirmar que se han puesto los pilares para que el Parque Natural de cap de Creus preserve su biodiversidad para las generaciones venideras.



❧ 10 BIBLIOGRAFÍA

1. About REMPEC - *Mandate*. Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea (REMPEC), www.rempec.org.
2. *Admiralty Sailing Directions Mediterranean Pilot Vol. I (NP 45)*. 17th Ed. 2021, Londres: Admiralty Charts and Publications, 2021. ISBN 978-0-70-77 45848
3. Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). *Estado y presiones del medio ambiente marino y del litoral Mediterráneo*. Agencia Europea de Medio Ambiente. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 1999. ISBN: 92-9167-164-9.
4. Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). *Situación y presiones del medio ambiente marino y del litoral Mediterráneo*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2000. ISBN 92-9167-183-5
5. Alis Cantano. *El convenio MARPOL 73/78: Un estudio detallado*, Octubre 2004. www.derechomaritimo.info.
6. ALNILAM. *Características físicas del mar de Alborán*. Research and Conservation. www.alnilam.com.es.
7. Acuerdo de 01 de agosto de 2003, del Consejo del Gobierno. *Plan Especial de Emergencia por contaminación accidental de las aguas marinas en Cataluña*, Diario Oficial de la Generalidad de Cataluña, 26 de agosto de 2003, Resolución JUI/2502/2003.
8. Aqim, E., *Plan Interior marítimo del Puerto Pesquero de Mazarrón*. Directores Nieto, J., López-Cerón, F., Universidad Politécnica de Cartagena-Industriales, Cartagena. 2015

9. Armenta, A., *Contaminación en el Mar Mediterráneo*, 2015. www.amiraarmenta.com.
10. Arcos, JM et al, *Sistema de Cañones Submarinos Occidentales del Golfo de León*. Proyecto LIFE+INDEMARES. Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2014.,
11. Automatic Identification System (AIS) Overview, *Navigation Center – United States Coast Guard*. www.navcen.uscg.gov.
12. Borrás, G. *Mareas Negras*. CETMAR, 2020. www.cetmar.org
13. BP Statistical Review of the World Energy 2021. www.bp.com.
14. *Capitanías Marítimas y Distritos Marítimos*. Dirección General de la Marina Mercante DGMM. www.mitma.gob.es
15. Chacon de Mesa, J.; Buceta Miller, J.L.; Ruiz Sierra. A. *XV Conferencia de las Partes Contratantes del Convenio de Barcelona*. División de Protección del Medio y los Ecosistemas Marinos - Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, febrero 2008.
16. Comité de Protección del Medio Marino (MEPC). *Convenio MARPOL Edición refundida de 2017, suplemento febrero 2019*. Organización Marítima Internacional (IMO), 2019. www.imo.org.
17. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), Informe sobre *el transporte marítimo 2022*, UNCTAD/RMT/2022 (Overview). <https://unctad.org>
18. *Convenio de Barcelona para la protección del mar Mediterráneo*. Summaries of EU Legislation (EUR-Lex), Síntesis de documentos. 2020. www.eur-lex.europa.eu

19. Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES), *CORES 20 años 2003-2023*, Estadísticas. www.cores.es
20. Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES), *Informe estadístico anual 2021*. www.cores.es
21. Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES), *Informe estadístico, anualidad 2021*. 2022. www.cores.es
23. Dunbar, B. (NASA Official). *Landsat Overview*. NASA-National Aeronautics and Space Administration, (last updated: Dec, 09, 2021). www.nasa.gov
24. EIA Energy Information Administration, *Global Petroleum and Other Liquids*, Official Energy Statistics from the U.S. Government, 2016. www.eia.gov
25. Elkabbouri Mounime, M. L.; *Maritime transport and international trade: a study of transshipment opportunities and their impacts on the mediterranean region growth* International Conference on Business and Economic Development (ICBED), New York-USA, 2014. www.abrmr.com
26. *EMSA Homepage*. European Maritime Safety Agency. www.emsa.europa.eu.
27. Epturismo, *La recuperación del turismo en España eleva los ingresos hasta casi 15.400 millones, rozando los niveles prepandemia*. Europa Press, 2022. www.europapress.es
28. España. *Enmiendas al Convenio para la Protección del Mar Mediterráneo contra la Contaminación, hecho en Barcelona el 10 de junio de 1995*. Boletín Oficial del Estado, de 19 de julio de 2004, núm. 173.
29. España. Enmiendas de 2020 al Código marítimo internacional de mercancías peligrosas (Código IMDG) adoptadas

- en Londres el 11 de noviembre de 2020 mediante la Resolución MSC.477(102). Boletín Oficial del Estado, de 24 de junio de 2022, núm. 150.
30. España. *Enmiendas de 2018 al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974, adoptada en Londres el 24 de mayo de 2018 mediante Resolución MSC.436(99)*. Boletín Oficial del Estado, de 23 de enero de 2021, núm. 20.
 31. España. *Enmiendas de 2012 al Anexo del Protocolo de 1978 relativo al Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, adoptadas en Londres el 2 de marzo de 2012 mediante la Resolución MEPC.216 (63)*. Boletín Oficial del Estado, de 29 de octubre de 2013, núm. 259.
 32. España. *Ley 22/1988, de 28 de julio de 1988, de Costas*. Boletín Oficial del Estado, de 29-06-88, núm. 181.
 33. España. *Ley 02/2013, de 29 de mayo de 2013, de protección y de uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas*. Boletín Oficial del Estado, de 30-05-2013, núm. 129.
 34. España. *Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante*. Boletín Oficial del Estado, de 25 de noviembre 1992, núm. 283, modificada por la Ley 62/1997, de 26 de diciembre. Boletín Oficial del Estado, de 30 de diciembre 1997, núm.312, modificada por el Real Decreto Legislativo 2/2011 de 5 de septiembre. Boletín Oficial del Estado, de 20 de octubre 2011, núm.253.
 35. España. *Instrumento de ratificación de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, hecho en Montego Bay el 10 de diciembre de 1982*. Boletín Oficial del Estado, de 14 de febrero 1997, núm. 39.
 36. España. *Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general*.

- Boletín Oficial del Estado, 27 de noviembre 2003, núm. 284.
37. España. *Ley 33/2010, de 5 de agosto, de régimen económico y de prestación de servicios en los puertos de interés general*. Boletín Oficial del Estado, 7 de agosto 2010, núm. 191.
 38. España. *Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante*. Boletín Oficial del Estado, 20 de octubre 2011, núm. 253
 39. España. Orden de 18 de enero de 2000, Reglamento sobre Despacho de Buques. *Boletín Oficial del Estado*, 2 de febrero del 2000, núm. 28. Modificado por RD 1435/2010 de 5 de noviembre 2010.
 40. España. *Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo*. Boletín Oficial del Estado, 14 de febrero de 2004, núm.39.
 41. España *Real Decreto 1695/2012, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Sistema Nacional de Respuesta ante la contaminación marina*. Boletín Oficial del, 15 de enero de 2013, núm. 13
 42. Esparza Lorente, A.V. “*Análisis del potencial riesgo de ocurrencia de mareas negras procedentes del mar abierto, por el tráfico de hidrocarburos, en el litoral Mediterráneo español*”. Director: Martínez de Osés, Francesc Xavier. Barcelona, UPC: Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques, enero 2010. Tesis doctoral.
 43. ESPON, *Mediterranean Sea Regional Profile*, 2013. <https://www.espon.eu>
 44. Euromed Cooperation on Maritime Safety and Prevention of Pollution from Ships (SAFEMED). *Study of Maritime*

- Traffic Flows in the Mediterranean Sea: Final Report - Unrestricted Version, 2008.* Maritime Traffic Flows Study. www.safemedproject.rempec.org.
45. European Environment Agency (EEA) - Agencia Europea de Medio Ambiente. *El Medio Ambiente en Europa – Estado y Perspectivas 2015: séptima evaluación*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2015. ISBN 978-92-9213-519-5. www.eea.europa.eu.
46. European Environment Agency (EEA) - Agencia Europea de Medio Ambiente. *El Medio Ambiente en Europa – Estado y Perspectivas 2020 (SOER 2020)-Resumen Ejecutivo*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2020. ISBN 978-92-9480-125-8 www.eea.europa.eu
47. Fundación BBVA, *La población en España: 1900-2009*, Cuadernos de Población, 2010. www.fbbva.es.
48. Gobierno de España/Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, *Santuarios Mediterráneos*, Ambienta, febrero 2002. www.mapa.gob.es
49. Greenpeace. *Recuperemos el Mediterráneo*. Contaminación, julio 2007. www.greenpeace.org.
50. Henry, P. [et al.]. *El Mediterráneo: Un Microcosmos Amenazado*. Barcelona: Editorial Blume, 1979. ISBN 84-7031-141-7.
51. Huijer, K. *Trends in Oil Spills from Tanker Ships 1995-2004*. London: International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), 2005. www.itopf.com.
52. Information Service – Data & Statistics. London: International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), *Oil Tanker Spill Statistics 2021*. www.itopf.com.

53. Instituto Marítimo Español (IME). *Normativa Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques de 1973*. Universidad Pontificia de Comillas. 2010. www.enhebra.files.wordpress.com
54. International Maritime Organization IMO *Estructura de la OMI*. Londres, 2020. www.imo.org.
55. International Maritime Organization IMO. *Lista de orientaciones y manuales relativos al Convenio de cooperación y al Protocolo de cooperación-SNPP de la IMO*. Preparación y Lucha contra la contaminación. www.imo.org.
56. International Maritime Organization IMO Manual sobre Contaminación Ocasionada por Hidrocarburos. Parte IV. Lucha contra los derrames de hidrocarburo. Ed 2005. Londres: IMO. 978-92-801-0082-2
57. International Maritime Organization IMO. International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 (SOLAS). Consolidated Edition 2020. IMO Publishing, London, 2020 ISBN 978-92-8011-690-8.
58. International Maritime Organization IMO. Maritime Safety Committee 81st session New and Amended Existing Traffic Separation Schemes. "Off Cabo de Gata". Londres: IMO, 26 Mayo 2006.
59. International Maritime Organization IMO. Sub-Committee on Safety of Navigation 48th session. Cape Palos Traffic Separation Scheme. Londres: IMO, 25 April 2002.
60. International Maritime Organization IMO. Sub-Committee on Safety of Navigation 48th session. *Ship Reporting and Related Matters, Traffic Separation Scheme off Cape La Nao*. Londres: IMO, 25 April 2002.
61. International Maritime Organization IMO. Sub-Committee on Safety of Navigation 52th session. *Routeing of Ships*,

- Ship Reporting and Related Matters, Routeing of ships; precautionary areas on the eastern side of and off the Moroccan port of Tangiers-Med, and division of the southern inshore traffic zone in the Strait of Gibraltar traffic separation scheme.* Londres: IMO, 14 marzo 2006.
62. International Maritime Organization IMO. *Convenio MARPOL edición refundida de 2017.* Londres: IMO, 2018.
63. International Maritime Organization IMO. *Convenio MARPOL edición refundida de 2017. Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques. Suplemento 2020.* Londres: IMO, 2020. www.imo.org
64. International Maritime Organization IMO. Summary of Status of Conventions at 27 September 2022. Londres: IMO, 2022. www.imo.org.
65. International Maritime Organization. IMO. Summary of Conventions at 27 September 2022. Londres: IMO, 2022. www.imo.org.
66. International Maritime Organization. IMO. *List of Conventions, other multilateral instruments and amendments in respect of which the organization performs depositary and other functions.* Londres: IMO, 2021. www.imo.org
67. International Maritime Organization. IMO *Veinticinco años de MARPOL*, La OMI al día. 1998.. www.imo.org.
68. International Mobile Satellite Organization. *Long Range Identification and Tracking of Ships (LRIT).* LRIT. www.imso.org.
69. International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). *Uso de barreras en respuesta a la contaminación por hidrocarburos.* Documento de información técnica. London, 2014: www.itopf.com

70. International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). *Uso de dispersante para el tratamiento de derrames de hidrocarburos*. Documento de información técnica. London, 2014: www.itopf.com
71. Kristensen, M., Johnse, A.R., Christensen, J.H. *Marine biodegradation of crude oil in temperate and Arctic water samples*. Journal of Hazardous Materials, 300 (2015), pp 75-83. www.elsevier.com.
72. Le Lourd, P. *Contaminación por el Petróleo en el Mar Mediterráneo*. A: Henry, P (ed.). *El Mediterráneo: Un Microcosmos Amenazado*. Barcelona: Editorial Blume, 1979. ISBN 84-7031-141-7.
73. Legambiente, *Mare Monstrum 2013*, 2013. www.legambiente.it
74. MARPOL Training Institute, *Annex I – Regulations for the Prevention of Pollution by Oil*. www.marpoltraining.com
75. Maneja Juvantený, Gullem, *Parque Natural del Cap de Creus: entre tierra y mar*, Barcelona, 2017. www.elnacional.cat
76. Medina, R. (Oficina Española de Cambio Climático, Convenio de Colaboración con la Universidad de Cantabria). *Impactos en la costa española por efecto del cambio climático - Fase III Estrategia frente al cambio climático en la costa*. Ministerio de Medio Ambiente, 2004, Madrid: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, www.miteco.gob.es
77. Mediterranean Action Plan (MAP)-Plan Bleu, *Maritime Transport in the Mediterranean: Status and Challenges*, 2021 www.unepmap.org ISSN 2606 6106.
78. Mediterranean Decision Support System for *Marine Safety. Marine Pollution. The oil in Brief*. Europe in the Mediterranean. MEDESS-4MS Project-2016. www.nedess4ms.eu

79. Medio Ambiente y Sostenibilidad, *Geoparques*, Generalitat de Catalunya, www.mediambient.gencat.cat.
80. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. *Convenio de Barcelona*. Protección Internacional del mar. www.miteco.gob.es.
81. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. *Organización y Funciones*. Áreas de actividad. DGMM. www.mitma.gob.es
82. Mira Diaz, M.; *El Cabo de Creus. El parque natural y su entorno* Estación biológica marina en el Cabo de Creus, PFC, 2008.
83. Moreu Curbera.; Martínez Jiménez. *Meteorología náutica y oceanografía*. 3ª ed. Vigo: Graficas Galicia, 1973. ISBN 84 400 6523 X.
84. Muñoz, M; *Los centros de Salvamento Marítimo en la comarca prestaron auxilio a 2.747 personas en 2022*, EuropaSur, 21 febrero 2023.
85. Musk, S., *Trends in Oil Spills from Tankers Over the Past Ten years (2015)*. International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), London, 2015. www.itopf.com
86. O'Hagan C. *Use of GIS for assessing the changing risk of oil spills from tankers (2007)*. London: International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), Mayo 2014. <http://www.itopf.com>.
87. Oceana *El vertido de hidrocarburos desde buques a los mares y océanos de Europa. La otra cara de las mareas negras*.2003. www.oceana.org.
88. Oceana *El Mediterráneo puede convertirse en otro "Golfo de México"*. Madrid, 2010. www.eu.oceana.org
89. *Oil Spill - Shipping Industry's painful predicament... (Part II)*, Daily Shipping Times. www.dailyshippingtimes.com

90. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (Food and Agriculture Organization Statistical area 37). *Marine resources – Mediterranean and Black Sea*, 2011. www.firms.fao.org
91. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (Food and Agriculture Organization). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura-2022*, www.fao.org
92. Organización Marítima Internacional OMI. *Directrices OMI/PNUMA sobre aplicación de los dispersantes de derrames de hidrocarburos y consideraciones ambientales*. Londres (Reino Unido): IMO, 1995 ISBN9280135082.
93. Organización Marítima Internacional OMI. *Resolución A.917(22) Directrices relativas a la utilización en el buque del sistema de identificación automática (SIA) de a bordo*. IMO. Londres, 2002. www.prefectura naval.gov.ar
94. Parque Naturales de Catalunya, Parque Natural de Cap de Creus. www.parcsnaturals.gencat.cat
95. Patrón de Embarcación de Recreo, P.E.R., METEOROLOGÍA, 9.7.2.- *Utilidad de la escala Douglas y necesidad de llevarla a bordo.*, PER-UT 9-METEOROLOGIA. www.estudiasonavegas.com.
96. Prevention REMPEC / OSCAR-MED Operation / Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea (REMPEC). www.rempec.org.
97. Promar. *El fenómeno de aguas profundas en el Mar de Alborán*. Promar Informa: El Eco del Parque, núm.47- primavera 2009. www.almediam.org.
98. Puertos del Estado. Conjunto de datos: REDCOS. Publicado 29 junio 2015. www.puertos.es

99. Port of Marseille Fos, Port Information Guide, January 2021.
100. *Redes de Reservas Marinas*, 2022 de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente www.mapa.gob.es, NIPOLínea:003220565
101. Rodrigo, J., *Seguridad Marítima en Buques Tanques Petroleros* (Oil Tankers Safety). Universidad Politécnica de Cataluña, 2009. www.upcommons.upc.edu.
102. Rodríguez Martínez, J.; *Oceanografía del Mar Mediterráneo*. 1ª ed. Madrid: Ediciones Pirámide, 1982. ISBN 84-368-0190-3.
103. Röling, W.F., Jones D.M., Head, I.M., *Marine Microorganisms make a meal of oil*. Nature Reviews Microbiology. April 2006 Nature Publishing Group, Vol.4, pp 173-182. www.nature.com
104. Ros, J.D. *La Salud del Mar Mediterráneo*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1994.
105. Rubio Company, A. *Remolinos de mesoescala en el Mediterráneo noroccidental: Generación y evolución*. Tesis doctoral, UPC, Departamento de Oceanografía Física, 2005 [EDIFICI D1 Campus NORD].
106. Sail & Trip, *Brisa Marina, qué es y cómo se forma*. El Terral. 2015. www.sailandtrip.com.
107. Sail & Trip, *Vientos del Mediterráneo*. 2023. www.sailandtrip.com
108. Sánchez Reus, G.; Zabaleta Vidales, C. *Curso de Meteorología y Oceanografía*. 3ª ed. Madrid: Editado por Subsecretaría de Pesca y Marina Mercante, 1978. ISBN 84 500 2921 X.
109. Servicio de Documentación. Escalas de Viento y Oleaje. Agencia Estatal de Meteorología. www.aemet.es.

110. Silos Rodríguez, J.M. *Manual de lucha contra la contaminación por hidrocarburos*. Cádiz: Edita Universidad de Cádiz, 2008 ISBN: 9788498281569.
111. SINC (La ciencia es noticia), *El 70% de la población española vive en grandes áreas urbanas*, Ciencias Sociales: Demografía, 2010. www.agenciasinc.es
112. Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR). *Centro de Coordinación de Salvamento*. Bases y Centros, Unidades marítimas y aéreas www.salvamentomaritimo.es.
113. Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR). *Cooperación con otros organismos*. www.salvamentomaritimo.es.
114. Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR). *Ejercicio POLEX 2019*. www.salvamentomaritimo.es.
115. Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR). *Mapa de Zonas SAR en el Atlántico y Mediterráneo*, Informe anual 2020 www.salvamentomaritimo.es
116. Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR). *Salvamento Marítimo y la agencia Europea de Seguridad Marítima realizan un ejercicio de lucha contra la contaminación en Vigo*, 2013.www.salvamentomaritimo.es
117. Solano, M., *Caracterización extremal del oleaje en la costa catalana*. Tesina Director: Espino, M. Universidad Politécnica de Cataluña UPC, 2004. www.upcommons.upc.edu
118. *The European Maritime Safety Agency*, European Maritime Safety Agency. www.emsa.europe.eu
119. Unión Europea. Directiva 2009/147/CE 911/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 09 de noviem-

- bre de 2009.y BOE núm. 173, de 17 de julio de 2014. BOE-A-2014-7576.
120. United Nations Environment Programme, UNEP, *Informe de 2020 sobre el estado del medio ambiente y desarrollo del Mediterraneo*, SoED 2020. www.planbleu.org
121. United States Coast Guard. *Oil Pollution Act of 1990 (OPA)*. National Pollution Funds Center. www.uscg.mil
122. U.S. Minerals Management Service. *Using Satellite Radar Imagery to Detect Leaking Abandoned Oil Wells on the U.S. Outer Continental Shelf*. Final Report, 03 enero de 2001. www.mms.gov
123. Vera García, M. *Conferencia Internacional Contra la Polución del Mediterráneo*. Barcelona: Pulso Ediciones, 1982. Edición privada limitada.
124. *Vessel tracking globally (LRTI)*. European Maritime Safety Agency (EMSA). www.emsa.europa.eu.
125. VIMAR – Vida Marina, *Biodiversidad en la Isla de S'Encalladora (Reserva Natural Integral de Cap de Creus)*, 2021, www.vidamarina.info
126. *Weathering Processes and Time Scales.*, Lección 8 Derrame de petróleo, Universidad de las Palmas de Gran Canarias. www.ulpgc.es
127. Wikipedia. *Landsat program*. www.en.wikipedia.org
128. Wikiwand. *Parque natural de Cabo de Creus*. www.wikiwand.com

Discurso de contestación

Excmo. Sr. Dr. José María Baldasano Recio

Excelentísimo Señor Presidente,
Excelentísimos Académicos,
Excelentísimas e Ilustrísimas Autoridades,
Señoras y Señores,

I - INTROITO Y LAUDATIO

Hoy accede a nuestra Corporación, el **Excmo. Sr. Dr. D. Amable V. Esparza Lorente**, ingresando en calidad de Académico Numerario. Se incorpora a nuestra institución un acreditado profesional, que suma numerosas aportaciones en el transcurso de su prolífica trayectoria, llega a esta **Real Academia** precedido de una sólida reputación conseguida a lo largo de toda una vida dedicada a la Ingeniería Náutica en diferentes facetas de dicha especialidad.

Si una característica, a modo de virtud, distingue a nuestra Academia es su faceta interdisciplinar y transversal. Así, agradezco la circunstancia de que la **Real Academia Europea de Doctores**, a través de su **Presidente, Excmo. Sr. Dr. D. Alfredo Rocafort Nicolau**, me haya responsabilizado de la preparación del presente discurso de contestación al de ingreso que acabar de leer el **Académico Recipiendario, Dr. Amable V. Esparza Lorente**; facultad que agradezco por el panegírico que me encomienda.

Mi gratitud, por el compromiso de intentar dar respuesta a una intervención en aras a sensibilizar sobre la importancia y las consecuencias de la contaminación marina, y en particular la debida al transporte de hidrocarburos en el entorno del parque natural marítimo-terrestre del cap de Creus, dictada por un profesional del nivel y experiencia del **Dr. Amable V. Esparza Lorente**.

La impronta interdisciplinar de la **Real Academia Europea de Doctores**, queda patente hoy como en tantas otras ocasiones. El discurso de ingreso del académico recipiendario, **Dr. Amable V. Esparza Lorente**, lo prepara, redacta y lee un doctor en ingeniería náutica, experto en el ámbito de la actividad marítima y portuaria, y responde un químico, que es Catedrático Emérito de Ingeniería Ambiental en la Universidad Politécnica de Cataluña, que únicamente aspira a presentar y encomiar la figura y la personalidad del nuevo Académico de Número, perfilando trazos con los que apoyar las conclusiones del recipiendario.

Y si el discurso del **Dr. Esparza** toma como hilo conductor el vertido accidental de hidrocarburos, que de manera detallada va profundizando y desgranando, ahondando en los diferentes aspectos que el asunto depara, concienciándonos de su magnitud, historia y los efectos ambientales y sociales que desencadena, el discurso de contestación, lógicamente, tiene que incidir en las líneas principales del tema desarrollado por el **Dr. Esparza**.

Antes de proceder a la contestación al **Dr. Esparza**, a quien felicito por su magnífico trabajo y por su intervención, permítame, **Excmo. Sr. Presidente**, que introduzca su figura.

Del consistente y equilibrado currículum del **Dr. Esparza** sobresale, en primer lugar, una amplia y profunda formación académica centrada en los temas de la Náutica y la Marina, desarrollando su actividad en diferentes facetas profesionales.

El académico recipiendario, es doctor en Ingeniería Náutica por la Universidad Politécnica Cataluña, Ingeniero Naval y Oceánico, Licenciado en Marina Civil, y Capitán de la Marina Mercante.

Es de señalar que el **Dr. Esparza** en su trayectoria no se ha centrado únicamente en el campo profesional de su especialidad en el sector marítimo portuario. Cabe destacar también que tiene más de siete años de navegación.

Remarcar, además de forma significativa, que también se ha orientado a la docencia -colaborando con más de cinco universidades-, y a la investigación, centrada principalmente en el “riesgo de las mareas negras”, dando a su personalidad profesional un comportamiento poliédrico.

En el haber del **Dr. Esparza** destacan otros hitos, como es y ha sido su labor como representante, miembro y asesor de diferentes comités internacionales, sobresaliendo en particular WFEO-UNESCO y la Organización Marítima Internacional (OMI).

II.- CONTESTACIÓN AL DISCURSO DE INGRESO

En su discurso, el Académico **Dr. Amable V. Esparza Lorente** ha abordado como objetivo fundamental del trabajo expuesto, el analizar el riesgo del impacto potencial que podría tener un vertido de hidrocarburos, procedente de los buques, en el especial y particular ecosistema del parque natural marítimo-terrestre del cap de Creus. En ese rincón de nuestra amada costa catalana en el marco de nuestro querido mar Mediterráneo. De una manera muy didáctica y comprensible, razonando sus causas, planteando interrogantes y aportando luz a dicha problemática.

El conocimiento fundado del **Dr. Esparza**, fruto de sus largos años de trabajo e investigaciones, sobre el asunto del que ha versado, sería por mi parte una intromisión imperdonable la de inmiscuirme en sus análisis y razonamientos.

Ha abordado un tema de una gran importancia, del que, aunque en los últimos tiempos no sea tratado con excesiva atención, eso no significa que no sea de un riesgo significativo para el medio marino y su afectación a las zonas de la costa.

Recuerdo, que en el año 1976 el *Urquiola* explotó a la entrada del puerto de A'Coruña vertiendo en su costa 100.000 toneladas de crudo; y en el año 1978 el accidente del *Amoco Cadiz*, construido en los astilleros de Cádiz capital, frente a las costas de la Bretaña francesa arrojó al mar 223.000 toneladas de crudo. Que me llevo a trabajar para *Environment Canada* en el desarrollo de un modelo de transporte del derrame que fue instalado en sus servicios de operación preventiva. Así como el desastre del Exxon Valdez en el año 1989. Por citar tres, entre otros, de los accidentes con vertido de petróleo más importantes. Sin olvidar el más reciente desastre del *Prestige* en el año 2002, con gran repercusión ambiental y social en la 'Costa da Morte' y también en la política española, cuyo accidente afectó a 2000 kilómetros de la costa española, francesa y portuguesa. Pero como el **Dr. Esparza** señala, usando datos de la "*International Tanker Owners Pollution Federation*", afortunadamente la tendencia de los derrames ha disminuido de forma muy notable, más de un 90% desde los años 70's del pasado siglo a la presente década. Debido a todos los esfuerzos desarrollados en la "Lucha Contra la Contaminación Marina por Hidrocarburos".

De ahí, pues, la oportunidad de la memoria y el discurso del **Dr. Esparza**, donde ha manejado desde su experiencia, y su capacidad, ha ido contemplando prácticamente todas las facetas del tema. Considerando los aspectos geográficos, meteorológicos, sociales, técnicos, portuarios, de contaminación, de las corrientes marinas superficiales —en la zona de estudio considerada-, legales, etc.; en síntesis, del conjunto múltiple de los factores de riesgo debidos a un vertido accidental de hidrocarburos.

Las advertencias, los mensajes, de una voz acreditada en esta temática, como es la del **Dr. Esparza**, invita seria y cabalmente a pensar en una relación donde *“el hombre y la naturaleza forman parte de un mismo todo, en la medida que el hombre es naturaleza, pero en muchas ocasiones se evidencia un antagonismo”*, como indica en la memoria presentada.

ACABO YA SR. PRESIDENTE. Nuestra Corporación recibe en la tarde de hoy a un Académico en el más amplio sentido del término. La figura del **Dr. D. Amable V. Esparza Lorente** da y dará fulgor a la **Real Academia Europea de Doctores** que lleva tiempo enriqueciéndose de su ilustración, y de su perenne y entregada colaboración y de su empeño por compartir con todos nosotros su conocimiento.

Hoy, el **Dr. Esparza** ha vuelto a demostrar sus mejores dotes, nos ha iluminado con su talento, con su análisis de alto valor añadido, invitándonos a reflexionar, a buscar, proponer y hallar soluciones, y lo ha hecho, con convicción, con determinación, con entrega, y sencillez, de una forma clara y directa.

El caudal del **Dr. Esparza**, su conocimiento de la navegación y del mundo marítimo, así como sus contribuciones en las diferentes facetas de su desarrollo profesional, se han manifestado en este Salón de Actos. Aquí hemos escuchado atentamente el discurso de ingreso y hemos gozado de sus facultades analíticas y de su capacidad al poner al alcance de los demás los frutos de sus trabajos, estudios e investigaciones. La **Real Academia Europea de Doctores** se congratula del ingreso como **Académico Numerario** de un distinguido profesional que engrandece la función y el acervo intelectual de esta Institución. De sus próximos trabajos, esta **Real Institución** será deudora, a la par que fedataria y beneficiaria.

Sólo me resta, pues, felicitar a la **Real Academia** por la elección del **Dr. Amable V. Esparza Lorente** como Académico Numerario y, en nombre propio y en el de todos los presentes, le doy, con un abrazo fraternal, la más sincera y afectuosa bienvenida a esta **Casa**. ¡Bienvenido, a la **Real Academia Europea de Doctores**!



PUBLICACIONES DE LA REAL ACADEMIA
EUROPEA DE DOCTORES

Publicaciones



Revista RAED Tribuna Plural





JOSÉ M. BALDASANO RECIO (Madrid, 1950), Doctor (1983) en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona, Ingeniero Químico (1976) del Institut National Polytechnique de Toulouse (Francia) y Master on Science en Ingeniería Química (1979) por la Universidad de Sherbrooke (Canadá).

Catedrático de Ingeniería Ambiental en la Universidad Politécnica de Cataluña. Director del dpto. de Proyectos de Ingeniería de la UPC: 2001-2005, director del Instituto de Petrolquímica Aplicada: 1988-1991, y del Instituto de Tecnología y Modelización Ambiental: 1992-1997. Fundó y dirigió el programa de doctorado en Ingeniería Ambiental: 1986-2006 (primero en España). Fundó y co-dirigió el Master en Ingeniería Ambiental: 2006-2011. Sus actividades de I+D están centradas en la modelización de la calidad del aire, cambio climático, residuos y estudios de impacto ambiental. Fundador y director del dpto. de Ciencias de la Tierra del Barcelona Supercomputing Center: 2005-2014.

Responsable del desarrollo legislativo sobre residuos industriales en la Generalitat de Cataluña: 1981-1984, presidente del Consejo Asesor para la Gestión de los Residuos Industriales: 1991-1995, asesor de la Agencia Catalana de Residuos: 2004-2010; y desde 2011 asesor del Consejo de Expertos de Calidad del Aire. Miembro del Consejo Asesor del Ministerio de Medio Ambiente: 1994-1997. Presidente de ADECAGUA: 1989-1991. Miembro del Working Group on Hazardous Wastes de la ISWA. Consultor del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y del Banco Mundial. Miembro del Steering Group on Air Quality de la UE. Miembro del Scientific Steering Committee de PRACE HPC: 2010-2012 Experto del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Ha dirigido 33 tesis doctorales. Autor de 382 artículos, 445 comunicaciones, 241 ponencias, 102 conferencias, y co-editor y autor de 24 libros. Co-presidente de 5 conferencias internacionales. Consultor de más de 90 empresas y administraciones.

Premio Rey Jaime I de Medio Ambiente 1997, y Diploma del IPCC por el NOBEL PEACE PRIZE 2007.



*"More the knowledge
lesser the Ego,
lessser the knowledge
more the Ego."*

"Todos somos muy ignorantes. Lo que ocurre es que no todos ignoramos las mismas cosas".

Ambas frases atribuidas a: Albert Einstein (1879-1955)

Amable V. Esparza Lorente

1914 - 2023

Colección Real Academia Europea de Doctores



Generalitat
de Catalunya



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN, CULTURA
Y DEPORTE