



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE
NÁUTICA E MÁQUINAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

CONTAMINACIÓN MARINA POR PLÁSTICOS

GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

JUNIO-2019

AUTOR: MANUEL PEREIRAS VARELA

DIRECTOR: FRANCISCO JOSÉ SERVIA RAMOS



Agradecimientos

A mis padres, por la educación y los valores que me habéis dado. Por vuestro gran esfuerzo, la paciencia, por el apoyo en los momentos difíciles y por estar siempre ahí para todo lo que pudiese necesitar.

A mis hermanos, María y Alberto, por haber sido una guía y un apoyo, y por haberme hecho pasar una infancia inmejorable.



Resumen

El mar es el hogar de todo marino. Por este motivo, nosotros, la gente de mar, debemos ser los primeros interesados en defenderlo y protegerlo a toda costa. Actualmente, uno de los mayores peligros a los que se enfrenta el mar es la contaminación por plásticos. En el presente trabajo se describe el estado actual en el que se encuentran nuestros mares debido a este tipo de contaminación, y se tratará de ofrecer al lector una mayor comprensión sobre este fenómeno.

O mar é o fogar de todos os mariñeiros. Por esta razón, nós, a xente do mar, debemos ser os primeiros interesados en defendelo e protexelo a todo custo. Na actualidade, un dos maiores perigos para o mar é a contaminación por plásticos. Neste traballo descríbese o estado actual dos nosos mares debido a este tipo de contaminación, e tratarase de ofrecer ao lector unha maior comprensión deste fenómeno.

Sea is the home of every sailor. For this reason, we, the seafarers, must be the first ones interested in defending it and protecting it at all costs. Currently, one of the greatest dangers facing the sea is the contamination by plastics. In the present work i describe the current state of our seas due to this type of pollution, and i will try to offer the reader a better understanding of this phenomenon.



ÍNDICE

1. OBJETO.....	4
2.INTRODUCCIÓN	6
3.EL PLÁSTICO	7
3.1.Tipos de plásticos.....	8
3.2.Microplásticos.....	10
3.3.Aditivos químicos en los plásticos.....	13
3.4.Historia de los plásticos	14
4.CONTAMINACIÓN MARINA	15
4.1.Fuentes de la contaminación marina.....	18
4.1.1.Sectores terrestres que generan basura plástica	21
4.1.2.Sectores marítimos que generan basura plástica.....	25
4.2.Algunos accidentes de mercantes que involucraron pérdida de materiales plásticos en el mar	28
4.3.Caída de contenedores al mar	32
4.3.1.Causas	33
4.4.Impacto y efectos ecológicos en la biota marina	37
4.4.1.Impacto en flora y fauna marina	38
4.5.Transporte de especies invasoras	42
4.6.La pesca fantasma.....	42
4.7.Peligros para la Navegación	46
5.GARBAGE PATCHES	47
5.1.Corrientes marinas	48
5.2.Giros oceánicos. Efecto de Coriolis.....	49
5.3.Efecto de los vientos sobre las corrientes superficiales. Espiral de Ekman	50
5.4.Relación entre el modelo de Ekman y las corrientes y giros subtropicales. La circulación eólica y el flujo geostrofico.....	52
5.5.Circulación vertical de las corrientes provocada por el viento	55
5.6.Islas de plástico. La acumulación de plásticos en los giros oceánicos	57
5.7.Great Pacific garbage patch	58
6.GRANDES PROYECTOS PARA LA LIMPIEZA DE LOS OCÉANOS: THE OCEAN CLEANUP	62
6.1.Estructura	64
6.2.El sistema de prueba. (System 001).....	66



6.3.Impacto esperado67

 6.3.1.“Tecnología gallega en la mayor recogida de residuos del mar de la historia”69

7.ANÁLISIS Y RESUMEN DE LA LEGISLACIÓN INTERNACIONAL PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MARÍTIMA POR PLÁSTICOS 69

 7.1.Stokcohl declaration 71

 7.2.London dumping convention 1972 (Convenio de Londres sobre el vertido de desechos)..... 72

 7.3.MARPOL 73/78..... 74

 7.4.Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982 (UNCLOS)... 86

8.CONCLUSIÓN..... 88

9.BIBLIOGRAFIA 90

10.ÍNDICE DE TABLAS 95

11.ÍNDICE DE FIGURAS 96



1. OBJETO

La contaminación marina por plástico suscita año tras año mayor preocupación global, tanto entre las administraciones como a nivel social. Al igual que en tantas otras ocasiones con todos los problemas que se le han ido presentando al ser humano a lo largo de la historia, parece que un desafío no es digno de preocupación hasta el momento en el que, por decirlo de algún modo, “tenemos la amenaza en la puerta de nuestra casa”.

En el presente trabajo, se hace una exposición de los factores más relevantes que influyen y afectan a la contaminación marina provocada por los materiales plásticos. La finalidad del mismo ha sido otorgar un mayor conocimiento sobre este fenómeno a los lectores y, a nivel personal, comprender mejor el alcance de dicho fenómeno, las causas que lo provocan, y en qué medida se relaciona y afecta al transporte marítimo.

A lo largo del proyecto se busca ofrecer una visión clarificada de los elementos clave que influyen en la contaminación marina por plásticos y, siendo un problema que está relacionado en cierta medida con el mundo de la náutica y del transporte marítimo, se exponen datos que demuestran que dicho problema está en parte provocado y que a la vez afecta a dicho sector.

Así mismo, en el cuerpo del presente escrito, se trata de relacionar el tema de la contaminación con algunas materias del grado en Náutica. Por ejemplo, se hablará de las comúnmente denominadas como “islas de plástico”, mencionando los factores meteorológicos que influyen en la formación de las mismas, y también se tratará el tema desde el punto de vista del derecho marítimo, exponiendo las normas y directrices internacionales que se han promovido durante las últimas décadas y que favorecen la prevención de la contaminación por materiales plásticos.

Como se menciona en el resumen inicial del proyecto, el problema de la contaminación nos afecta a todos los seres humanos, pero la contaminación



marina por plásticos nos influye directamente a las personas que amamos y queremos vivir del mar. En el pasado, la gente que se hacía a la mar lo hacía mayoritariamente por necesidad, o porque era el oficio que habían aprendido de sus padres o abuelos. En mi opinión, hoy en día la mayor parte de gente que pretende dedicarse a profesiones relacionadas con el mundo marino, no lo hace tanto por necesidad, si no por amor a la mar y a los oficios que de ella se derivan. Creo que a ningún marino le gustaría navegar por un mar repleto de plásticos. Por este motivo, es necesaria la concienciación y divulgación de información relativa a este problema, para que desde nuestras casas empecemos a cambiar nuestra mentalidad, y seamos conscientes de que cada acto o decisión que tomamos puede tener consecuencias directas en el medio natural que nos rodea.



2. INTRODUCCIÓN

Como dijo Boyan Slat, fundador de *“The Ocean Cleanup”* (una de las iniciativas más relevantes a nivel mundial para la lucha contra la contaminación por plásticos, de la que hablaremos más adelante) *“Una vez hubo una edad de piedra, una edad de bronce, y ahora estamos en el medio de la Edad del Plástico”*.

Los plásticos inundan nuestra vida diaria. Desde que nos levantamos hasta que nos acostamos por nuestras manos pasan decenas y decenas de materiales plásticos.

Hasta el 2017 se produjeron en nuestro planeta una cantidad estimada de 8.300 millones de toneladas, de las cuales, el 9% se ha reciclado, el 12% incinerado, y el 79% ha acabado en vertederos o en el medio ambiente en general, llegando a los ríos a causa de las lluvias u otros fenómenos meteorológicos y finalmente a los mares.

Esta cantidad de plásticos producidos hasta la fecha equivaldrían, aproximadamente, a unos 276 millones de contenedores de 40 pies totalmente cargados (30 toneladas), o a 55.000 cruceros (de unas 150.000 toneladas de desplazamiento). Se estima que para 2050 la cifra de plásticos producidos alcance los 34.000 millones de toneladas.

Teniendo en cuenta que la vida útil de la mayor parte de los plásticos es muy breve en relación al tiempo que tardan en degradarse, y que los patrones de producción y consumo de los mismos crecen año a año de forma exponencial, es obvio que será necesario un cambio tanto a nivel personal como industrial, de aquí a unos años, para evitar que la contaminación por este material sea irreversible.



3. EL PLÁSTICO

Los plásticos son un conjunto de materiales sintéticos o semisintéticos, de origen orgánico y con un elevado peso molecular. Estos materiales tienen la característica de que pueden ser modificados o moldeados aplicándoles temperatura y/o compresión. Por lo general, un plástico es un polímero que ha sido sometido a un proceso industrial. Para entender mejor el concepto de plástico es necesario, en primer lugar, hablar sobre los polímeros.

Los polímeros son moléculas muy grandes (macromoléculas) de origen natural o artificial (generalmente de combustibles fósiles pero también de la biomasa), formadas a partir de la unión de moléculas más pequeñas denominadas monómeros.

La palabra polímero proviene de los términos griegos “*Poly*” y “*Mers*”, que quiere decir “muchas partes”. Podemos imaginar la estructura interna de los polímeros como una red tridimensional (un cubo), bidimensional (una hoja) o unidimensional (como una cadena). Las unidades o monómeros suelen ser carbono e hidrógeno y, en algunas ocasiones, oxígeno, nitrógeno, cloro, flúor, azufre, silicio, fósforo... Estas unidades, que conformarían por ejemplo, una cadena, están enlazadas (o polimerizadas), químicamente. Es decir, por ejemplo el monómero de etileno (C_2H_4) se polimeriza usando un catalizador (que acelera la velocidad de la reacción química), para formar polietileno. El mecanismo de polimerización puede llevarse a cabo de dos formas, por poliadición, cuando se repite el mismo monómero y no se generan productos secundarios, y policondensación, en la que los monómeros que se repiten son diferentes y se generan subproductos como agua o ácido clorhídrico.

Cabe destacar que los polímeros nos han acompañado desde el inicio de nuestra existencia, ya que el ADN, las proteínas, o fibras como la lana o el algodón, son polímeros naturales, pero es durante el siglo pasado cuando comienzan a



aparecer los primeros polímeros sintéticos que tan importantes son en nuestra sociedad actualmente.

A partir de esta pequeña aclaración, podemos definir los plásticos como polímeros sintéticos orgánicos. Son polímeros por sus estructuras moleculares; sintéticos, ya que son elaborados por la industria, y plásticos, por la propiedad del material de ser moldeado sin que se fracture.

3.1. Tipos de plásticos

A día de hoy la variedad de plásticos es muy amplia, tanto como sus utilidades. Cada tipo cuenta con un conjunto de propiedades distintas e igualmente responden de forma distinta a la aplicación de agentes externos como el calor. Teniendo en cuenta su composición estructural podemos distinguir tres grupos principales de plásticos:

- **Termoplásticos**: su estructura interna está constituida por moléculas que forman cadenas lineales o ramificadas. Son solubles en disolventes orgánicos. Si se les aplica calor funden, y tras enfriarse mantienen la forma. Este proceso puede repetirse sin afectar en gran medida a sus propiedades plásticas, por lo que son reciclables. Los termoplásticos son económicos y suponen casi el 50% de los plásticos fabricados. La mayor parte se obtiene por poliadición y son de origen sintético. Ejemplos: Poliestireno, PP, nylon, pvc., etc.

- **Termoestables**: su estructura interna está formada por cadenas entrecruzadas que conforman una estructura tridimensional ordenada. Durante la etapa de moldeo del plástico, momento en el que tiene lugar la reacción de polimerización, estos adquieren su estructura final. Son insolubles en disolventes orgánicos. Una vez se han enfriado no pueden ser refundidos o reprocesados, ya que si se les aplica calor se degradan o descomponen. Son difíciles de reciclar y la mayor parte se obtiene por policondensación. Son de origen natural o sintético. Ejemplos: resinas fenólicas, resinas de poliéster, etc.

- **Elastómeros:** pertenecen al grupo de los termoestables.

Su estructura interna está formada por cadenas entrecruzadas, pero de forma más desordenada y espaciada que los termoestables, lo que les da su principal característica, la elasticidad. Si se les aplica calor tienden a degradarse por lo que son difíciles de reciclar. Ejemplos: poliuretano, neopreno, silicona, caucho natural, etc.

En la siguiente tabla apreciamos los principales tipos de termoplásticos, así como los códigos de identificación internacional para el reciclaje de plástico. El triángulo de los códigos se conoce como triángulo de Möbius. Fue creado en 1970 y está compuesto de 3 flechas que representan los 3 pasos del proceso de reciclaje: recogida, reciclado del producto y compra del producto reciclado. También aparecen reflejadas diferentes aplicaciones, y posibles usos que se le puede dar al material una vez reciclado.

Termoplásticos			Aplicaciones	Usos después del reciclado
Poliétileno tereftalato	PET		Botellas, envasado de productos alimenticios, moquetas, refuerzos neumáticos de coches.	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos
Poliétileno alta densidad	PEAD		Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, laminas y tuberías.	Bolsas industriales, botellas detergentes, contenedores, tubos
Poliétileno de baja densidad	PEBD		Film adhesivo, Bolsas, revestimientos de cubos, recubrimiento contenedores flexibles, tuberías para riego.	Bolsas para residuos, e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, vallado
Policloruro de vinilo	PVC		Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario.	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno	PP		Envases para productos alimenticios, Cajas, tapones, piezas de automoviles, alfombras y componentes eléctricos.	Cajas multiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno	PS		Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina

Tabla 1: Principales tipos de termoplásticos



En la siguiente tabla encontramos algunos ejemplos de polímeros comunes:

Abreviatura	Nombre completo	Abreviatura	Nombre completo
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno	PGA	Ácido poliglicólico
AC	Acrílico	PLA	Ácido poliláctico
EP	Resina Epoxi (termoestable)	PP	Polipropileno
PA	Poliamida 4,6,11,66	PS	Poliestireno
PCL	Policrapolactona	EPS (PSE)	Poliestireno expandido
PE	Polietileno	PU (PUR)	Poliuretano
PE-LD	Polietileno de baja densidad	PVA	Acetato de polivinilo
PE-LLD	Polietileno lineal de baja densidad	PVC	Policloruro de vinilo
PE-HD	Polietileno de alta densidad	SBR	Caucho-estireno butadieno
PET	Tereftalato de polietileno	CPVC	Policloruro de vinilo clorado

Tabla 2: Algunos polímeros comunes

3.2. Microplásticos

En estos últimos años hemos escuchado cada vez más a menudo el empleo de la palabra “microplástico”. Así se denomina a las partículas de plástico entre 1 y 5mm de tamaño. Según su origen, se dividen en:

- Primarios, cuando son producidos con este tamaño o inferior por la industria, por ejemplo: abrasivos en aire o chorro de agua para limpiar los cascos de los buques o edificios, impresión 3d, cosmética (pasta de dientes, exfoliantes).

Estas micro partículas, también llamadas micro perlas, suponen un gran problema ambiental ya que una vez que traspasan la red de alcantarillado y sortean los sistemas de saneamiento que desembocan en el océano.



Figura 1: Imagen de microplásticos en una playa.

Otro ejemplo de microplásticos primarios son los pellets, es decir, partículas de plástico esféricas o cilíndricas, de entre 2 y 5mm, que se emplean para la producción de piezas de plástico de mayor tamaño, y suponen por si mismos un gran peligro para los océanos debido a los derrames accidentales de los mismos, ocasionados por el transporte terrestre o marítimo. Su composición suele basarse en polímeros como el polietileno y el polipropileno. Las zonas más contaminadas por estas partículas suelen ser las próximas a zonas industriales y urbanas, pero se han dado casos de pérdidas de contenedores en buques que contenían estas partículas y se han hallado grandes concentraciones de los mismos en numerosas playas del pacífico, carolina del norte o en islas remotas como Fiji.

-Secundarios, cuando plásticos de mayor tamaño, que se encuentran en la costa o en el océano, van reduciendo su tamaño a raíz de agentes físicos, químicos y biológicos. La rapidez con la que esto sucede depende de si se encuentran depositados en las playas o si están en los océanos. En esta categoría también se encontrarían los microplásticos derivados del lavado de prendas sintéticas. Según un estudio de Browne (2011), en un solo lavado de prendas sintéticas, 1900 fibras de microplásticos pueden ser liberadas.

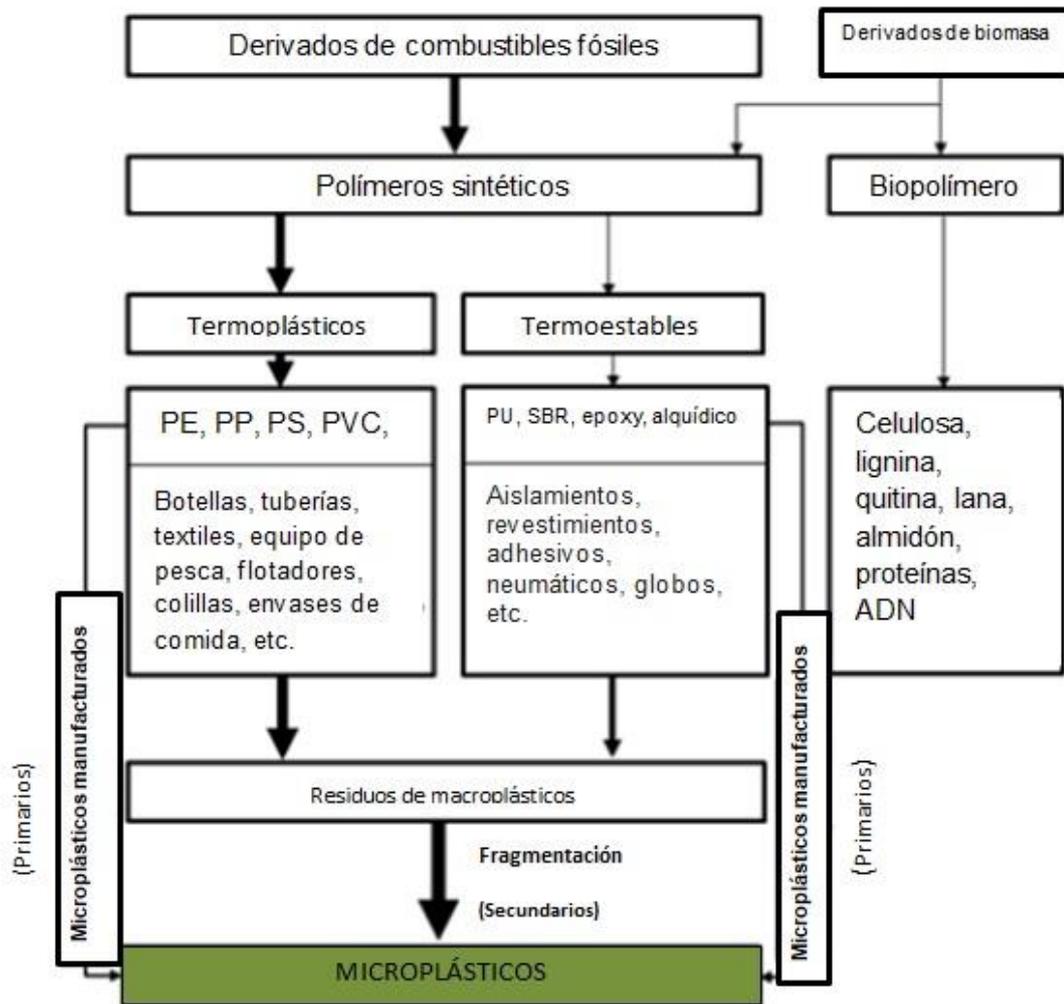


Tabla 3: Cuadro resumen del plástico y sus usos

El cuadro anterior es un resumen de los principales tipos de plásticos según su origen y usos. Como podemos ver, también nos habla de los biopolímeros, a partir de los cuales se producen los llamados bioplásticos.

Podemos agrupar los plásticos según su tamaño en macroplásticos (>25mm), mesoplásticos, entre 25 y 5mm, microplásticos y nanoplásticos (considerados un subconjunto de microplásticos con un diámetro o longitud menor de 1 µm).

3.3. Aditivos químicos en los plásticos

La mayoría de plásticos suelen contener una amplia variedad de sustancias adicionales que se agregan para modificar las características del producto mejorando sus propiedades físicas y mecánicas una vez terminado. Por ejemplo, estas sustancias se pueden utilizar para ayudar a que el plástico sea más flexible, más duradero, para que resista durante más tiempo la degradación de los rayos UV, y agregar color o dificultar que se prenda una llama sobre ellos. El problema que presentan estos aditivos, es que a pesar de que algunos son benignos, otros resultan altamente tóxicos para el ser humano y el reino animal, a través de la ingestión, inhalación y contacto dérmico. Éstos pueden liberarse en el medio ambiente con el tiempo, sobre todo cuando el plástico comienza a degradarse por la acción de los factores meteorológicos y el paso del tiempo.

Abreviatura	Nombre completo	Ejemplos de función
BPA	Bisfenol A	Monómero usado en la manufactura de policarbonatos y resinas epoxy
DBP	Ftalato de dibutilo	Agente que evita la fractura en laca de uñas
DEP	Dietilftalato	Suavizantes para la piel, colorantes y fijador de perfumes
DEHP	Ftalato de bis(2-etilhexilo)	Plastificante en PVC
HBCD	Hexabromociclodecano	Retardante de llama
NP	Nonilfenol	Estabilizador en envases de comida y PVC
PBDs	Polibromodifenil éteres	Retardante de llama
Ftalato	Esteres de ácido ftálico	Mejora la flexibilidad y durabilidad
	Nonilfenol	Estabilizador en PP y PS

Tabla 4: Aditivos químicos comunes en el plástico y función

De esta forma se produce la entrada de los mismos en la cadena alimenticia, lo que puede llegar a causar un gran problema de salud. A pesar de que a día de hoy los estudios existentes no determinan con exactitud las consecuencias sobre los seres humanos, numerosos estudios han demostrado que los microplásticos



tienen efectos perjudiciales para la fauna marina. De hecho, según un artículo de la revista National Geographic, se han hallado microplásticos en 114 especies acuáticas y más de la mitad son habituales en nuestra dieta.

3.4. Historia de los plásticos

La producción a gran escala de plásticos comenzó a partir de los años 50. Dicha producción sufrió un rápido aumento debido a una creciente demanda de productos manufacturados y envases para contener o proteger mercancías y alimentos. A esto le acompañó una gran diversificación de aplicaciones y tipos de polímeros sintéticos.

A continuación se enumeran algunas fechas importantes sobre distintos descubrimientos relacionados con la industria plástica:

-**1839** Goodyear vulcanizó el caucho natural. Por accidente, derramó un recipiente de azufre y caucho sobre una estufa, lo que provocó el endurecimiento del material y le otorgó nuevas propiedades.

-**1845** Schönbein preparó el nitrato de celulosa a partir del cual Hyatt hacia **1870** obtuvo el celuloide, que ya se asociaba a todos los componentes fundamentales de las materias plásticas: una sustancia macromolecular (el derivado celulósico) y un plastificante (el alcanfor).

-**1860** Walton creó el linóleo.

- **Entre 1845 y 1922**, se crearon las técnicas más importantes de preparación y de conformación de las materias plásticas: prensa inyectora (1872), polimerización de metacrilato (1880), resinas fenólicas (1909), primer elastómero sintético (1915). En 1922 Staudinger inició sus estudios que le llevarían a concebir y definir la noción de macromolécula,

- Con el desarrollo de la química macromolecular, sobre todo a partir de 1939, se multiplicaron los productos y técnicas base; policloruro de vinilo (1931), resinas



poliésteres insaturadas (1933), poli (metacrilato de metilo) (1934), poliamidas Carothers, (1935), primera máquina para el soplado de cuerpos huecos (1935), resinas epoxi (1946), policarbonatos (1957).

4. CONTAMINACIÓN MARINA

Según la UNEP (Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas) se define como basura marina todo aquel material sólido fabricado o procesado que ha sido desechado, eliminado o abandonado directa o indirectamente en el medio marino o en sus costas.

A través de los datos proporcionados por diferentes países y la información recopilada de distintos artículos se estima que la cantidad de plástico existente en las basuras marinas supone entre un 60 y un 80 %.

La siguiente tabla recoge el porcentaje de plástico existente en las basuras marinas en diferentes partes del mundo tanto en la costa como en el lecho marino, en un estudio realizado en el año 2002.

ZONA	LUGAR	%PLASTICO EN BASURA
Argentina	Playa	37-72
México	Playa	60
Costa de Tokio	Lecho marino	80-85
Costa europea	Lecho marino	>70
Mar Mediterráneo	Aguas superficiales	60-70
Nueva Zelanda	Playa	75
Georgia (USA)	Playa	57
Panamá	Orillas	82
4 Puertos Atlánticos en USA	Puerto	73-92

Tabla 5: Porcentaje de plástico hallado en basuras en distintas regiones.

Asimismo, mientras aproximadamente un 20% del plástico proviene de la actividad marítima, un 80% proviene de tierra, actualmente.



Hasta principios del siglo XXI, la mayor causa de contaminación marina, ya fuera por basuras o por plásticos, provenía del transporte marítimo (transporte de pasajeros, mercancías o pesca), hecho que se controló a partir de la Convención para la Prevención de la Contaminación generada por Buques, MARPOL (Anexo V) en 1988, pero lógicamente no llegó a erradicar este problema por completo.

Actualmente la mayoría de basuras que llegan al mar provienen de tierra, sobre todo de zonas costeras.

Lo más preocupante es que diversos estudios aseguran que el plástico que inunda la superficie de nuestros mares no es más que la punta del iceberg. Se calcula que el plástico que vemos en superficie no representa más del 15% del total, así como otro 15% flotando en la columna de agua, dejando un 70% restante para el plástico depositado en el lecho marino. Este último quedará enterrado por materia orgánica e inorgánica retrasándose así su degradación, debido a la falta de luz solar y las bajas temperaturas de las cuencas oceánicas, lo que puede causar que estos desechos no puedan ser eliminados del lecho marino.

Por otro lado, al ser un material con una gran flotabilidad, los residuos plásticos recorren largas distancias en superficie, lo que favorece su dispersión y más difícil recogida.

La densidad de los plásticos es el factor principal que determina la distribución de los mismos en el medio marino. La densidad de los plásticos comunes va desde 0,9 a 1,39 g/cm³, y la del agua de mar es aproximadamente 1,027 (variando según la temperatura, salinidad y profundidad). Objetos con un vacío, como una botella, tenderán a flotar inicialmente, pero a medida que esta se degrade y el plástico pierda sus propiedades tenderá a hundirse. Es la densidad del plástico la que determinará qué objetos flotan o se hunden, y el ritmo al que esto ocurra influirá en la distancia que se desplace el objeto desde su origen.



Tipo de plástico	Aplicaciones comunes	Densidad (g/cm ³)
Poliétileno	Bolsas de plástico, contenedores de almacenamiento	0.91-0.95
Polipropileno	Cabos, tapas de botella	0.90-0.92
Poliestireno (expandido)	Cajas de frío, flotadores, tazas...	1.01-1.05
Poliestireno	Cubiertos, platos, contenedores	1.04-1.09
Policloruro de vinilo	Film, tuberías, contenedores	1.16-1.30
Poliámidá o Nailón	Redes de pesca, cabos	1.13-1.15
Teraftalato de polietileno	Botellas, textiles	1.34-1.39
Resina de poliéster + fibra de vidrio	Textiles, barcos	>1.35
Acetato de celulosa	Filtros de cigarros	1.22-1.24
Agua pura		1,000
Agua salada		1,027
Agua salobre		1,005-1,012

Tabla 6: Densidades de distintos tipos de plásticos con relación al agua.

La degradación del mismo en superficie, debido a los procesos físicos (oleaje, temperatura y radiación solar), así como los procesos químicos (hidrólisis u oxidación), no deja de ser algo preocupante debido a que el plástico va reduciendo progresivamente su tamaño hasta alcanzar la condición de microplásticos (secundarios), lo que genera otro reto en la lucha contra la contaminación por este material, dificultad de remoción e introducción a la cadena alimenticia.

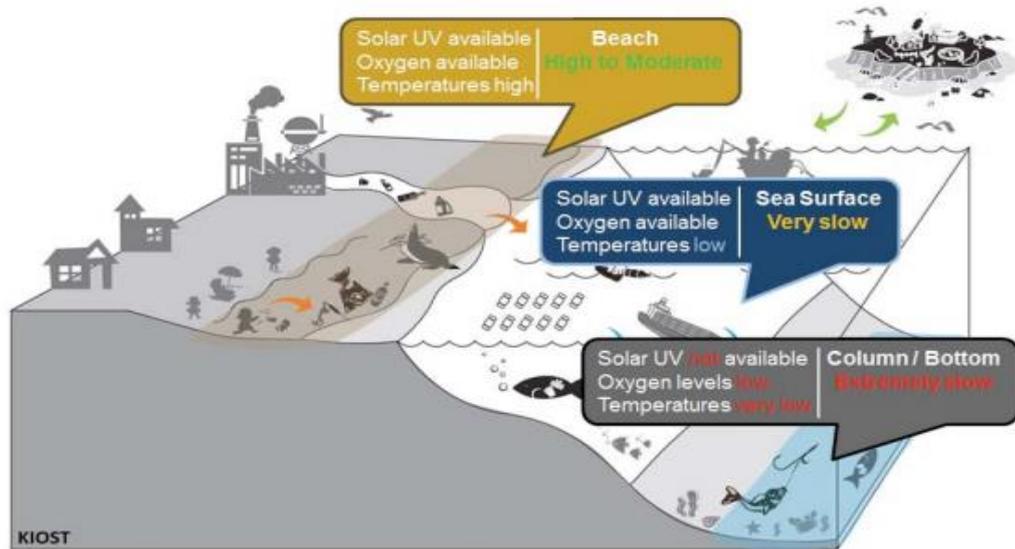


Figura 2: Descomposición de plásticos en función al lugar donde se encuentran.

En el esquema anterior apreciamos que según los plásticos se encuentren en la costa, flotando en la superficie marina o depositados en el lecho, su degradación será distinta. Un plástico depositado en la playa tendrá más facilidad de quebrarse con el paso del tiempo y finalmente descomponerse en microplásticos secundarios, gracias a la abrasión provocada por el viento y la arena, o a la radiación solar, las altas temperaturas y el oxígeno, que son mucho mayores que en el lecho marino donde se descompondrán como mucha más lentitud. Además, como ya sabemos los plásticos pueden contener una amplia gama de aditivos químicos que pueden cambiar sus propiedades iniciales, lo que provocará que el plástico retarde su degradación por radiación solar.

4.1. Fuentes de la contaminación marina

Industria alimentaria, transporte, construcción, ocio, cuidado personal... Desde los años 50, cuando comenzó la producción masiva a nivel mundial del plástico, este



material se ha ido incorporando a nuestras vidas sustituyendo a otros más pesados, caros, o difíciles de manipular, como la madera o los metales, convirtiéndose en uno de los principales materiales de los que nos servimos en nuestro día a día para hacer nuestra vida más fácil.

La producción de este material ha ido aumentando anualmente de forma exponencial. La demanda del consumidor ha provocado que se cree un modelo de economía caracterizado por un patrón lineal de producción y consumo, en el que se han primado los beneficios económicos sin tener en cuenta las consecuencias finales de la producción masiva de este material. Sin un modelo claro de reciclaje, reducción, y reutilización, el aumento de la producción de plástico ha supuesto un aumento sin precedentes de la basura plástica en el océano.

La entrada de residuos macro y microplásticos al océano proviene de una gran variedad de fuentes marinas y terrestres. Los modelos socio-económicos de los distintos países costeros, así como su densidad de población y las actividades industriales que en ellos se desarrollan también condicionan en gran medida la cantidad de plásticos que se acumulan en sus aguas ribereñas.

El siguiente esquema consiste en un resumen de los principales sectores involucrados, así como el tipo de residuo que generan , las principales fuentes de entrada al océano y el conocimiento social a cerca de cada tipo de contaminación:

Categoría	Sector fuente	Descripción	Puntos de entrada	Conocimiento
Productores/ Convertidores	Productores de Plástico, fabricantes y reciclaje	Pellets y fragmentos	Ríos, Costas, Atmósfera	Alto
Consumidores sectoriales	Agricultura	Recubrimiento de invernaderos, tuberías, macetas, cápsulas para nutrientes	Ríos, Costas, Atmósfera	Bajo
	Pesca	Redes de pesca, boyas	Ríos, Puertos, Mar	Medio
	Acuicultura	Boyas, redes, tuberías de PVC	Ríos, Costas, Mar	Medio
	Construcción	EPS, envases	Ríos, Costas, Atmósfera	Bajo
	Transporte terrestre	Pellets, neumáticos	Ríos, Costas, Atmósfera	Medio
	Barcos, industria offshore	Pinturas, tuberías, ropas, limpieza a presión, carga	Ríos, Mar	Medio
	Turismo	Envases, microperlas, fibras textiles	Ríos, Costas, Mar	Alto
	Industria textil	Fibras, microfibras	Ríos, Costas, Mar	Bajo
	Deporte	Césped sintético	Ríos, Costas, Atmósfera	Bajo
Consumidor individual	Envases de comida/bebida de un solo uso	Envases, Bolsas de plástico, botellas, tapones, vasos, platos, cucharas	Ríos, Costa	Alto
	Cosméticos y productos de cuidado personal	Microperlas, envases, cepillos de dientes	Ríos, Costa, Mar	Medio
	Ropa y textil	Fibras	Ríos, Costa, Atmósfera, Mar	Medio
Gestión de residuos	Residuos sólidos	Mala o deficiente gestión de residuos	Ríos, Costa, Atmósfera	Medio
	Agua y aguas residuales	Microperlas, microfibras	Ríos, Costa	Medio

Tabla 7: Sectores que generan basura plástica

A continuación hablaremos de las principales fuentes de entrada de residuos al océano, tanto las que generan residuos derivadas de la actividad terrestre como desde las marítimas.

4.1.1. Sectores terrestres que generan basura plástica

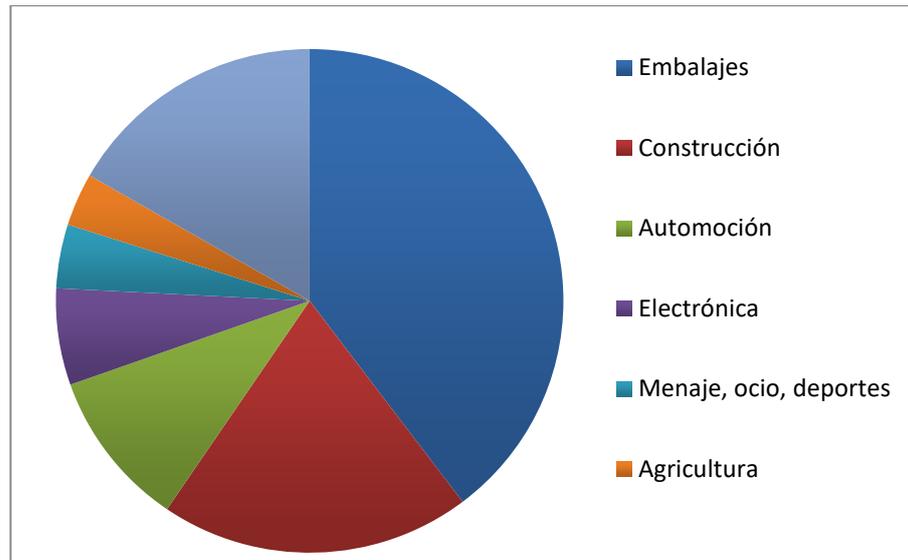


Tabla 8: Demanda Europea de plásticos por industria (2017)

-Embalajes

Datos proporcionados por diferentes estudios informan de que alrededor de un 40% de la basura plástica está formada por envases y embalajes.

-Agricultura

Los plásticos son ampliamente utilizados en la agricultura. Desde tuberías de riego, contenedores de siembra, invernaderos, son múltiples las fuentes capaces de generar residuos plásticos y microplásticos desde este sector.

Hay informes de basuras plásticas procedentes de la agricultura encontradas en el medio marino, así como ingeridas por organismos marinos. Estos materiales se encuentran expuestos durante largas temporadas al sol, y cuando son retirados pueden originar fácilmente microplásticos que, a través de la escorrentía, pueden llegar a los ríos y finalmente al medio marino.



La agricultura ocupa grandes espacios tanto en zonas interiores como en zonas próximas a la costa, pero las zonas con suelos pobres requieren un alto nivel de fertilización para hacer rentable este sector. Desde hace unas décadas se utilizan polímeros sintéticos (por ejemplo poliacrilonitrilo, acetato de celulosa), para encapsular fertilizantes y así asegurar la liberación controlada de nutrientes, reduciendo así las concentraciones excesivas de los mismos. Este sistema proporciona numerosos beneficios para la agricultura. Aunque no hay estimaciones disponibles hasta la fecha de la capacidad de este sistema para contaminar los océanos con microplásticos, hay una tendencia creciente asociada a este riesgo debido al aumento del uso de este tipo de fertilizantes en la agricultura.

-Construcción

La construcción supone un 20% de la producción europea de plásticos (sin contar los utilizados en embalaje de materiales relacionados con la misma).

El plástico utilizado en la construcción se fragmentara en microplásticos si no es reciclado adecuadamente. Las etapas de construcción, vida útil y demolición de cualquier tipo de infraestructura son fases que entrañan un riesgo para la liberación de micro plásticos al medio ambiente con su potencial riesgo de llegada al medio marino.

Ejemplos: En cualquiera de las etapas de vida de una infraestructura, la limpieza o abrasión de su superficie mediante el chorro a presión con microplásticos supone otro riesgo si estos no son debidamente desechados tras su uso. También es frecuente el uso de espuma aislante entre estructuras (de poliuretano), que normalmente se sierra para perfilarla causando una gran cantidad de residuos microplásticos. Los selladores de juntas (a base de polímeros), contienen PCB que es altamente tóxico. Concentraciones de PCB se han dado en grasa de cetáceos varados en diferentes estudios.



-Turismo

Lamentablemente, el turismo costero ha sido reconocido como una de las fuentes principales de entrada de plásticos al océano, ya sea de forma directa o accidental. La amplia oferta de actividades e instalaciones involucradas implica una gran variedad de puntos de entrada.

Según la organización mundial del turismo el mediterráneo es el destino turístico por excelencia a nivel mundial. Regiones con un nivel elevado de turistas por año son las que mayoritariamente se ven afectadas por la contaminación por este material, ya que muchas veces no disponen de la infraestructura necesaria para la eliminación de los residuos que producen los turistas. Además, al encontrarse lejos de casa, aumenta el uso por persona de materiales de usar y tirar, como botellas de plástico o envases de comida.

La demanda de servicios como playas, sol, agua, biodiversidad marina inducen a la creación de hoteles, complejos turísticos, puertos deportivos, salidas de pesca, buceo que son puntos en sí mismos de generación de basura en general y también de basura plástica.

-Mantenimiento y desguace de buques

Tradicionalmente, para la limpieza de los cascos de buques se solía usar chorro de aire a presión con granos de arena. Actualmente en algunas ocasiones se utiliza este chorro pero con microplásticos. Este sistema también se usa para limpiar dentro de los tanques. Se generan así dos tipos de residuo microplástico, el que genera el propio chorro, y escamas de pintura (a menudo contienen una base polimérica), que se desprenden de la estructura del buque.

Aproximadamente el 70% de los buques comerciales se desguazan en el sur de Asia (India, Pakistán, Bangladesh) y un 20% más en China, en costas altamente expuestas a la contaminación de esta actividad.

El desguace de un buque puede durar entre 3 y 6 meses. En el Golfo de Bengala, en un tramo de 12km de costa hay 80 instalaciones de desguace, en las que se priman los beneficios económicos sobre la seguridad de los trabajadores y los posibles efectos adversos en el medio marino, debido a la mínima normativa que existe en estos países. Los principales materiales reciclados son aceros y otros metales con sustancias peligrosas, incluidos aceites, remanentes de combustible, maquinas, baterías, cable... pero es obvio que sin la adecuada supervisión de estas tareas el impacto sobre el medio marino es muy elevado.

Las sustancias toxicas impregnan los suelos de estas costas. Aunque los plásticos representan una fracción pequeña en relación al volumen del material que se recicla, el lecho marino se ve contaminado año a año por metales pesados y partículas toxicas de pintura, entre otros.

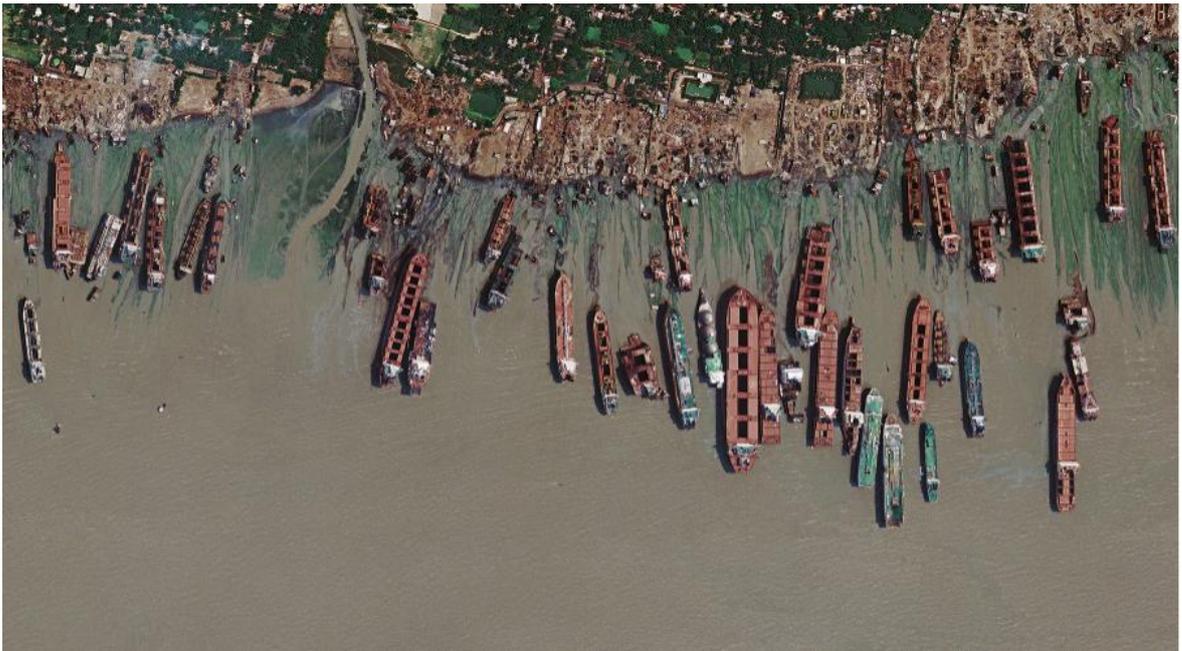


Figura 3: Desguace de buques en Bangladesh

En relación con este tema, en 2009 se aprobó el “Convenio Internacional de Hong Kong para el reciclaje seguro y ambientalmente racional de los buques”, precisamente para establecer una normativa internacional que evite negligencias y promueva la gestión responsable de esta actividad.



El convenio pretende fijar las responsabilidades y obligaciones para todas las partes interesadas: armadores, astilleros, instalaciones de reciclado de buques, Estados de abanderamiento, Estados del puerto, Estados de reciclado, etc. Es el primer convenio que aborda las cuestiones relativas al reciclaje de buques, y tiene por objeto garantizar que los buques, una vez han llegado al final de su vida útil, no planteen ningún riesgo innecesario para la salud y la seguridad humanas ni para el medio ambiente.

Según la Decisión del Consejo de la Unión Europea, publicado con fecha 14 de Abril de 2014 en el Diario Oficial (L 128/45) que recoge la norma relativa a la ratificación del Convenio de Hong Kong, menciona que, *“El Convenio entrará en vigor 24 meses después de la fecha de ratificación por al menos 15 Estados que representen una flota mercante combinada de al menos el cuarenta por ciento del tonelaje bruto de la flota mercante mundial, y cuyo volumen anual máximo combinado de reciclaje de buques durante los 10 años anteriores no constituya menos del tres por ciento del tonelaje bruto de la marina mercante combinada de los mismos Estados”*.

A día de hoy el Convenio solo ha sido ratificado por 7 países: Bélgica, Congo, Dinamarca, Francia, Noruega, Panamá y Turquía.

4.1.2. Sectores marítimos que generan basura plástica

El sector marítimo utiliza una amplia variedad de distintos tipos de plásticos, tanto los destinados a corto plazo (como embalajes) y otros de uso a largo plazo como boyas, redes, cintas de amarre, cabos, EPIs, embarcaciones de recreo que mayoritariamente llegan al medio marino en forma de residuos por descargas ilegales, pérdida accidental o inadecuada regulación en determinadas regiones.

Sectores como la pesca o la acuicultura pueden emplear más plásticos que otros sectores, pero por ejemplo, los cruceros, al transportar un gran volumen de personas, constituyen una pequeña comunidad flotante con una alta demanda de



bienes y una potencial producción de residuos que constituyen otro riesgo para el medio.

-Pesca

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) actualmente hay más de 4,7 millones de buques de pesca comercial en el mundo. Asia y África engloban alrededor del 90% de esta flota.

El problema de la “pesca fantasma” es uno de los más significativos en cuanto a la contaminación marítima por plástico. La importancia de este tema fue reconocida por primera vez en la 16ª reunión de la FAO de 1985, y llevó a la publicación de un informe clave de la FAO y PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear*.

De acuerdo a este informe se calcula que los equipos abandonados, perdidos o descartados en los océanos constituyen alrededor de 640.000 toneladas.

Los residuos plásticos resultantes de la pesca incluyen redes, nasas, líneas y cabos, flotadores, boyas, cajas y bolsas de carnada, cabos para empacar cebo, guantes de goma, residuos de cocina, así como fibras de cabos u otros aparejos que con el tiempo se descomponen y entran al mar en forma de microplásticos.

En muchas regiones costeras del mundo, además de una mala o insuficiente gestión de la basura plástica, la pesca artesanal puede no estar adecuadamente regulada. Aunque hay leyes que regulan las descargas de plástico al océano desde embarcaciones (MARPOL Anexo V y el Convenio y Protocolo de Londres) en estas regiones no hay un seguimiento exhaustivo del cumplimiento de los procedimientos operativos estándar para atender la gestión cotidiana de la basura a bordo.



-Acuicultura

La producción mundial de acuicultura se extiende año tras año. Se estima que alrededor de un 40% de capturas de pesca a nivel mundial procede de la acuicultura.

Las estructuras de acuicultura o bien están suspendidas desde la superficie del mar, en zonas de 10-50m de profundidad, o bien se encuentran en zonas intermareales o zonas de poca profundidad.

Las estructuras consisten en un entramado de cabos, líneas, nasas de varios tipos o redes (generalmente compuestas de plásticos no flotantes) que a menudo se encuentran suspendidas de estructuras flotantes también plásticas, como boyas (polipropileno relleno de aire) o poliestireno expandido (EPS).

Estas estructuras pueden verse afectadas y terminar por perderse por el desgaste con el paso del tiempo de los cabos de anclaje, o por la acción de agentes meteorológicos como tormentas, vientos u oleaje, generando a veces gran cantidad de residuos marinos. A menudo estos plásticos también se acumulan próximos a la orilla, por lo que la entrada de microplásticos al medio marino puede llegar a ser constante debido al desgaste gradual de estos aparejos.

-Transporte marítimo e industria offshore

A pesar de que en el anexo V del Marpol se recoge la prohibición de la eliminación de plásticos en el medio marino, es evidente que aún existen dificultades para hacer cumplir esta normativa a todos los efectos. Además de las prácticas ilegales que aumentan el nivel de basura en el mar, las pérdidas accidentales de carga son inevitables y son otra fuente de contaminación de la mar.

La globalización y el auge del transporte marítimo, que engloba alrededor del 90% del comercio mundial, supone una de las fuentes principales de entrada de



basuras al medio marino. Algunos de los factores que contribuyen a la pérdida de contenedores o mercancía, es la mar en mal estado y condiciones de mucho viento, sobrecarga de contenedores, trincajes en mal estado, colocación de contenedores pesados sobre otros más ligeros... son numerosos los casos de pérdidas de carga, desde contenedores que transportaban pellets, hasta pequeños derrames accidentales en operaciones de carga y descarga de quimiqueros que transportan polímeros.

El auge de la industria plástica en las últimas décadas ha provocado un aumento del transporte marítimo de este material, sobre todo desde Asia a Europa y Norte América, generalmente en portacontenedores, y algunos estudios han demostrado una mayor proporción de basuras en los recorridos de estas mercancías.

Del mismo modo la actividad en las plataformas offshore generan residuos plásticos que pueden acabar en el medio marino de forma deliberada o accidental, tales como gorros, guantes, cajas o residuos personales. La exploración submarina y la extracción de recursos también son fuentes potenciales.

4.2. Algunos accidentes de mercantes que involucraron pérdida de materiales plásticos en el mar

Según el Consejo Mundial de Navegación (2014) se pierden anualmente aproximadamente 550 contenedores (no contadas las pérdidas catastróficas, más de 50 contenedores por accidente).

-El Hansa Carrier, buque portacontenedores, se encontraba en ruta de Korea a Estados Unidos en 1990. La noche del 27 de mayo se vio sorprendido por una tormenta que le provocó la pérdida de 21 contenedores 500 millas al sur de Alaska. Cuatro de estos contenedores se abrieron derramando su contenido, 61.820 zapatillas Nike.

Este es, sin embargo, uno de los accidentes más importantes para el estudio de la



oceanografía, puesto que de este derrame se pudieron recoger datos fundamentales para la época, en lo que se refiere al estudio de corrientes y giros oceánicos.

Las zapatillas, que flotaban, comenzaron a llegar a las costas de Estados Unidos y con el paso del tiempo a playas de otros países. Curtis Ebbesmeyer, oceanógrafo americano, se dedicaba a estudiar las corrientes oceánicas. Este era un trabajo difícil para la época puesto que las investigaciones eran muy costosas por los aparatos que se utilizaban, y a mayores los oceanógrafos no podían disponer de una gran cantidad de los mismos para realizar sus mediciones. Sin embargo, este acontecimiento supuso un impulso para sus estudios, porque las zapatillas estaban comenzando a llegar a las costas y además se sabía la posición y la fecha en la que habían caído al mar, por lo que Ebbesmeyer decidió llamar a un amigo de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). Jim Ingraham era un oceanógrafo como Curtis, que llevaba años trabajando en un software de simulación de corrientes, el OSCURS (Ocean Surface Currents Simulation). Ebbesmeyer se encargó de recopilar los datos de los lugares y fechas en los que se encontraban zapatillas, y proporcionándole los datos a su colega, consiguieron perfeccionar el programa informático. Las zapatillas siguieron apareciendo en las costas años después del accidente.

-El Ever Laurel, barco portacontenedores, se encontraba navegando por aguas del Pacífico con destino a Tacoma el 10 de enero de 1992, cuando durante una tormenta perdió 12 contenedores. Uno de ellos contenía 28.800 juguetes de baño (patos y tortugas de plástico entre otros). Once meses después del accidente, a 2.000 millas de distancia, en Alaska, comenzaron a aparecer los primeros juguetes. En otra ocasión, los oceanógrafos Curtis y Jim tuvieron oportunidad de utilizar el software OSCURS, tratando de predecir los siguientes lugares en los que los juguetes tocarían tierra. Predijeron correctamente que en 1996 los patos de goma llegarían a Washington. Los datos recogidos les sirvieron para perfeccionar el software y definir con mayor exactitud los patrones de algunas corrientes oceánicas.



Figura 4: Ebbesmeyer con juguetes perdidos en el accidente del Ever Laurel

-En 2004, el M/V Med Taipei embarcó su carga de contenedores en China en un puerto del que no se tienen referencias. Cuando se dirigía al Puerto de Los Ángeles en la noche del 25 de febrero de 2004, comenzó a encontrar oleaje de siete a nueve metros y experimentó fuertes balanceos de aproximadamente 25 grados, con vientos alrededor de 30 nudos. A las 00:45 horas del 26 de febrero de 2004, 15 contenedores ISO estándar de 40 pies se cayeron al mar a unas 70 millas al sur del Golden Gate. Más tarde, ese mismo día, a las 09,08 horas, nueve contenedores más cayeron por la borda. Al final del viaje, el Med Taipei había perdido un total de 24 contenedores y tenía 21 contenedores adicionales derrumbados en cubierta, según un informe escrito del capitán de la nave. Según el manifiesto del contenido de los contenedores, estos transportaban, entre otros, camas de hospital, sofás de cuero (hechos con espuma de poliuretano), partes de neumáticos... también se incluyen kits de higiene personal (con nylon, poliéster....), 132.060 unidades, todas ellas empacadas con materiales plásticos, alcanzando un peso de 7 toneladas.

-En 2011 el MV "Rena" varó en aguas de Nueva Zelanda, en el arrecife Astrolabe, y se perdieron aproximadamente 900 contenedores y unas 200 toneladas de fuel-oil fueron derramadas. Es considerado como el mayor desastre ecológico de



Nueva Zelanda. Algunos de los contenedores transportaban materiales tóxicos, y muchos más contenían plásticos y otros materiales que son potencialmente peligrosos para la fauna marina (Battershill et al., 2016). Por ejemplo, había muchos contenedores con pellets de plástico. Enormes cantidades de pellets fueron recogidos de las playas, y estos aún se encuentran en 2017. Un total de 32 contenedores contenían mercancías peligrosas enumeradas. (*Analysis of the grounding of the MV Rena in New Zealand, 5 October, 2011. Ian G. McLean, 2018.* La varada del buque se debió a un error humano y tras varios meses varado el buque se quebró por la mitad y se hundió por completo.

-En 2013, el buque portacontenedores Comfort Mol, de 316 metros de eslora, que se partió en dos a 200 millas aprox. de la costa de Yemen, causó la pérdida de todos sus 4.293 contenedores. En el momento del accidente llevaba 3.000 toneladas de fuel a bordo. El accidente se debió a un fallo de diseño estructural.

Otros accidentes de buques mercantes que ocasionaron pérdidas de mercancía plástica fueron:

-En 1994 34.000 guantes de hockey cayeron al mar desde el buque Hyundai Seattle.

-En 1997, el portacontenedores Tokio Express, perdió 62 contenedores cerca de las costas de Cornualles. Uno de ellos tenía casi 5 millones de piezas de Lego.

-En 2012 un barco portacontenedores de la compañía China Shipping Container Lines (CSCL) perdió 7 contenedores, durante un tifón frente a las costas de Hong Kong y 6 de estos estaban cargados con pellets de plástico. Pocos días después empezaron a llegar a las costas.



Figura 5: Gente recogiendo pellets en la playa procedentes de un derrame.

4.3. Caída de contenedores al mar

Hasta hace unos años, La Organización Marítima Internacional, los gobiernos y las aseguradoras estimaban que hasta 10.000 contenedores de transporte caían de los buques de carga anualmente.

Sin embargo, la World Shipping Council (WSC), un grupo comercial de compañías navieras que representan el 80% del volumen de tráfico marítimo de contenedores, ha publicado un estudio en 2017 que recopiló los datos de pérdidas de contenedores entre 2008 y 2016. La media anual de contenedores perdidos ascendió a 1.582 unidades, contando las pérdidas catastróficas (más de 50 contenedores por accidente). De media, el 64% de contenedores perdidos ocurrieron en dichos eventos.

A pesar de que los contenedores perdidos por la borda representan una cantidad ínfima en relación al volumen de los mismos transportados anualmente, es evidente que además de las consecuencias económicas para la industria del transporte marítimo, estas pérdidas tienen un impacto sustancial en el medioambiente.



Los pesos de carga útil de los contenedores standard de 20' y 40' van de 21 a 26 toneladas. El peso de los mismos en vacío oscila entre 2.300 y 3.750kg, respectivamente. Se puede decir entonces que aproximadamente caen al mar al año unas 4.700 toneladas de acero si tomamos en cuenta solamente el peso de cada contenedor. Por otro lado, teniendo en cuenta que estos contenedores viajan completamente cargados en la mayoría de sus travesías, es fácil hacer una estimación de cuanta basura llega a los océanos a través de esta vía anualmente. La acumulación de dichos elementos en el lecho marino año tras año, que además tienen un lento deterioro y se encuentran cargados de mercancías que resultan ser basura para el medio marino es objeto de preocupación por diferentes organismos internacionales.

4.3.1. Causas

Las exigencias de tiempo que se imponen al sector del transporte marítimo hacen que sea difícil equilibrar seguridad y eficiencia. La naturaleza de la industria ha sido comparada con una cita de la industria del piloto de automóvil Mario Andretti: "Si todo está bajo control, vas demasiado lento" (Koning 2009). A continuación se presentan algunos de los problemas comunes que conducen a la pérdida de contenedores:

-Pesos de contenedores mal declarados: Se cree que los cargadores a veces ignoran las limitaciones del peso de los contenedores que se envían. La División de Investigación de Accidentes Marítimos del Reino Unido (MAIB) investigó el fallo del portacontenedores MSC Napoli, en enero de 2007 y se descubrió que 137, el 20% de los 660 contenedores secos almacenados en la cubierta, tenían un pesaje superior al declarado.

Los contenedores que pasaban por los EE.UU. y muchos otros puertos hasta hace tan solo una década sólo se pesaban antes de la carga si llegaban en camión. Los pesos declarados de los contenedores que llegaban por ferrocarril no solían verificarse (datos del AIMU en 2008). La WSC y la Cámara Naviera Internacional (ICS) reconocen que los pesos declarados erróneamente de los

contenedores han contribuido a la pérdida de contenedores por la borda, así como a otros problemas de seguridad y de funcionamiento, y esto alentó a la OMI a exigir en todos los casos la verificación del peso del contenedor (WSC 2011).

-Colocación de contenedores pesados sobre otros más ligeros: Si se colocan contenedores pesados sobre otros más ligeros, los niveles superiores ejercerán fuerza mayor sobre los mecanismos de seguridad y sobre todos los contenedores que se encuentran debajo.

Los estibadores, tienen en cuenta el peso de cada contenedor en el puerto de carga/descarga para determinar una disposición óptima que evite este efecto. Sin embargo, un hecho relativamente común es que los transportistas acepten carga adicional mientras el buque ya está siendo cargado. Cuando los contenedores pesados llegan tarde, y terminan en los niveles más altos, la estabilidad se ve comprometida y es probable que se produzcan presiones de carga excesivas. Es importante que los contenedores vacíos se coloquen en la parte alta de la columna, en caso contrario dichos contenedores pueden colapsar.



Figura 6: Aplastamiento en un contenedor

-Altura de apilamiento: Con cada nueva generación de portacontenedores, la



altura de apilado se ve incrementada. Las alturas de las columnas pueden tener actualmente hasta nueve contenedores bajo cubierta y diez pisos de altura sobre esta, teniendo sobre ella hasta tres cuartas partes de sus contenedores. Una publicación del Standard P&I Club y el Lloyd's Register establece que "*si falla un contenedor en una columna, es probable que toda la columna colapse*". En caso de un problema de amarre o sobrecarga de un contenedor apilado, dará lugar a interacciones con otros contenedores en la misma columna ocasionando la sobrecarga del sistema de sujeción, lo que lo hace menos efectivo y más propicio a que se den accidentes. Otros de los problemas asociados con las cargas altas en cubierta incluyen la reducción de la estabilidad del buque, interferencias con la visibilidad desde el puente (lo que aumenta la probabilidad de colisiones), mayor exposición de la carga a las tormentas y al mar, y la dificultad de maniobrabilidad a baja velocidad debido a los excesivos impactos del viento. Estos problemas se agravan cuando los contenedores se apilan a mucha altura en proa y popa, donde las aceleraciones y las fuerzas son notablemente mayores.

-Contenido del contenedor mal estibado: Dado que el contenido de los contenedores a menudo se carga en lugares remotos del interior (especialmente en países emergentes como China), la carga en el interior del contenedor a menudo está organizada al azar y bloqueada o sujeta de forma inadecuada. Los contenedores mal cargados o que están sobrecargados pueden causar que el contenido dañe el contenedor o que se rompa en su costado. Este tipo de daño estructural, especialmente cuando se produce en un contenedor en los niveles más bajos, puede llevar al colapso de toda la columna.

-Contenedores en mal estado: Durante los períodos de alta demanda de mercancías en el transporte marítimo, la escasez de los contenedores a veces provocan el uso de contenedores en condiciones estructurales poco satisfactorias como, postes esquineros para contenedores y accesorios estructurales en condiciones degradadas o no construidos según la norma ISO. Un estudio realizado por la OMI entre 1996 y 2002 reveló que de 19.704 contenedores inspeccionados, 1.737, el (9%), tenían la placa de la Convención sobre la Seguridad de Contenedores (CSC) y deficiencias estructurales.



Figura 7: Daños en un contenedor provocados por la corrosión

-Conexiones defectuosas entre contenedores: Los contenedores en una columna están trincados mediante twistlocks. Se utilizan en combinación con las barras de trincaje y tensores. Con el paso de los años, estas conexiones pueden sufrir desgastes y comprometer la seguridad de la carga.

- Falta de adaptación del rumbo a las condiciones meteorológicas: Las olas y el viento pueden provocar el cabeceo o el balance del buque, sometiendo a los contenedores a una fuerte aceleración y a un alto nivel de presión, dando lugar a movimientos extremos, como el balanceo paramétrico. Dicho fenómeno puede dar lugar a cargas muy elevadas en la estructura de los contenedores y en sus elementos de trinca, provocando la caída al agua de contenedores o al colapso físico de los mismos. Dicho fenómeno se incrementa cuando se combina con el efecto de vientos fuertes. Un estudio sobre la pérdida de contenedores en el Golfo de Vizcaya, determinó que de 1.251 contenedores perdidos en 158 incidentes entre 1992 y 2008, el 83% se perdieron entre los meses de noviembre y febrero, época del año durante la que se experimentan más fenómenos meteorológicos adversos. El incumplimiento de las medidas de precaución por parte de la tripulación como un cambio de rumbo anticipado, puede poner al barco en una situación de peligro. Una vez que el buque se encuentra en una tormenta o en condiciones de fuertes vientos, el rumbo y la velocidad se vuelven más difíciles de controlar, lo que dará lugar al incremento cabeceos y balanceos del buque, dificultando el gobierno del mismo y aumentándose las probabilidades de que se produzcan accidentes.

**-La tripulación de puente no es consciente de las condiciones peligrosas:**

En una encuesta realizada por el Instituto de Investigación Marítima de los Países Bajos (MARIN 2009), centrada en las causas de la pérdida de carga en buques portacontenedores y realizada a la tripulación de puente, determinó que estos, en la mayoría de los casos, no puede saber con seguridad cuando los mecanismos de sujeción de los contenedores están sometidos a cargas mayores de las que realmente pueden soportar. Asimismo el 30% de los encuestados afirmaban haber tenido en algún momento de su carrera incidentes relacionados con la pérdida o el daño de contenedores. La mayoría afirmaba que la mayor parte de accidentes se deben a golpes de mar y fallos en la estiba de los contenedores.

4.4. Impacto y efectos ecológicos en la biota marina

El impacto dañino para el medio ambiente y para el ser humano de los plásticos, es un área de estudio relativamente nueva. La preocupación internacional por este tema empezó hace unas tres décadas, lo que hace que los estudios en este campo estén prácticamente en sus inicios. A pesar de ello, existen estudios que demuestran que una amplia gama de organismos marinos incluyendo todos los niveles tróficos están contaminados con microplásticos. Estos pueden tener efectos tóxicos sobre los organismos, influyendo en distintos aspectos, como la disminución de las reservas de energía, cambios en el comportamiento alimentario, en sus rutas migratorias, en el crecimiento y en la capacidad reproductiva. Se ha demostrado que pueden atravesar tejidos y membranas celulares provocando distintos tipos de patologías, y que los productos químicos asociados a los microplásticos pueden concentrarse en los tejidos. La mayoría de los estudios que demuestran estos efectos son de laboratorio, por lo que todavía falta investigación de campo en este aspecto para conocer con exactitud a qué niveles y qué consecuencias provocarán a largo plazo estos materiales sobre la vida marina y finalmente sobre los humanos.

Por otro lado, en este apartado también se hablará de la “pesca fantasma”, uno



de los problemas de contaminación marina más conocidos por la sociedad, sobre todo por el impacto visual que provocan las imágenes derivadas de este problema. También se hablará del transporte de microorganismos adheridos a los plásticos, otro problema cuyos efectos son menos conocidos pero no por ello de menor importancia.

4.4.1. Impacto en flora y fauna marina

Numerosos estudios han demostrado que los microplásticos son ingeridos por una gran variedad de organismos marinos que forman parte de varios niveles tróficos, incluyendo el plancton, pescado, mamíferos, aves, crustáceos, moluscos...

También se pueden adherir al cuerpo (es decir, adjunto a apéndices externos) y / o ser absorbido (es decir, absorbido por los organismos en el cuerpo a través de las membranas celulares), lo cual se ha demostrado en el fitoplacton.

Alternativamente, los mejillones o las ostras, por ejemplo, absorben microplásticos al alimentarse por filtración y los cangrejos los inspiran a través de las branquias e ingieren a través de la boca.

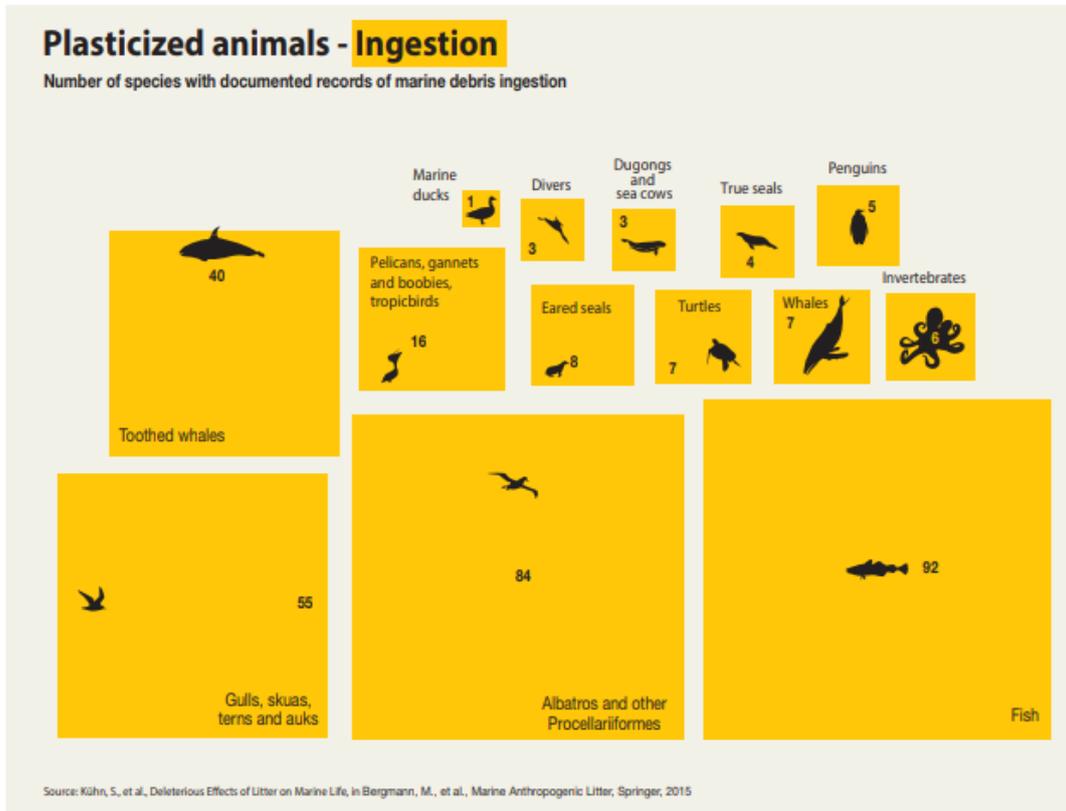
La contaminación en forma de ingestión ha sido registrada en decenas de miles de organismos individuales y en más de 100 especies diferentes, ya sea de forma directa, o indirecta a través de la ingestión de otros animales previamente contaminados. La ingestión de partículas se reporta en todas las regiones oceánicas y en algunas especies se ha constatado la presencia de microplásticos en más del 80% de las poblaciones muestreadas. La probabilidad de los organismos marinos de ingerir microplásticos se verá influenciada por distintos factores, incluyendo su ubicación, el tipo de hábitat o sus rutas migratorias. Por ejemplo, los animales que viven próximos a zonas de acumulación de plásticos de los giros subtropicales y que se alimentan en superficie tienen una mayor probabilidad de exponerse a concentraciones relativamente grandes de microplásticos.



Mecheros, juguetes, bolsas y una gran variedad de objetos plásticos son hallados cada vez con más frecuencia en estómagos e intestinos de ballenas, delfines, aves.... estas últimas parecen altamente susceptibles a confundir los plásticos con sus presas naturales.

Tipo de partícula	Rango de tamaño	Especie y ruta de transferencia	Efecto	Referencia
Polietileno de alta densidad	>0-80 μm	Incorporación en células epiteliales. Revestimiento del intestino de <i>M. edulis</i> (Mejillón)	Cambios histológicos	Von Moos et al 2012
Poliestireno	2.0,3.0 y 9.6 μm	Translocación a través de la pared del intestino de <i>M. edulis</i>	Transferencia de partículas del intestino al sistema circulatorio (hemolinfa)	Browne et al. 2008
Poliestiereno	24-28 nm	Ingestión via zooplacton por el <i>Crassius Crassius</i> (Carpín)	Cambio de comportamiento, cambio en el metabolismo lipídico	Caderval et al. 2012

Tabla 9: Efectos de la ingestión de plástico en organismos vivos.



Ingestion of plastics. Taken from Marine Litter Vital Graphics (in preparation)

Figura 8: Algunas especies documentadas que han ingerido basura marina.



Hallan una ballena muerta en Indonesia con más de 1.000 plásticos en el estómago

El aparato digestivo del cetáceo contenía 115 vasos, 4 botellas, 25 bolsas, 2 sandalias y más de 1.000 trozos de cuerda, entre otros productos de plástico



Figuras 9 y 10: Albatros que ha ingerido distintos tipos de plásticos y noticia sobre una ballena muerta que tenía más de 1.000 plásticos en el estómago.



Como escribo al inicio de este trabajo, un gran porcentaje de los plásticos que llegan al medio marino, aproximadamente el 70%, acaba depositado en el fondo de los océanos.

Redes, cabos, u otros tipos de macro plásticos suponen un grave riesgo para el hábitat subacuático. Los arrecifes de coral son actualmente uno de los principales perjudicados por la acción del ser humano; el cambio climático, la acidificación de los océanos, la escorrentía agrícola y urbana o la propia contaminación marina por plásticos son los principales problemas a los que se enfrentan estas estructuras subacuáticas. Además, están íntimamente relacionados con la flora marina, ya que coexisten y dependen directamente de las algas, las cuales ayudan a la sustentación de estas estructuras y sirven de alimento a los animales que habitan en ellos.

Los arrecifes de coral suponen uno de los ecosistemas más diversos de la tierra pudiendo albergar un 25% del hábitat de todas las especies marinas.

Los cabos y redes, entre otros tipos de macro plásticos, acaban depositados sobre los corales, y debido a las corrientes y mareas y la fragilidad de estas estructuras, se produce un daño a veces irreparable que puede devastar grandes zonas de arrecife. Esto conlleva la pérdida del hábitat de numerosas especies. Los corales sirven también como barrera natural entre mar abierto y las costas, y su desaparición provocaría un efecto perjudicial sobre manglares u otras regiones costeras dependientes de los arrecifes de coral.

Los manglares también son zonas con una alta productividad biológica. Están formados por complejas redes de raíces tolerantes al agua salada, y se encuentran en la desembocadura de los ríos de climas tropicales. Con el paso de los años se está observando que estas formaciones se están convirtiendo en auténticos sumideros de residuos plásticos que suponen un problema de contaminación muy significativo.



4.5. Transporte de especies invasoras

Otro impacto ecológico derivado de la contaminación por plásticos en el mar es el transporte de especies invasoras.

El transporte de organismos adheridos a materiales naturales flotantes, por ejemplo madera o macroalgas, es un hecho común en el medio marino. Pero los plásticos han proporcionado un sustrato adicional, y el gran problema frente a los elementos naturales anteriormente citados es la longevidad y su mayor dificultad de fragmentación, recorriendo por ello grandes distancias y facilitando así la dispersión de diferentes especies adheridas a los mismos.

Los plásticos en contacto con el agua salada, desarrollan rápidamente una biopelícula de la que surge una diversa comunidad de microbios. Esta biopelícula contiene un ecosistema en miniatura que incluye productores primarios, consumidores, depredadores y descomponedores y posteriormente favorecerá a la fijación de organismos más grandes.

Por otro lado, las grandes cantidades de residuos plásticos liberadas en el medio ambiente oceánico en el último medio siglo han aumentado las oportunidades para la dispersión de patógenos que pueden representar una amenaza para los humanos y los animales marinos. Por lo tanto, se entiende que las especies invasoras acuáticas pueden ser fuentes de enfermedades en zonas en las que no se habían dado previamente. Por ejemplo, los pellets de plástico sirven como lugares de ovoposición para insectos marinos teniendo un efecto sobre el tamaño de la población y la dispersión de ciertas especies.

4.6. La pesca fantasma

El problema de la pesca fantasma es uno de los más significativos en cuanto a la contaminación marina por plástico. La pesca fantasma consiste en todas aquellas capturas que se producen a posteriori de la pérdida o el abandono de aparejos de pesca en el mar, así como la degradación de organismos vivos existentes en el



medio marino. Además, estos aparejos abandonados conllevan un riesgo para la navegación ya que pueden provocar accidentes y dañar embarcaciones.

Este problema mata a millones de animales marinos cada año. Algunos en peligro de extinción, y, por la lenta degradación de los materiales plásticos, prolongará el efecto de cada aparejo perdido durante varias décadas en caso de que no sean retirados.

La pesca engloba un gran número de elementos plásticos que han ido sustituyendo con el paso de los años a fibras naturales por su mayor versatilidad. Redes, cabos, boyas, nasas, son algunos de los múltiples aparejos utilizados en la pesca que tienen un potencial riesgo de pérdida en el medio marino (accidental o intencionado). La importancia de este tema fue reconocido por primera vez en la 16ª reunión de la FAO de 1985. En 2009 se publicó un informe clave de la FAO y PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear*. En este informe se recogen los aspectos más relevantes en cuanto a la información recogida en las últimas décadas sobre redes de pesca abandonadas o perdidas en el medio marino, y en el que se estudia su impacto, las razones por las que son perdidas o abandonadas y posibles soluciones para reducir su pérdida.

En el Anexo V del convenio MARPOL se recoge la prohibición de la descarga de plásticos, y se cita expresamente que está prohibida la descarga de redes de pesca sintéticas; sin embargo, en el anexo no se recoge tal efecto en caso de pérdida accidental de las redes, siempre que se hayan tomado todas las precauciones razonables para evitar esta pérdida.

El Anexo V es aplicable a todos los tipos de buques, incluidos los buques pesqueros de cualquier tamaño. Además, la Regulación 9 del Anexo requiere que los buques de 400 GT o más, lleven a cabo registros que incluyen la notificación de descarga, escape o pérdida accidental (de basura, donde se incluye el material de pesca sintético), y registrar las circunstancias y motivos de la pérdida.

Las directrices del Anexo obligan a que los gestores de la actividad pesquera a

que incluyan sistemas de identificación en las redes y equipos tales como el nombre del buque, registro, número y nacionalidad, y se alienta a los gobiernos a que desarrollen e implanten mejoras tecnológicas para llevar a cabo este cometido con mayor precisión.

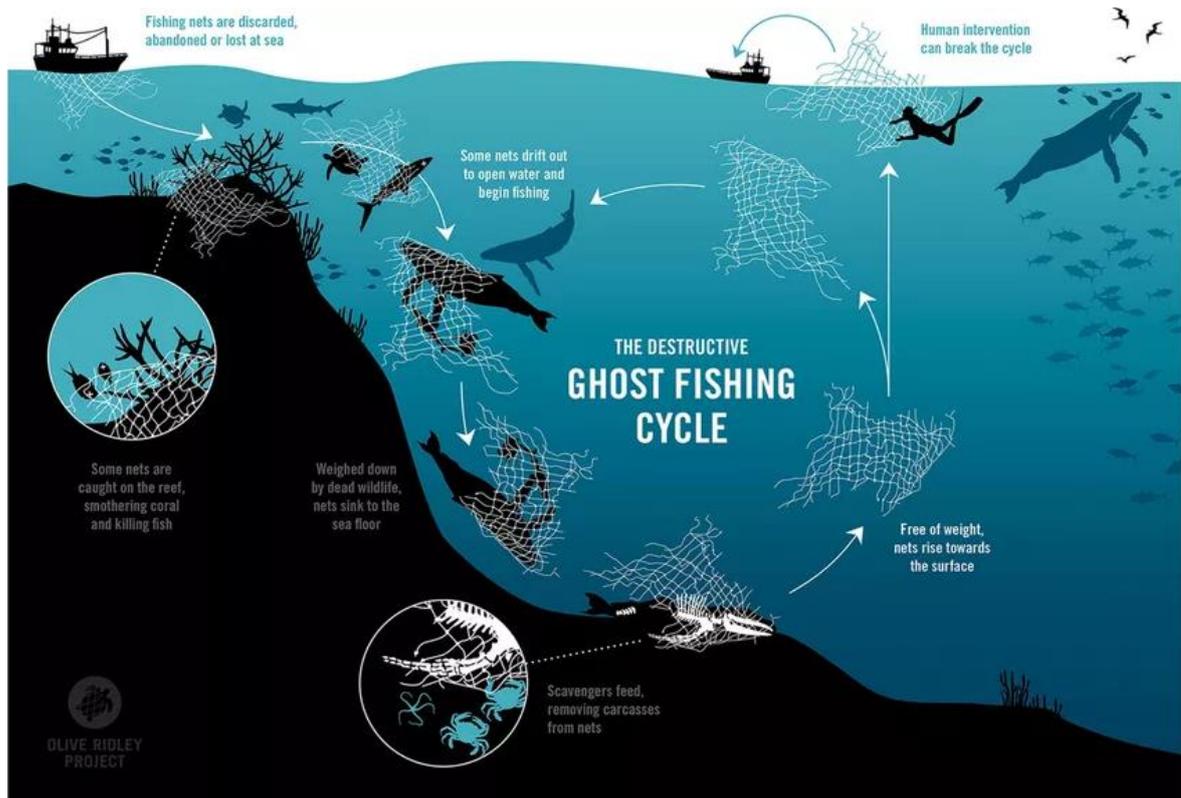


Figura 11: El ciclo de la pesca fantasma.

Costes económicos y sociales de las redes de pesca perdidas o abandonadas en el medio marino (fuente: www.fao.org):

-Costes económicos directos:

1. Coste del tiempo empleado para desenredar embarcaciones cuya hélice se enreda con cabos o redes, lo que resulta en una reducción tiempo para el desarrollo de la actividad del buque.
2. Coste de los equipos o embarcaciones perdidas debido al enredo, y el coste de reemplazo de los mismos.



3. Coste de las operaciones de rescate provocadas por enredos.
4. Coste de tiempo y combustible en la búsqueda y recuperación de embarcaciones debido a la pérdida accidental de equipos de pesca.
5. Coste (para los pescadores o las administraciones) de los programas y/o actividades de recuperación para eliminar los equipos de pesca perdidos, u otras medidas de gestión, por ejemplo, los costos para mejorar los marcajes de las redes o de las operaciones de monitoreo destinadas a reducir redes perdidas accidental o deliberadamente.

- Costes indirectos:

1. La pesca fantasma provoca la pérdida de biodiversidad, así como perjudica a las propias capturas anuales en la pesca, lo que provoca una reducción en los ingresos anuales de las compañías.
2. Coste en la investigación para reducir las pérdidas accidentales o deliberadas de redes y equipos de pesca.
3. Impacto potencial en las compras debido a los temores o preocupaciones de los consumidores sobre la pesca fantasma y los problemas derivados de la contaminación marina por plásticos.

-Costes sociales:

1. Reducción del empleo en las comunidades pesqueras como resultado de la disminución de los niveles de captura asociados con la mortalidad involuntaria de peces.
2. Disminución de los beneficios recreativos, turísticos y de buceo por la pérdida de equipos en las playas y en el mar.
3. Riesgos de seguridad para los pescadores y embarcaciones varias si la maniobrabilidad de la embarcación se ve comprometida por el enredo.

4.7. Peligros para la Navegación

A pesar de que generalmente las preocupaciones por basuras y desechos marinos son mayoritariamente medioambientales, es importante tener en



consideración los peligros que pueden tener en la seguridad de la navegación, sobre todo porque existen casos de pérdidas de vidas humanas a raíz de este problema.

Estos son algunos ejemplos que pueden dar lugar a accidentes:

-Enredo con la hélice, su eje, con el timón, obstrucción de los waterjets o tomas de agua... Estos incidentes pueden afectar a la estabilidad del buque o restringir su capacidad de maniobra, y en condiciones de visibilidad reducida extremar el peligro.

-Enredo con anclas, equipos desplegados desde buques de investigación, aparejos de pesca desplegados por otros buques, pudiendo ocasionar un riesgo para la tripulación.

-Daños en el sello del eje de la hélice: para cualquiera de los daños anteriormente citados es probable que sean necesarios uno o más buzos para las reparaciones pertinentes lo que genera más situaciones de peligro en condiciones de mal tiempo.

Un ejemplo de elevada importancia relativo a accidentes por enredos con desechos plásticos en el medio marino, es el accidente que se produjo en Corea del Sur en 1993. El ferry de pasajeros Seo-Hae de 110 GT, con 362 pasajeros a bordo, se topó en su travesía con un cabo de nylon de tan solo 1 cm de grosor, el cual se enredó en ambos ejes de las hélices, provocando que el barco volcase y perdiéndose la vida de 292 personas. Las investigaciones pertinentes demostraron que el fallo de estabilidad del buque se debió al enredo con las artes de pesca y a una sobrecarga de pasajeros.

Aunque actualmente se siguen produciendo accidentes provocados por enredos, y la mortalidad derivada de los mismos ya no es tan significativa como hace unas décadas, el número de accidentes sigue siendo importante, y suponen pérdidas anuales considerables para las compañías navieras.



Según McIlgorm en el artículo “Understanding the economic benefits and costs of controlling marine debris in the APEC region”: *“A partir de los datos sobre la economía marina y las estimaciones de los daños causados por los desechos marinos en Japón, se estima que los daños causados por los desechos marinos en los sectores de la pesca, el transporte marítimo y el turismo marino tienen un valor de 1.265 billones de dólares de los EE.UU. en la región de APEC (Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico). Los daños causados por los desechos marinos se estiman en 364 millones de dólares para la industria pesquera, 279 millones de dólares para el transporte marítimo y 622 millones de dólares para el turismo marino”.* (McIlgorm, F., & J, 2009, p. 19).

5. GARBAGE PATCHES

Desde hace unos años, oímos cada vez más a menudo hablar de las llamadas islas de basura o islas de plástico, conocidas en inglés como Garbage patches (Parches de basura).

El vertido continuo, intencionado o accidental durante los últimos 50-60 años de plástico a los océanos, está provocando que los océanos se conviertan en un sumidero de residuos a gran escala. Un gran número de científicos de todo el mundo advierten de que si no se toman medidas urgentes los daños al medio natural y al medio marino pueden ser irreversibles.

Se estima que anualmente llegan a los océanos entre 1,15 y 2,41 millones de toneladas de plástico a través de los ríos. Una vez terminan en el océano, la posibilidad de que estos residuos sean retirados se convierte en una tarea sumamente difícil. Un porcentaje acabará hundido haciendo prácticamente imposible su remoción, pero otro porcentaje se acumulará en la columna de agua o flotará en las aguas superficiales quedando a merced de vientos y corrientes oceánicas.

Para saber dónde y cómo se acumula el plástico en los océanos, y por consiguiente comprender como se forman las conocidas como islas de plástico es



necesario entender donde convergen las corrientes marinas y por qué se produce este efecto de convergencia. Para ello, hablaremos en profundidad de las corrientes marinas y los giros oceánicos.

5.1. Corrientes marinas

Cambios de salinidad y temperatura, los movimientos de rotación y translación de la tierra, el efecto de los vientos en la superficie de los océanos... son muchos los factores que influyen en la formación de las corrientes marinas, grandes masas de agua en movimiento, muy numerosas en nuestro planeta, y fundamentales para el equilibrio del medio natural y climatológico.

Podemos distinguir dos tipos de corrientes principales, las superficiales (hasta 100m) y las profundas, ambas generadas por distintos factores:

-Corrientes marinas superficiales: su movimiento horizontal se ve influenciado principalmente por el efecto del viento y el movimiento de rotación de la tierra, aunque la orografía de las costas y el relieve submarino juegan un papel también importante y afectan al movimiento vertical de las mismas.

-Corrientes submarinas: se ponen en movimiento a causa de las diferencias de temperatura y salinidad entre capas de agua superficiales y submarinas (circulación termohalina). Las corrientes submarinas surgen de la compensación entre aguas de distintas densidades.

Como decíamos, estas masas de agua también pueden moverse verticalmente y se generan pues, zonas de convergencia, en las que las aguas superficiales descienden a zonas más profundas equilibrando las densidades de las diferentes capas, y zonas de divergencia, en las que aguas submarinas ricas en nutrientes ascienden hacia la superficie (afloramientos costeros).

5.2. Giros oceánicos. Efecto de Coriolis

Las corrientes oceánicas en nuestro planeta son muy numerosas, pero las más conocidas son las que conforman los 5 giros oceánicos.

Proceso de formación de los giros oceánicos:



Figura 12: Principales corrientes de agua y aire en el Océano Atlántico.

Inicialmente los vientos alisios generan las corrientes ecuatoriales poniendo en movimiento las masas de agua que se encuentran entre los trópicos. Estas masas viajan hacia el oeste, y la fuerza de Coriolis provoca que se alejen del ecuador formando las corrientes límite de margen occidental cuando alcanzan las cuencas oceánicas de esta región. Cuando las corrientes alcanzan entre los 30° y 60° de latitud aproximadamente, los vientos del oeste dirigen estas corrientes hacia el este, y nuevamente el efecto de Coriolis y las barreras continentales generan las corrientes de margen oriental cerrando este ciclo circular y originando los giros subtropicales.

Existen 5 giros subtropicales: El giro del Atlántico Norte, giro del Atlántico Sur, giro



del Pacífico Norte, giro del Pacífico Sur y el giro del Océano Índico.

Los giros subtropicales rotan en sentido horario en el hemisferio norte y en sentido anti horario en el hemisferio sur, esto se debe al efecto de Coriolis anteriormente citado.

Si tomamos un sistema de referencia rotatorio y un objeto que se encuentra en movimiento sobre el mismo, el objeto se encuentra bajo la influencia de una “fuerza adicional” perpendicular al eje de rotación del sistema y a la dirección del movimiento del objeto, producida por la rotación del propio sistema de referencia.

El efecto de Coriolis, surge del movimiento de rotación de la tierra. Este movimiento de oeste a este, provoca una curvatura en la trayectoria de los elementos que se encuentran en movimiento sobre la superficie terrestre, en nuestro caso sobre los vientos y las masas de agua.

5.3. Efecto de los vientos sobre las corrientes superficiales. Espiral de Ekman

Fridtjof Nansen, oceanógrafo y explorador noruego, fue el primero en advertir la desviación que causaba el viento sobre las corrientes superficiales, durante una expedición al océano ártico donde observó que el hielo se desviaba unos 45° a la derecha de la dirección en la que soplaban los vientos. En 1896, cuando regresó de su expedición a bordo del Fram, compartió su información con el matemático sueco V. Walfrid Ekman. Años después, a raíz de esta información, Ekman desarrolló la teoría en la que explica el movimiento de las capas de un fluido bajo la acción del efecto de Coriolis. Se conoce a esta teoría como La Espiral de Ekman. Esta espiral surge de la acción combinada del Efecto de Coriolis, la fricción del agua y el viento que sopla sobre la superficie, y describe la dirección y velocidad del flujo de las diferentes capas de aguas superficiales.

La teoría, describe el movimiento de infinitas capas imaginarias de agua a distintas profundidades en una columna homogénea. La capa más superficial se

mueve bajo la acción del viento, y debido a la rotación de la tierra (Efecto de Coriolis) y a la fricción entre capas, a medida que aumenta la profundidad aumenta la desviación del flujo de agua, a la derecha del viento en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur.

Del estudio de estas fuerzas Ekman concluyó:

-Que la velocidad del flujo de agua es máximo en la superficie y disminuye con la profundidad.

-Que en la superficie, la dirección de la corriente se desvía 45° de la del viento, y este ángulo aumenta con la profundidad. La dirección promedio aproximada de las sucesivas capas de agua forma un ángulo de 90° en relación a la del viento. Se denomina a este promedio como transporte de Ekman.

-Este efecto cesa cuando se alcanzan profundidades del orden de 100m en latitudes medias.

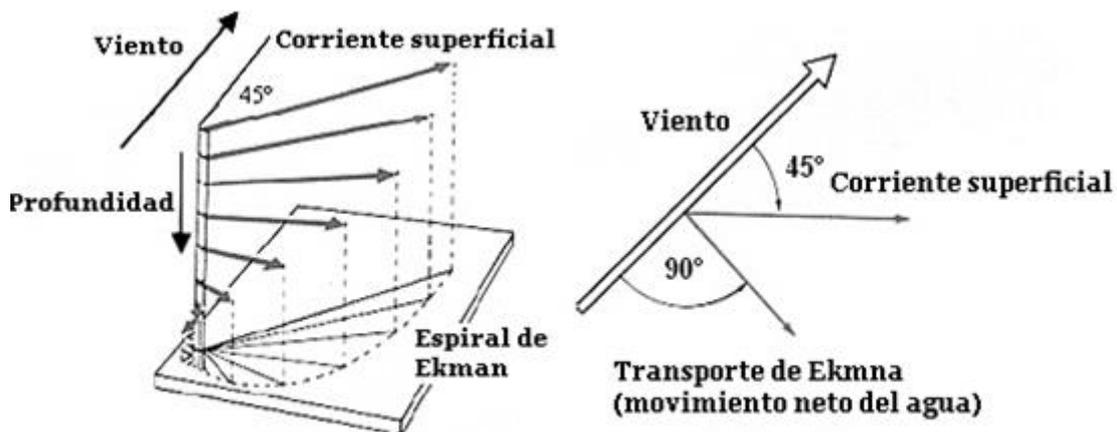


Figura 13: Modelo de Ekman.

5.4. Relación entre el modelo de Ekman y las corrientes y giros subtropicales. La circulación eólica y el flujo geostrofico.

La radiación solar afecta de distinta manera a las distintas regiones de nuestro



planeta.

El Ecuador es la zona de mayor calentamiento, donde el aire se expande y disminuye su densidad, lo que provoca una zona de bajas presiones donde el aire se eleva. Por otro lado, los Polos son la zona de menor calentamiento, donde el aire se contrae y aumenta su densidad, lo que genera una zona de altas presiones donde el aire desciende.

Esta diferencia de presiones genera una circulación de aire (vientos) entre la zona de altas presiones, próxima a la superficie terrestre, y la de bajas presiones, en los niveles superiores, afectada por el efecto de Coriolis.

Esta circulación de aire afectada por el efecto Coriolis, no se lleva a cabo desde los polos al ecuador, si no que en función de la latitud se genera un circuito cerrado de circulación. En cada hemisferio tenemos 3 circuitos o células de circulación. La célula de Hadley (0-30°), la de Ferrel (30-60°) y la célula polar (60-90°).

La radiación solar es entonces la que genera la circulación eólica del planeta y esta a su vez provoca la circulación de los océanos, influenciada también por la circulación termohalina.

De la combinación del efecto de Coriolis y la espiral de Ekman, extraemos el patrón de circulación de los océanos y vientos.

Como decíamos previamente, los vientos al soplar ponen en movimiento la capa superficial de agua, que se desvía 45° de la dirección del viento. Debido al efecto de Coriolis, el promedio del transporte de las corrientes superficiales se desvía 90° a la derecha de la dirección del viento.

Si tomamos como ejemplo el giro subtropical del Atlántico norte, y teniendo en cuenta el efecto del transporte de Ekman deducimos que:

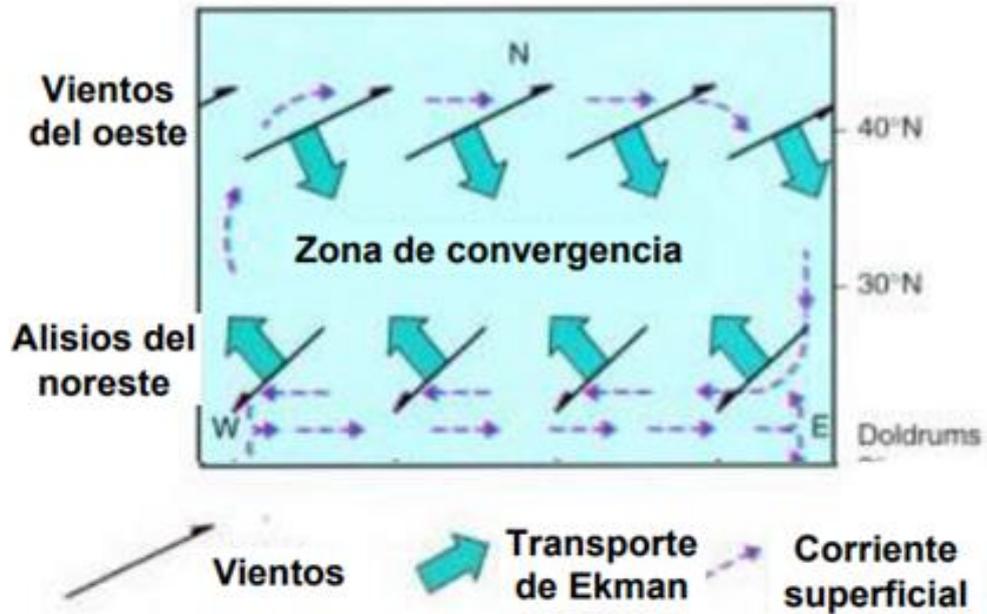
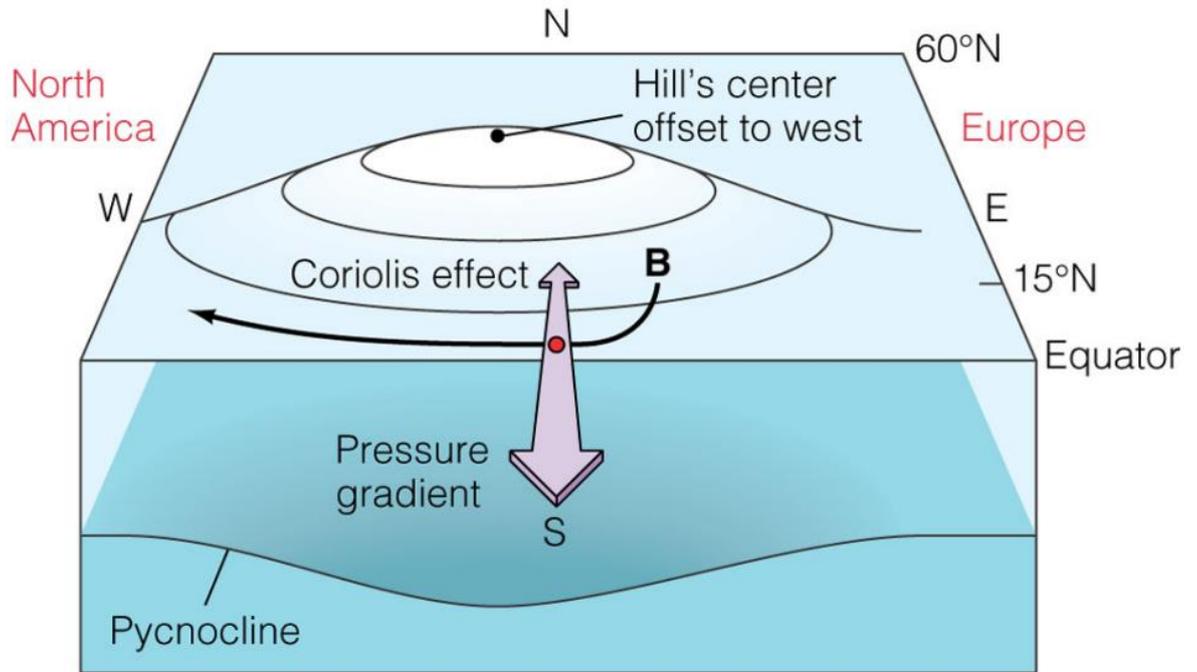


Figura 14: Ejemplo simplificado del efecto combinado de los vientos y el transporte de Ekman.

-El efecto de los vientos alisios desplazará la corriente superficial en dirección al polo, y el efecto de los vientos del oeste desplazará la corriente hacia el ecuador, provocando una zona de convergencia en el centro del giro.

La consecuencia directa es que en el centro de los giros se “acumule” una mayor cantidad de agua generando una zona de alta presión, que tiende a desplazarse a los extremos del giro donde la presión es menor (diferencia o gradiente de presión).



© 2005 Brooks/Cole - Thomson

Figura 15: Ilustración del efecto combinado del gradiente de presión y el efecto Coriolis en un giro oceánico.

En este punto la circulación termohalina también juega un papel importante. En el centro de los giros, como consecuencia de la acumulación de agua y presión elevada, el nivel de agua es ligeramente superior al de los extremos. A medida que la superficie del océano se calienta, el agua se expande y tiende a fluir hacia las zonas más frías.

La zona de altas presiones en el centro de los giros y la compensación entre aguas de diferentes temperaturas, produce un movimiento de la zona de alta presión a la de baja presión. Cuando se inicia este movimiento, el efecto de Coriolis genera un desvío en su trayectoria hacia la derecha (HN). Llegará un punto en el que el gradiente de presión y el efecto de Coriolis se igualen (actuando cada una en dirección opuesta), provocando que el flujo de la corriente sea perpendicular a ambas y discurra al rededor del centro del giro. Este equilibrio entre el gradiente de presión y la fuerza de Coriolis se denomina flujo geostrófico. Además, la presencia de los continentes formando límites de este a oeste contribuye a desviar el flujo de las corrientes ayudando a la formación de los giros oceánicos.



Es necesario entender la dinámica de las corrientes para conocer los patrones de acumulación del plástico en la superficie del océano. Distintos estudios han demostrado que dicha acumulación coincide con determinados “puntos calientes” en el océano, que corresponden con áreas de convergencia de corrientes. Los puntos más importantes son 5 y coinciden con los grandes giros oceánicos del planeta, donde se forman las llamadas islas de basura, aunque este nombre no se corresponde con exactitud a la realidad de estas concentraciones de plástico como veremos más adelante.

5.5. Circulación vertical de las corrientes provocada por el viento

En algunas ocasiones, la acción del viento sobre la superficie del océano puede dar lugar a corrientes ascendentes de aguas profundas, o al descenso de las capas más superficiales de agua a mayores profundidades. Estos fenómenos se conocen como afloramientos o upwelling cuando los movimientos verticales son ascendentes y downwelling cuando son descendentes.

-Afloramiento ecuatorial: La zona de convergencia intertropical (ZCIT) es un área en la que convergen los vientos alisios del sureste y del noreste. A pesar de la debilidad de la fuerza de Coriolis cerca del ecuador, el transporte de Ekman ocurre de tal forma que desvía las corrientes de la dirección del viento, provocando una zona en la que las aguas superficiales divergen a lo largo de la región ecuatorial. Éste agua es reemplazada por aguas subsuperficiales frías y ricas en nutrientes dando lugar al afloramiento ecuatorial.

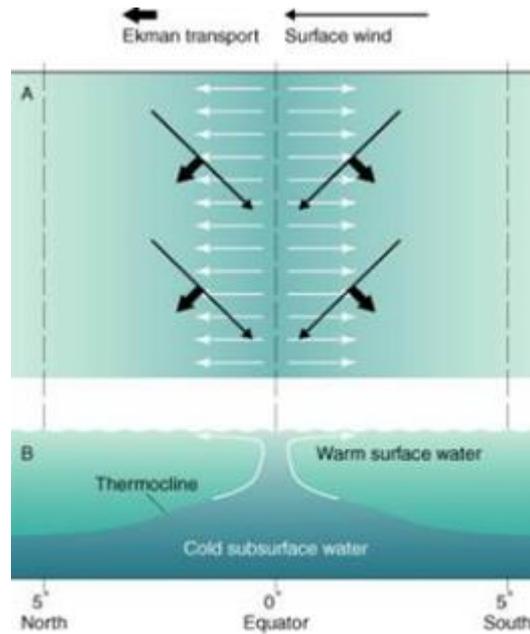


Figura 16: Afloramiento Ecuatorial.

-Afloramiento costero: En ciertas regiones del planeta en las que el viento sopla paralelo a la costa, la fuerza de Coriolis desplaza las aguas superficiales en dirección perpendicular al viento, alejándolas de la costa. Esto provoca que aguas profundas frías y ricas en nutrientes asciendan, renovando el agua próxima a la costa. Este proceso puede invertirse en caso de que los vientos soplen en sentido contrario, lo que provocaría que las aguas superficiales se dirigiesen hacia la costa y al converger con la misma se hundiesen dando lugar al downwelling.

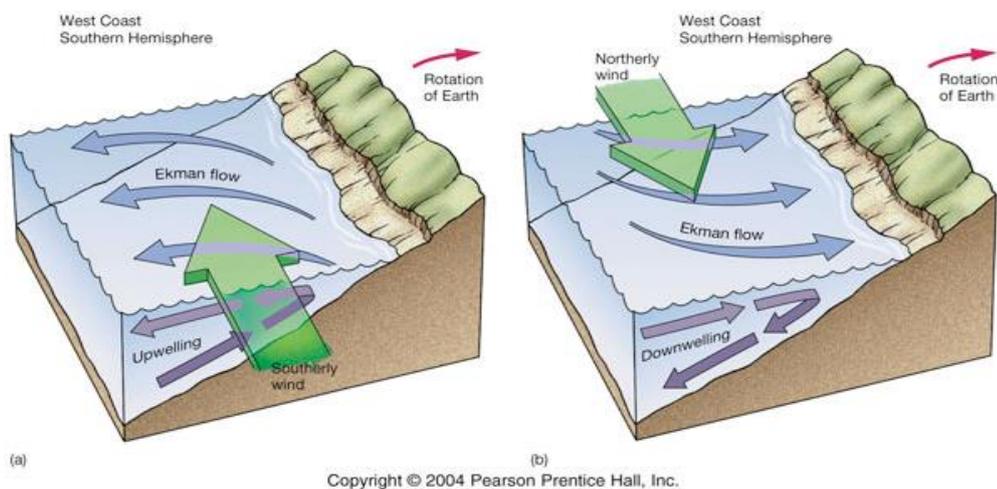


Figura 17: Upwelling y downwelling



-Downwelling: Puede producirse tanto en la costa, como en el océano abierto, cuando diferentes masas de agua convergen provocando un movimiento descendente de las capas superficiales.

Estos fenómenos también afectan al transporte y acumulación de residuos plásticos. A medida que van perdiendo sus propiedades iniciales, los plásticos van ganando profundidad quedando en la columna de agua. El downwelling puede facilitar el hundimiento de un gran número de residuos.

5.6. Islas de plástico. La acumulación de plásticos en los giros oceánicos

Cuando escuchamos hablar de islas de basura o islas de plástico, si no tenemos nociones previas de este fenómeno, imaginamos una gran concentración de plásticos flotando en la superficie del océano. Además, cuando nos dicen que estas grandes “manchas” o islas, pueden abarcar una superficie de dos o tres veces el tamaño de Francia, se nos hace incomprendible imaginar a qué nos estamos enfrentando. Pero en realidad, estas islas que se extienden sobre amplias regiones en los océanos, son zonas en las que los plásticos no se encuentran necesariamente flotando unos junto a otros, es decir, un gran porcentaje está suspendido en la columna de agua y no son apreciables a simple vista, conformando, como dicen algunos artículos y autores (como Charles Moore, oceanógrafo y uno de los primeros que estudiaron el parche de basura del Pacífico), una gran “sopa” de plásticos.

Los modelos de predicción de desplazamiento y los datos de muestreo sugieren que los cinco giros subtropicales forman zonas de acumulación a gran escala con diferentes niveles de contaminación plástica. (K.L. Law et al 2014; 2010; Lebreton et al., 2012; Maximenko et al., 2012; van Sebille et al., 2012). A pesar de todo en nuestro planeta hay cientos de corrientes y giros de menor tamaño en los que también existen concentraciones a menor escala de plásticos.

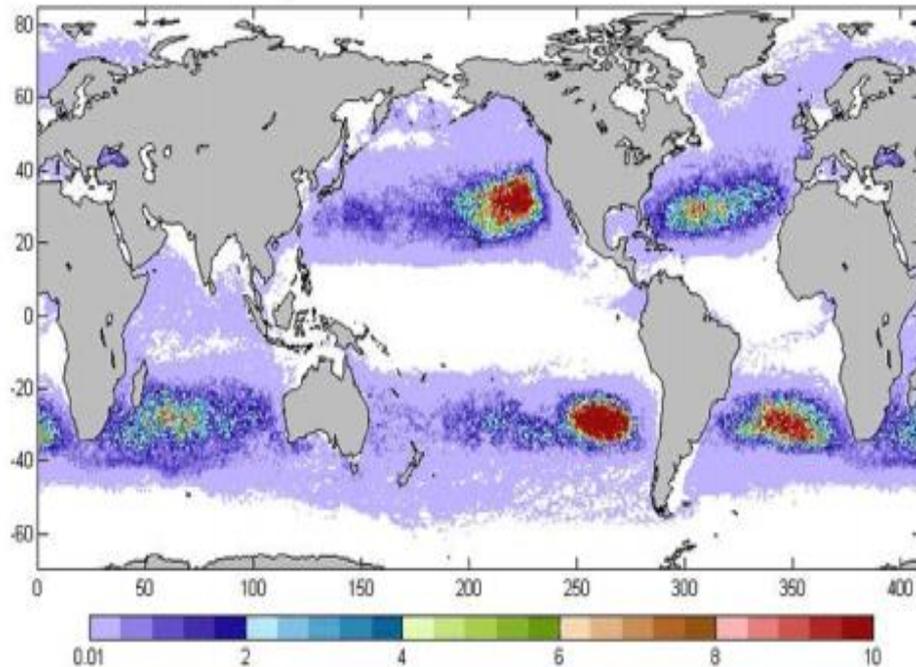


Figura 18: Simulación de la distribución de la basura oceánica en 10 años (2021). Se aprecia que las zonas de mayor concentración de basuras corresponden a los 5 Giros Oceánicos.

5.7. Great Pacific garbage patch

El giro del Pacífico Norte es uno de los giros oceánicos más grandes, cubriendo una gran superficie del océano. Este giro se encuentra aproximadamente por encima del ecuador a una latitud de 10°N hasta el frente Subártico (aproximadamente 42°N), gira en sentido horario y está formado por cuatro corrientes oceánicas principales: la Corriente de Kuroshio, Corriente del Pacífico Norte, Corriente de California y la Corriente Ecuatorial del Norte.



Figura 19: Parche de Basura del Este y el Parche de Basura del Oeste que conforman el Gran Parche de Basura del Pacífico.

En él se encuentra la isla de basura más grande del planeta, que se conoce como el Gran Parche de Basura del Pacífico. Este está formado por el Parche de Basura del Este y el Parche de Basura del Oeste. El primero se extiende dentro del Alto Subtropical del Pacífico Norte, un área entre Hawái y California; el segundo es un pequeño "giro de recirculación" entre Japón y Hawái. (Marzia Sesini, 2011).

En el artículo (Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic; Lebreton L, Slat B, Ferrari F, et al, 2018) se presenta un estudio sobre la rápido aumento de la concentración de plásticos en el Gran Parche del Pacífico Norte y a una velocidad mayor con relación a otras áreas circundantes.

Durante 3 meses, en 2015, 18 barcos recorrieron la zona comprendida entre



california y Hawái, arrastrando redes con mallas de distintos diámetros. Además, contaron con un avión que también recorrió la zona para contabilizar mejor objetos de un tamaño mayor a 50 cm.

Uno de los resultados más impactantes del estudio, es que el 99.9% de los residuos encontrados eran plásticos. Otras conclusiones de interés del estudio fueron:

-Que el 46% de los residuos plásticos hallados eran redes de pesca.

-Que la gran mayoría de plásticos localizados eran polipropileno o poliestireno. En el artículo se indica que el plástico flotante representa alrededor del 60% de la demanda mundial, por lo que algo menos de la mitad del plástico que llega a los océanos se hunde al poco de entrar en ellos, acumulándose en sedimentos y cañones submarinos.

-Consideran que el 28,1% de los plásticos que llegan al medio marino a nivel mundial proceden de la pesca, la acuicultura y el transporte marítimo, basándose en los datos de limpieza de costas. Pero sin embargo considerando los datos de sus estudios en el mar consideran que este porcentaje puede verse considerablemente incrementado.

-La acumulación de plásticos en el GPGP apenas se ve afectada por el viento.

-Se encontraron cantidades relativamente altas de macroplásticos con fechas de producción de los 70, 80 y 90. Esto sugiere que algunos tipos específicos de plástico (altas relaciones volumen/superficie), se acumulan con facilidad en el GPGP.



Según Holly Bamford, ex directora del Programa de Desechos Marinos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA), el concepto de "isla de plástico" es erróneo. En declaraciones a la revista *Mother Nature Network* en 2009 Bamford dijo: "*Podríamos ir a buscar una isla*". "*Si fuera una gran masa, haría nuestros trabajos mucho más fáciles*".

Este comentario hace referencia al difícil trabajo de remoción de toda esta gran cantidad de residuos del medio marino. Como sabemos, el paso del tiempo da lugar a la fragmentación del plástico, produciendo en ocasiones partículas de tamaño microscópico que, muy probablemente serán imposibles de eliminar por completo de nuestros océanos.

Marcus Eriksen y sus colaboradores estimaron que la masa global actual de plástico flotante es de 500.000 toneladas (Parker, 2014).

Las estimaciones sobre la cantidad de plástico existente en la Isla del Pacífico Norte son de 140.546 toneladas métricas: 21.290 toneladas métricas de plástico de menos de 2 cm y 119.256 toneladas métricas de plástico de más de 2 cm. Con respecto a la cantidad mundial de plásticos en los océanos se estima que en el GPGP se encuentra el 28% de ese total mundial (*The ocean Cleanup, Boyan Slat et al. 2014*).



Figura 20: Imagen de la Isla de Basura del Pacífico.

6. GRANDES PROYECTOS PARA LA LIMPIEZA DE LOS OCÉANOS: THE OCEAN CLEANUP

A pesar de las grandes dificultades que plantea la eliminación de plásticos del medio marino, por suerte para todos, hay personas que dedican su vida y sus esfuerzos en enfrentarse a este problema.

The Ocean Cleanup es una fundación que surgió en 2013, y que tiene como misión eliminar residuos de basura plástica de los océanos. Su fundador y CEO es Boyan Slat, inventor y emprendedor holandés.

Durante las últimas décadas, las ideas sobre cómo limpiar las islas de basura de los océanos se englobaban en emplear buques con redes que iban limpiando la superficie y recogiendo los plásticos. Sin embargo, los costes ambientales y financieros de esta idea, no eran ni mucho menos escasos. Las emisiones, la pesca accesoria o el tiempo necesario para recoger todos los residuos de los principales giros oceánicos mundiales, eran sumamente elevados.

Sin embargo, en 2013 se presenta la idea de *The Ocean Cleanup*. Emplear los

giros oceánicos como aliados en lugar de como un problema. Servirse del movimiento de las corrientes para, en lugar de perseguir el plástico en movimiento constante con buques por el océano, colocar sistemas de contención en los giros para que sean estos los que acumulen el plástico en las barreras.



Figura 21: Tramo de prueba de la iniciativa The Ocean Cleanup

Este innovador proyecto, consiste en una estructura compuesta de barreras flotantes, recorridas en toda su longitud con una falda que se extiende varios metros bajo la superficie. Estas estructuras, se aprovecharán de la fuerza de las corrientes, el viento y las olas para acumular residuos en su interior. Una vez el plástico se acumule en el centro de las barreras, será retirado por buques de apoyo. En el inicio del proyecto la idea fue anclar las barreras al lecho marino, pero pruebas realizadas durante el 2018 demostraron que existían problemas de estabilidad además de una elevada complejidad para su instalación. Actualmente el proyecto consiste en colocar las barreras en las proximidades de los parches de basura, y que sean el viento, olas y corrientes las que las arrastren recogiendo los plásticos. La idea sería instalarlas a lo largo de 100km para cubrir una gran área.



Figura 22: El viento, corriente y olas desplazarán la barrera flotante encargada de acumular los residuos.

6.1. Estructura

Las barreras flotantes tienen la posibilidad de deformarse en función a la presión que ejerce la corriente superficial sobre ellas. No se utilizan redes en el sistema, lo que ayudará a eliminar la pesca accesoria casi por completo.



Figura 23: Los datos del proyecto estiman que al no poseer redes el sistema, se eliminará la pesca accesoria en un 99%.

Todo el sistema estará recorrido por una falda impermeable con diferentes profundidades, permitiendo que los organismos marinos puedan pasar por debajo

de ella libremente. Esta falda tendrá un peso en su parte inferior que la mantenga en posición.

La idea del proyecto, es que la barrera flotante, bajo la acción de la corriente, adquiera una forma de U. Las faldas tendrán más profundidad en la zona central que en los bordes para facilitar que la corriente le dé a la barrera la forma deseada, y para que sea la zona central donde se acumule una mayor cantidad de residuos.

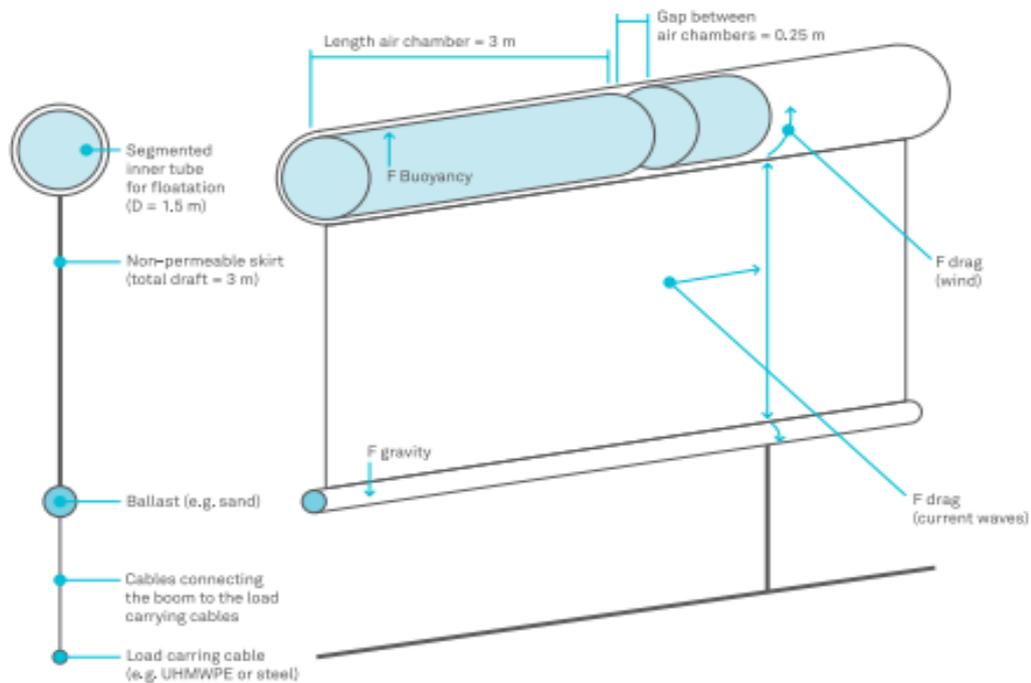


Figure 3.10 Flexible boom concept

Figura 24: Esquema de la barrera flotante.

Una vez acumulados los residuos, estos se retirarán mediante buques con cintas transportadoras o similares, y se acumularán en los mismos o en silos, donde serán comprimidos o triturados y trasladados a tierra.

El coste operativo de esta operación de limpieza es mucho más bajo si lo comparamos con el uso de barcos con redes, además de provocar un menor impacto ecológico. Igualmente, el tiempo empleado se reduciría drásticamente comparándolo con otros sistemas. Los propios fundadores del proyecto lo



califican como rentable, ya que la gran cantidad de plásticos eliminados podrían reciclarse y generar beneficios que sufragarían una parte del costo del operativo.

6.2. El sistema de prueba. (System 001)

Lógicamente, este proyecto presentaba en sus inicios numerosos retos legislativos, desde qué calificación legal tendría el sistema, quien sería el propietario legal de los plásticos recogidos, o el entorpecimiento y riesgos que puede suponer para la navegación.

El sistema de prueba System 001, se ha equipado con paneles solares y una serie de dispositivos que garantizan la seguridad del tráfico marítimo de forma autónoma.

-Cuenta con dos antenas satelitales que permiten compartir datos (tanto de posición como imágenes en directo).

-En el centro del sistema hay dos cámaras de alta definición con control remoto.

-En cada extremo del sistema, hay un módulo de navegación que cuenta con una estación meteorológica completa y un AIS, que comparte los datos del equipo con los buques y estaciones costeras.

-Cuenta con 9 luces que aseguran la visibilidad en todo momento, 7 de las cuales cuentan con reflectores de radar para mayor detectabilidad.

-50 sensores a lo largo de todo el sistema envían datos continuamente sobre la integridad del mismo.

Además, el servicio de guardacostas de los Estados Unidos trazará el área como una zona de operaciones especiales y emitirá un aviso a los navegantes sobre la presencia del sistema.



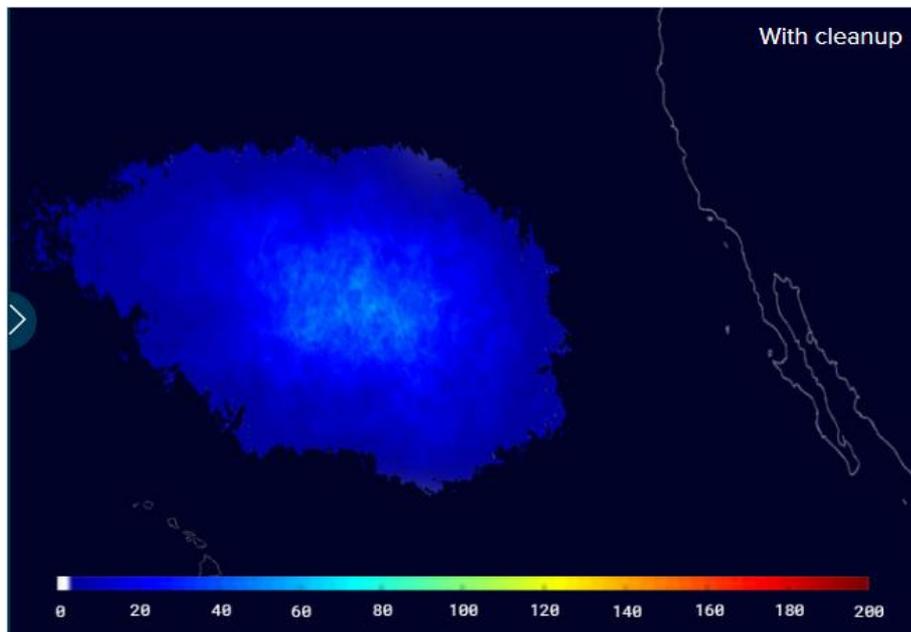
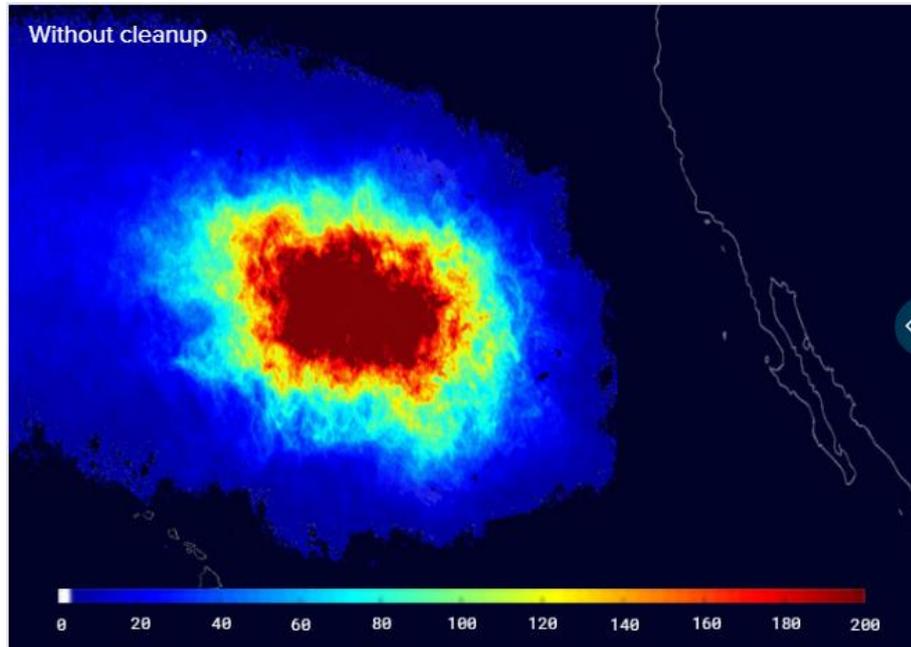
Figura 25: System 001 en funcionamiento.

6.3. Impacto esperado

El sistema flotante está diseñado para capturar tanto microplásticos como macroplásticos, incluyendo redes de pesca desechadas (las ya citadas redes fantasma).

Los modelos de la organización muestran que el despliegue de un sistema de limpieza a gran escala (una flota de aproximadamente 60 sistemas) podría limpiar el 50% del Parche de Basura del Gran Pacífico en sólo cinco años.

Después de que varias flotas de sistemas se desplieguen en cada giro oceánico, combinado con la reducción de las fuentes tanto marítimas como en tierra, The Ocean Cleanup proyecta poder eliminar el 90% del plástico oceánico flotante para el año 2040.



Figuras 26 y 27: Efecto esperado en el Parche del Pacífico una vez se despliegan las barreras flotantes.

6.3.1. “Tecnología gallega en la mayor recogida de residuos del mar de la historia”

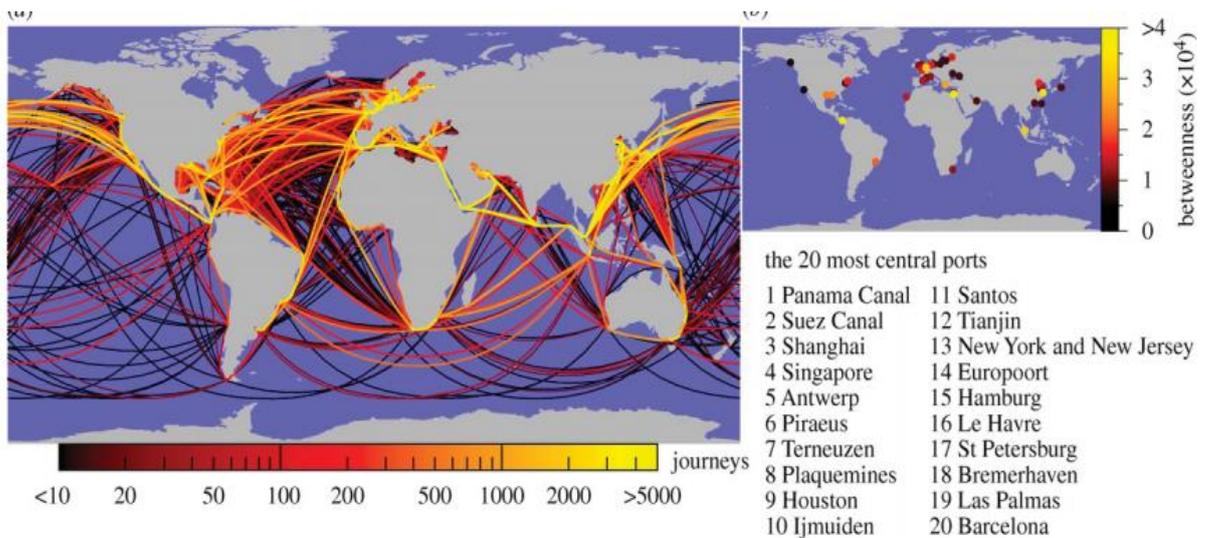
Así recogía el 24 de agosto de 2018 un titular del *Faro de Vigo* la noticia de que una empresa gallega iba a colaborar con la organización internacional The Ocean Cleanup. Esta empresa se ha encargado de producir las boyas en las que se encuentran los dispositivos GPS que marcarán la posición de las barreras flotantes.



Figura 28: Dispositivo creado por una empresa gallega para “The Ocean Cleanup”.

7. ANÁLISIS Y RESUMEN DE LA LEGISLACIÓN INTERNACIONAL PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN MARÍTIMA POR PLÁSTICOS

Como todos sabemos, el planeta está cubierto en sus dos terceras partes de agua. Desde hace siglos, el hombre ha tratado de abrirse paso por el medio acuático, para descubrir nuevos territorios en un principio y después para comerciar con otras regiones. El transporte marítimo a día de hoy, es el que más volumen soporta en el comercio internacional de mercancías, tanto por medio de contenedores, como de granel sólidos y líquidos.



Global shipping density (Kaluza et al 2010)

Figura 29: Densidad del tráfico marítimo (2010)

El mapa anterior muestra los flujos de densidad del transporte marítimo a nivel mundial. Se aprecia que el volumen de tráfico es mucho mayor en el hemisferio norte. Esto se debe a la presencia de los canales de Suez y Panamá que evitan bordear Sudamérica y el continente africano. La cantidad de los accidentes marítimos está más o menos correlacionada con la densidad del tráfico marítimo, siendo las cinco regiones con mayor número de accidentes los mares de Asia oriental (Corea, Japón y China oriental), los mares de Asia sudoriental, el Mediterráneo oriental y occidental, las aguas del Golfo de Vizcaya y la zona de la plataforma noroccidental europea. (Butt et al. 2011).

Durante el siglo XX, el transporte marítimo sufrió importantes cambios: la capacidad de carga de los buques, aumentos moderados de su velocidad o aparición de buques especializados. Los acontecimientos históricos de dicho siglo (dos guerras mundiales, auge del automóvil, industrialización), supusieron un importante aumento de la demanda de hidrocarburos a nivel mundial. La conocida como “Guerra de los 7 días” obligó a cerrar el canal de Suez, lo que provocó que los barcos que querían cruzar de Asia a Europa tuvieran que bordear el continente africano, duplicando el tiempo necesario para realizar dicho viaje.



Estos acontecimientos entre otros, provocaron que los armadores comenzasen a construir buques de mayor tonelaje para abaratar los costes derivados de su transporte.

Como consecuencia de la construcción de buques de gran tonelaje en tan poco tiempo, la comunidad internacional vio la necesidad de crear un convenio para prevenir el riesgo de contaminación por hidrocarburos, que dio lugar al “**convenio OILPOL 1954**” entrando en vigor en 1958. Este convenio fue el primero en delimitar regiones próximas a la costa y unas “zonas especiales” especialmente vulnerables al impacto de contaminantes, donde se prohibía la descarga de desechos de hidrocarburos (hasta la fecha la práctica habitual del lavado de tanques era limpiarlos con agua y luego vaciar la mezcla al mar, al igual que sucedía con el achique de sentinas). A través de una enmienda al convenio, en 1962 se ampliaron los límites de estas “zonas especiales”. En los años sucesivos se vio sometido a diversas enmiendas.

Estos acontecimientos, entre otros, provocaron que en el siglo XX la concienciación internacional respecto a la contaminación marina adquiriera una gran importancia. Se produjeron diversas convenciones internacionales que trataron el tema e implementaron normas y disposiciones que actualmente rigen los principios del derecho marítimo y de prevención de la contaminación.

7.1. Stokholm declaration

Fue una de las primeras conferencias internacionales sobre cuestiones medioambientales y se remonta a 1972. Suecia fue el país impulsor de la conocida como “Cumbre de la Tierra” a la que acudieron 113 países, 19 organismos intergubernamentales, y más de 400 organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales. Esta conferencia promovida por Naciones Unidas, supuso un antes y un después en el desarrollo de políticas para proteger el medio ambiente y, fue el primer paso para fomentar una concienciación internacional sobre el problema de la contaminación. En ella se introdujeron importantes conceptos como “contaminación transfronteriza”, que hace referencia a que el problema de la contaminación afecta a los países y



regiones más allá de su punto de origen y no se debe de ver condicionada por límites políticos o fronterizos.

En la conferencia se acordó una declaración de 7 puntos y 26 principios. El séptimo principio se refiere a la contaminación marítima de la siguiente manera:

“Principio 7 .- Los Estados deberán tomar todas las medidas posibles para impedir la contaminación de los mares por sustancias que puedan poner en peligro la salud del hombre, dañar los recursos vivos y la vida marina, menoscabar las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otras utilizaciones legítimas del mar”.

Así mismo, el principio 21 supone la base de las obligaciones internacionales relacionadas con el medio ambiente. En él, se reconoce a los Estados *“el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental”* y se les obliga a *“asegurar que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio de otros Estados o zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional”.*

Distintos acuerdos internacionales publicados desde entonces, afirman que la descarga plástica al medio marino está recogida en el alcance de estos mandatos, por lo que este es uno de los primeros acuerdos internacionales que incluyen dicho mandato.

7.2. London Dumping Convention 1972 (Convenio de Londres sobre el vertido de desechos)

El Convenio de 1972 sobre la prevención de la contaminación marina por vertimiento de desechos y otras materias, es otra de las convenciones internacionales más importantes de la época, y a día de hoy constituye uno de los marcos legales fundamentales en los que se engloba la prevención de la contaminación plástica marina.



En dicha convención se establecieron una serie de pautas para identificar y controlar las fuentes de contaminación que afectan al medio marino, estableciendo una serie de prescripciones y listas, en las que se prohíbe la evacuación deliberada desde buques, aeronaves, plataformas, u otras construcciones en el mar, de desechos u otras materias.

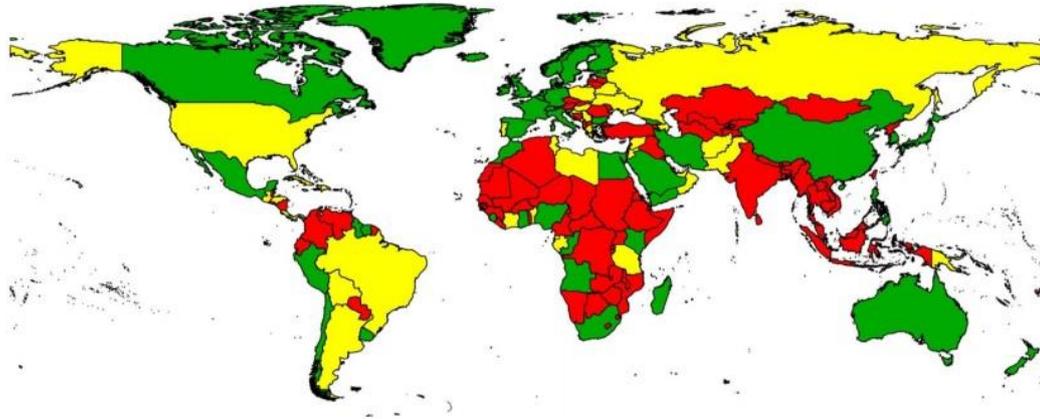
De dichas prescripciones se deduce la prohibición de la descarga de plásticos y otros materiales sintéticos persistentes, que flotan y pueden interferir con actividades relacionadas con la pesca o la navegación en general.

Sin embargo, determinadas frases del convenio dejan una interpretación abierta de las mismas a nivel jurídico, tales como: "*(...) derivados de la explotación normal de los buques y su equipo (...)*" y, en segundo lugar, la prohibición del artículo I de interferir con "*(...) otros usos legítimos del mar (...)*". La interpretación de "cuál la explotación normal de los buques", o de "qué es un uso legítimo del mar", queda en manos de cómo cada estado la adecúe a su correspondiente legislación, hecho que provoca que la convención de Londres contenga diversas lagunas jurídicas.

Es por ello que, en 1996, con el fin de modernizar el convenio, se adopta el Protocolo de Londres, más restrictivo que el anterior, y que actualizaba los principios iniciales. Asimismo, prohíbe el vertido de cualquier desecho o materia, a excepción de los que se incluyen en una lista prescrita.

El convenio entró finalmente en vigor en 1975 y en la actualidad 87 estados son parte del mismo. Por otro lado, el protocolo ha sido ratificado por 47 partes, y sufrió varias enmiendas en el 2006.

Map of Parties to the London Convention/Protocol



Legend

Green: Protocol Parties
Yellow: Convention Parties
Red: Non-Parties

Status as of 22 February 2019

Figura 30: Estados Parte del Convenio y Protocolo de Londres.

7.3. MARPOL 73/78

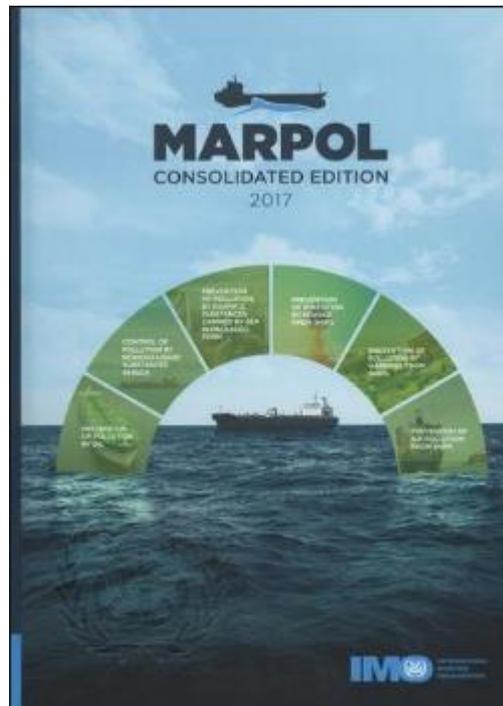


Figura 31: Portada del Marpol 73/78



Uno de los hitos que marcaron un antes y un después en la lucha contra la contaminación por hidrocarburos fue la varada del petrolero Torrey Canon (120.000 t.p.m.) en 1967 en aguas del canal de la Mancha, a unas 25 millas de la costa más próxima de Gran Bretaña. Este accidente provocó una de las primeras mareas negras de la historia, que afectó a la costa SW de Gran Bretaña y a la costa NW de Francia, produciendo una mancha de 40x70km de ancho que supuso la muerte de miles de aves y otros animales marinos. La falta de experiencia en la lucha frente a una amenaza de este tipo, provocó que la gestión de la misma fuera deficiente. Se utilizaron productos químicos dispersados que no resultaron eficaces y, en vista de las dimensiones que alcanzaba la mancha, once días después del naufragio se decidió bombardear el vertido. Aproximadamente, la Royal Navy lanzó 28.000 kg de bombas, 23.000L de gasolina, 11 cohetes y grandes cantidades de napalm.

Una de las consecuencias directas del desastre del Torrey Canyon, fueron las convocatorias de la OMI de una serie de sesiones extraordinarias de su consejo, que dieron lugar a distintas enmiendas en el convenio OILPOL sobre aspectos jurídicos y técnicos relativos al suceso.

La gran cantidad de buques petroleros y de cargas tóxicas de la época, así como los distintos accidentes que se daban, llevaron a la comunidad internacional a plantear una remodelación del convenio OILPOL.

Entre octubre y noviembre de 1973 se celebró el “Convenio MARPOL 73”, que pretendía abarcar un ámbito de aplicación mayor que su predecesor. Constaba de cinco anexos referidos cada uno a un tipo de contaminante, versando el Anexo I y II sobre el petróleo y las sustancias nocivas líquidas respectivamente. Sin embargo, para que su entrada en vigor resultase efectiva tenía que cumplirse la siguiente norma del convenio:

“1) El presente Convenio entrará en vigor doce meses después de la fecha en que por lo menos 15 Estados cuyas flotas mercantes combinadas constituyan no menos del cincuenta por ciento del tonelaje bruto de la marina mercante mundial



se hayan hecho Partes del mismo conforme a lo prescrito en el Artículo 13”.

Su ratificación implicaba la obligatoriedad de cumplimiento de los Anexos I y II. Un gran número de países con flota mercante, tuvieron dificultades técnicas relacionadas con los requisitos de vertido (Anexo I), o con las instalaciones de recepción de residuos (Anexo II), entre otros, hechos que provocaron una gran lentitud en la ratificación del convenio. Esto provocó que no entrase en vigor hasta 1983.

Hasta esta fecha se había realizado otra convención internacional sobre prevención de la contaminación que había dado origen a otro Protocolo, en 1978, cuya finalidad era acelerar la implementación del Anexo I, por lo que en Convenio Marpol 73 paso a denominarse “MARPOL 73/78”. El Anexo II entró en vigor finalmente en 1986, quedando los 3 anexos restantes (denominados Anexos Facultativos)¹ a expensas de ser ratificados de forma voluntaria por cada Estado Parte del Convenio. En el año 1997, se adoptó un Protocolo para incluir diversas enmiendas y se añadió un sexto anexo relativo a la contaminación atmosférica que no entró en vigor hasta el 2005.

El organismo internacional que se encargó de promover el convenio MARPOL fue la Organización Marítima Internacional (OMI) establecida por las naciones unidas en 1959. Esta organización sirve como medio de cooperación entre diferentes estados para tratar cuestiones internacionales relativas al sector de la marina mercante, como la seguridad de la vida humana en el mar y la prevención de la contaminación causada por barcos.

En la actualidad, el Marpol 73/78 consta de 2 Protocolos y 6 Anexos técnicos.

El protocolo del 73, está conformado por una veintena de artículos, en los que se detallan distintos tipos de cuestiones, tales como, obligaciones generales en virtud del convenio, definiciones importantes, ámbito de aplicación, transgresiones,

¹ Véase el Artículo 14 1) del Convenio MARPOL: "Todo Estado, al tiempo de firmar, ratificar, aceptar, aprobar el presente Convenio o adherirse al mismo, podrá declarar que no acepta alguno o ninguno de los anexos III, IV y V (a los que se designará en adelante anexos facultativos) del presente Convenio. A reserva de lo anterior, las Partes en el Convenio quedarán obligadas por cualquiera de los anexos en su totalidad”.



certificados y reglas especiales sobre la inspección de los buques, etc.

El protocolo del 78, como se dijo anteriormente, trata de abarcar un ámbito mayor en la lucha contra la contaminación que su predecesor, así como acelerar la implementación del Anexo I, y concede un plazo de 3 años para implementar las disposiciones del Anexo II desde la entrada en vigor del presente protocolo. Los artículos del mismo son nueve e incluyen: obligaciones del convenio; aplicación del Anexo II; comunicación de información; Firma, ratificación, aceptación, aprobación y adhesión; entrada en vigor; enmiendas; denuncia y depositario.

En cada anexo se disponen una serie de reglas cuyo objetivo es reducir al mínimo la contaminación provocada por “*el derrame accidental, negligente o deliberado de hidrocarburos u otras sustancias perjudiciales por los buques*”. En algunos de los anexos se detallan las zonas especiales en las que se realizan estrictos controles para prevenir la contaminación, y cada uno se centra en un tipo de contaminante distinto:

- Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos (*entrada en vigor: 2 de octubre de 1983*).
- Anexo II: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel (*entrada en vigor: 2 de octubre de 1983*).
- Anexo III: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos (*entrada en vigor 1 de julio de 1992*).
- Anexo IV: Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques (*entrada en vigor: 27 de septiembre de 2003*).
- Anexo V: Reglas para prevenir la contaminación ocasionada por las basuras de los buques (*entrada en vigor: 31 de diciembre de 1988*).
- Anexo VI: Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques (*entrada en vigor: 19 de mayo de 2005*).

Es el Anexo V el en el que se hace referencia específica y trata el tema de la prevención de la contaminación marina por plásticos. Dicho anexo ha estado sujeto a diversas revisiones y enmiendas desde su entrada en vigor en 1988.



Se compone de 9 reglas:

- Regla 1: Definiciones.
- Regla 2: Ámbito de aplicación.
- Regla 3: Descarga de basuras fuera de las zonas especiales.
- Regla 4: Prescripciones especiales para la eliminación de basuras.
- Regla 5: Eliminación de basuras en las zonas especiales.
- Regla 6: Excepciones.
- Regla 7: Instalaciones y servicios de recepción.
- Regla 8: Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto.
- Regla 9: Rótulos, planes de gestión de basuras y mantenimiento de registros de basuras.

Este anexo, recoge los criterios necesarios para prevenir la contaminación por basuras, prohibiendo su descarga al mar con excepción a lo establecido en las reglas 4, 5 y 6.

A continuación se hará un resumen de cada regla, mencionándose las partes que tienen relación o afectan a la prevención de la contaminación marina por plásticos.

En el apartado 1) de la Regla 1, se define como basuras *“toda clase de restos de víveres salvo el pescado fresco y cualesquiera porciones del mismo, así como los residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario del buque en condiciones normales de servicio, los cuales suelen echarse continua o periódicamente; este término no incluye las sustancias definidas o enumeradas en otros anexos del presente Convenio”*.

La Regla 2, (Ámbito de aplicación) dice que *“A menos que se prescriba expresamente otra cosa, las disposiciones del presente anexo se aplicarán a todos los buques”*.

Asimismo, en el apartado 1) de la Regla 3 (Descarga de basuras fuera de las zonas especiales) se expone:



“1) A reserva de lo dispuesto en las reglas 4, 5 y 6 del presente anexo:

a) se prohíbe echar al mar toda materia plástica, incluidas, sin que la enumeración sea exhaustiva, la cabullería y redes de pesca de fibras sintéticas, las bolsas de plástico para la basura y las cenizas de incinerador de productos de plástico que puedan contener residuos tóxicos o de metales pesados”.

El apartado 1) de la Regla 4 (Prescripciones especiales para la eliminación de basuras) hace referencia a la eliminación de basuras desde plataformas fijas o flotantes (incluyéndose los residuos plásticos):

“1) A reserva de lo dispuesto en el párrafo 2) de esta regla se prohíbe echar al mar cualesquiera materias reguladas por el presente anexo desde las plataformas, fijas o flotantes, dedicadas a la exploración, explotación y consiguiente tratamiento, en instalaciones mar adentro, de los recursos minerales de los fondos marinos, y desde todo buque que se encuentre atracado a dichas plataformas o este a menos de 500 m de distancia de las mismas”.

“2) Los restos de comida previamente pasados por un desmenuzador o triturador podrán echarse al mar desde tales plataformas, fijas o flotantes, cuando estén situadas a más de 12 millas marinas de tierra y desde todo buque que se encuentre atracado a dichas plataformas o este a menos de 500 m de las mismas. Dichos restos de comida estarán lo bastante desmenuzados o triturados como para pasar por cribas con mallas no mayores que 25 mm”.

La Regla 5 del Anexo, (Eliminación de basuras en las zonas especiales), define y delimita aquellas zonas que por sus condiciones oceanográficas y ecológicas y el carácter particular de su tráfico marítimo, necesitan una mención particular:

“1) A los efectos del presente anexo las zonas especiales son la zona del mar Mediterráneo, la zona del mar Báltico, la zona del mar Negro, la zona del mar Rojo, la “zona de los Golfos”, la zona del mar del Norte, la zona del Antártico y la región del Gran Caribe, incluidos el golfo de México y el mar Caribe”.



En los siguientes subapartados de la regla se hace una definición específica en términos de latitud y longitud de las regiones que abarcan dichas zonas especiales.

El apartado 2 de la presente regla, vuelve a hacer mención a la descarga de plásticos en las zonas especiales:

“2) A reserva de lo dispuesto en la regla 6 del presente anexo:

a) se prohíbe echar al mar:

i) toda materia plástica, incluidas, sin que la enumeración sea exhaustiva, la caballería y redes de pesca de fibras sintéticas, las bolsas de plástico para la basura y las cenizas de incinerador de productos de plástico que puedan contener residuos tóxicos o de metales pesados”. Asimismo, en los apartados 4 y 5 de la Regla, se detalla la obligación de los estados parte, a incorporar en el menor periodo de tiempo instalaciones y servicios de recepción de residuos portuarios en las zonas especiales.

La Regla 6, *Excepciones*, dice que:

“Las reglas 3, 4 y 5 del presente anexo no se aplicaran:

a) a la eliminación, echándolas por la borda, de las basuras de un buque cuando ello sea necesario para proteger la seguridad del buque y de las personas que lleve a bordo o para salvar vidas en el mar; ni

b) al derrame de basuras resultantes de averías sufridas por un buque o por sus equipos siempre que antes y después de producirse la avería se hubieran tomado toda suerte de precauciones razonables para atajar o reducir a un mínimo tal derrame; ni

c) la pérdida accidental de redes de pesca de fibras sintéticas, siempre que se hubieran tomado toda suerte de precauciones razonables para impedir tal pérdida”.

La Regla 7 (Instalaciones y servicios de recepción) insta a todos los Gobiernos del Convenio (inclusive aquellos estados que no sean ribereños de las zonas especiales) a que garantice que *“los puertos y terminales se establecerán instalaciones y servicios de recepción de basuras con capacidad adecuada para*



que los buques que las utilicen no tengan que sufrir demoras innecesarias” y a que notifiquen a la Organización para que ésta lo comunique a las Partes interesadas, “todos los casos en que las instalaciones y servicios establecidos en cumplimiento de esta regla les parezcan inadecuados”.

La Regla 8 (Supervisión de las prescripciones operacionales por el Estado rector del puerto) establece las obligaciones de los estados Parte a someter a inspecciones por personal autorizado, a todo buque que muestre claros indicios de que *“el capitán o la tripulación no están familiarizados con los procedimientos esenciales de a bordo relativos a la prevención de la contaminación por basuras”*, y a que se tomen las medidas oportunas para que el buque no zarpe hasta que se solvante la situación de conformidad de lo prescrito en el anexo.

Por último, en la Regla 9 (Rótulos, planes de gestión de basuras y mantenimiento de registros de basuras) se dice que todo buque de eslora igual o superior a 12 metros deberá disponer de rótulos en los que se notifiquen a la tripulación y a los pasajeros las prescripciones sobre eliminación de basuras, en el idioma de trabajo del personal del buque o en su defecto en inglés, francés o español.

Del mismo modo, todo buque de arqueado bruto igual o superior a 400 toneladas o que esté autorizado a transportar 15 personas o más tendrá un plan de gestión de basuras que la tripulación deberá cumplir.

El apartado 3) de la presente regla dice: *“Todo buque de arqueado bruto igual o superior a 400 toneladas y todo buque que este´ autorizado a transportar 15 personas o más, que realice viajes a puertos o terminales mar adentro que estén bajo la jurisdicción de otras Partes en el Convenio, y toda plataforma fija o flotante empleada en la exploración y explotación del fondo marino llevará un Libro registro de basuras”*, y se especifican todas las operaciones de gestión de residuos que deberán quedar detalladas en el mismo.



El apartado 5) recuerda que *“La autoridad competente del gobierno de una Parte en el Convenio podrá inspeccionar el Libro registro de basuras a bordo de cualquier buque al que se aplique el presente anexo mientras el buque esté en uno de sus puertos o terminales mar adentro y podrá sacar copia de cualquier anotación que figure en dicho Libro y exigir al capitán del buque que certifique que es una copia auténtica.”*

A continuación se incluye un cuadro resumen de las disposiciones de descarga del MARPOL 73/78, así como el modelo de registro de basuras del buque en el que se detallan las anotaciones a cubrir en caso de descarga o incineración de cualquier tipo de basuras, incluidos los plásticos:



Resumen simplificado de las disposiciones de descarga del Anexo V de MARPOL que entró en vigor el 1 de enero de 2013.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD: Se pueden aplicar requisitos adicionales.

Este resumen simplificado es solo para fines de información o referencia y no pretende ser un sustituto para las disposiciones generales en el Anexo V revisado de MARPOL (resolución MEPC.201 (62)) o en el Directrices de 2012 para la implementación del Anexo V de MARPOL (resolución MEPC.219 (63)).

Tipo de basura	Buques fuera de áreas especiales	Buques dentro de áreas especiales	Plataformas marinas (más de 12 mn. Desde tierra) y todos los buques dentro de los 500m. de ellas
Desechos de alimentos desmenuzados o triturados	Descarga permitida ≥ 3 mn de tierra más próxima, en ruta y tan lejos como sea posible	Descarga permitida ≥ 12 mn de tierra más próxima, en ruta y tan lejos como sea posible	Descarga permitida
Desechos de alimentos NO desmenuzados o triturados	Descarga permitida ≥ 12 mn de tierra más próxima, en ruta y tan lejos como sea posible	Descarga prohibida	Descarga prohibida
Residuos de carga ¹ NO contenidos en aguas de lavado	Descarga permitida ≥ 12 mn de tierra más próxima, en ruta y tan lejos como sea posible	Descarga prohibida	Descarga prohibida
Residuos de carga ¹ contenidos en aguas de lavado	Descarga permitida ≥ 12 mn de tierra más próxima, en ruta y tan lejos como sea posible	Descarga permitida solo en circunstancias específicas ² y ≥ 12 mn de tierra más próxima, en ruta	Descarga prohibida
Agentes y aditivos ¹ de limpieza contenidos en aguas de lavado de bodegas de carga	Descarga permitida	Descarga permitida solo en circunstancias específicas ² ≥ 12 mn de tierra más próxima, en ruta	Descarga prohibida
Agentes y aditivos ¹ de limpieza contenidos en aguas de lavado de cubiertas y áreas exteriores	Descarga permitida	Descarga permitida	Descarga prohibida
Cadáveres de animales llevados como carga y que murieron durante el viaje	Descarga permitida Tan lejos de tierra más próxima como sea posible y en ruta	Descarga prohibida	Descarga prohibida
Todas las otras basuras incluyendo Plásticos, cabuyería, artes de pesca, bolsas plásticas de basura, cenizas del incinerador, escorias, aceite de cocina, materiales flotantes de estiba, revestimientos de embalaje, papel, trapos, vidrios, metales, botellas loza y residuos similares	Descarga prohibida	Descarga prohibida	Descarga prohibida
Basuras mezcladas	Cuando las basuras estén mezcladas o contaminadas por otras sustancias cuya descarga esté prohibida o de prescripción de descarga distintas, se aplicarán las prescripciones más rigurosas		

1 Estas sustancias no deben ser perjudiciales para el medio marino.

2 De acuerdo con la regla 6.1.2 del Anexo V de MARPOL, la descarga solo se permitirá si: (a) tanto el puerto de la salida y el siguiente puerto de destino están dentro del área especial y el barco no transitará fuera del área especial entre estos puertos (regla 6.1.2.2); y (b) si no hay instalaciones de recepción adecuadas en esos puertos (regla 6.1.2.3)



Apéndice del Anexo V

Modelo de Libro registro de basuras

LIBRO REGISTRO DE BASURAS

Nombre del buque: _____

Números o letras distintivos: _____

Número de la OMI: _____

Periodo: _____ desde: _____ hasta: _____

1 Introducción

Conforme a lo prescrito en [la regla 9 del Anexo V](#) del Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (MARPOL 73/78), debe mantenerse un registro de todas las operaciones de descarga o incineración de basuras realizadas, incluidas las descargas en el mar, en instalaciones de recepción o en otros buques.

2 Basuras y gestión de basuras

Por basuras se entiende toda clase de restos de alimentos, así como los desechos resultantes de las faenas domésticas y de las operaciones normales del buque, salvo el pescado fresco y sus partes, que pueda ser necesario eliminar continua o periódicamente, con excepción de las sustancias que se definen o enumeran en otros anexos del MARPOL 73/78 (tales como hidrocarburos, aguas sucias o sustancias nocivas líquidas).

Para la correspondiente información se consultarán [las Directrices para la implantación del Anexo V](#) del MARPOL 73/78*.

3 Descripción de las basuras

Para los efectos del presente libro registro, las basuras se agruparán en las siguientes categorías:

- 1 plásticos;
- 2 tablas de estiba, soleras y materiales de embalaje flotantes;

* Véanse [las Directrices para la implantación del Anexo V](#) del MARPOL 73/78; véase la publicación IMO-656E.



Anexo V del MARPOL 73/78

- 3 productos de papel, trapos, vidrio, metales, botellas, loza, etc., triturados;
- 4 productos de papel, trapos, vidrio, metales, botellas, loza, etc.;
- 5 restos de alimentos;
- 6 cenizas del incinerador.

4 Anotaciones en el Libro registro de basuras

4.1 Se hará una anotación en el Libro registro de basuras en cada una de las ocasiones siguientes:

- a) Cuando se descarguen basuras en el mar:
 - i) fecha y hora de la descarga;
 - ii) situación del buque (latitud y longitud);
 - iii) categoría de basuras descargadas;
 - iv) volumen estimado de la descarga de cada categoría, en m³;
 - v) firma del oficial encargado de la operación.
- b) Cuando se descarguen basuras en instalaciones de recepción o en otros buques:
 - i) fecha y hora de la descarga;
 - ii) puerto o instalación, o nombre del buque;
 - iii) categoría de basuras descargadas;
 - iv) volumen estimado de la descarga de cada categoría, en m³;
 - v) firma del oficial encargado de la operación.
- c) Cuando se incineren basuras:
 - i) fecha y hora de comienzo y final de la incineración;
 - ii) situación del buque (latitud y longitud);
 - iii) volumen estimado de basuras incineradas, en m³;
 - iv) firma del oficial encargado de la operación.
- d) Descargas accidentales u otras descargas excepcionales de basuras:
 - i) hora del acaecimiento;
 - ii) puerto o situación del buque en el momento del acaecimiento;
 - iii) volumen estimado y categoría de basuras descargadas;
 - iv) circunstancias de la eliminación, derrame o pérdida, sus razones, y observaciones generales.

Anexo V
Anexo V del MARPOL 73/78
REGISTRO DE DESCARGAS DE BASURAS

Nombre del buque: _____ Número o letras distintivos: _____ Número IMO: _____

Categorías de basuras:

- 1: Plásticos
- 2: Tablas de estiba, soleras y materiales de embalaje flotantes
- 3: Productos de papel, trapos, vidrio, metales, botellas, loza, etc., triturados
- 4: Productos de papel, trapos, vidrio, metales, botellas, loza, etc.
- 5: Desechos de alimentos
- 6: Cenizas de incinerador excepto las de productos de plástico que puedan contener residuos tóxicos o de metales pesados

NOTA: LA DESCARGA DE CUALQUIER TIPO DE BASURAS QUE NO SEAN DESECHOS DE ALIMENTOS ESTÁ PROHIBIDA EN LAS ZONAS ESPECIALES. SÓLO SE DEBEN AGRUPAR POR CATEGORÍAS LAS BASURAS DESCARGADAS EN EL MAR. EN EL CASO DE LAS BASURAS QUE NO SEAN DE LA CATEGORÍA 1 DESCARGADAS EN INSTALACIONES DE RECEPCIÓN, ÚNICAMENTE ES NECESARIO ESPECIFICAR SU VOLUMEN TOTAL ESTIMADO.

Fecha/hora	Situación del buque	Volumen estimado de basuras descargadas en el mar (m ³)						Volumen estimado de basuras de basuras incineradas (m ³)	Certificación/ Firma
		Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	Cat. 6	Volumen estimado de basuras descargadas en instalaciones de recepción o en otro buque (m ³)		

Firma del capitán: _____ Fecha: _____

En conclusión, en el Anexo V del Marpol 73/78, queda totalmente prohibida la descarga de plásticos desde buques y plataformas, en cualquier zona del océano. Por tanto, este es el documento hasta la fecha más importante en lo que a prevención de la contaminación marina por plásticos desde buques o plataformas flotantes se refiere.

7.4. Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982 (UNCLOS)

Es considerada como uno de los tratados multilaterales más importantes hasta la fecha, y tiene por objeto establecer un sistema universal y estandarizado para el uso de los océanos del planeta. Supuso un antes y un después para la expansión del derecho internacional estableciendo las primeras bases legales en lo que a derecho marítimo se refiere, y estableciendo normas relativas al uso de los océanos y su soberanía. También ofrece una amplia gama de contribuciones para la prevención por contaminación, incluyendo la contaminación por plásticos.

En primer lugar, el texto delimita las distintas zonas en las que se subdividen los mares y océanos, introduciendo conceptos como el de línea base y delimitando las aguas interiores, el mar territorial, la zona contigua, la zona económica exclusiva, la plataforma continental y finalmente alta mar.



Figura 32: Espacios marítimos y aéreos delimitados por la UNCLOS.



También define otros términos importantes como el derecho de paso inocente, reconociendo de forma legal los derechos de libertad de navegación siempre y cuando no se interfiera gravemente con las legislaciones de los estados ribereños.

La convención asigna a los estados parte responsabilidades para aprobar una legislación que haga cumplir las normas anticontaminación y de protección de la flora y fauna marinas dentro de estas zonas designadas.

Es importante resaltar que tanto en la convención de Londres como la UNCLOS, se refieren al vertido como “*la eliminación deliberada de residuos*” excluyendo toda descarga accidental de los mismos, lo que favorece a irregularidades y dificultad de que exista un cumplimiento exhaustivo del propio vertido de residuos.

A pesar de que en la UNCLOS todavía se encuentran algunas lagunas jurídicas respecto a la aplicación de algunas normas, no cabe duda de que en comparación al convenio de Londres es una versión mejorada por el mandato que obliga a los estados parte a que adopten leyes y medidas para “*prevenir, reducir y controlar la contaminación del medio marino por vertidos*”.

En lo que a contaminación plástica se refiere, la definición que introduce la UNCLOS de “*contaminación del medio marino*” refuerza los convenios anteriores en lo que se refiere a la contaminación por este material:

“Por “contaminación del medio marino” se entiende la introducción por el hombre, directa o indirectamente, de sustancias o de energía 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 de las actividades marítimas, incluidos 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”.



8. CONCLUSIÓN

El plástico es un material que resulta indispensable para la sociedad a día de hoy a todos los niveles. Casi todas las actividades que llevamos a cabo a lo largo del día incluyen algún elemento plástico. Sin embargo, parece que la sociedad en general aún no está concienciada de las repercusiones que tienen ciertas acciones o actitudes de su vida diaria a su alrededor.

El mar supone dos terceras partes de la superficie del planeta Tierra y, año tras año, se está viendo degradado por el comportamiento irracional de los seres humanos. El modelo de economía lineal, en el que una vez que un elemento ha llegado al final de su vida útil tiene como único fin la basura, está provocando que nuestros mares se llenen de desechos que muy probablemente persistan con el paso de los siglos. La concienciación juega un papel imprescindible en la lucha contra la contaminación. La divulgación de este tipo de problemas, la exposición de hechos documentados, o simplemente una conversación con amigos y familiares sobre el tema, sirven para que poco a poco la sociedad conozca mejor las consecuencias de un consumo irracional e irresponsable cuyas consecuencias pueden padecerse durante décadas.

Las “Islas de basura” son una realidad en nuestros océanos, y su eliminación además de ser compleja es sumamente costosa, representando la punta del iceberg en lo que a contaminación plástica se refiere. Si no hay un cambio radical de comportamiento a nivel personal, muy probablemente acabaremos viendo en nuestras playas y costas más basura que naturaleza.

En lo que se refiere al transporte marítimo, éste ha contribuido en parte al problema de la contaminación. Hasta la entrada en vigor del anexo V del MARPOL, la legislación existente no prohibía rotundamente la descarga de plásticos desde barcos o plataformas. Durante muchos años, las descargas ilegales, al igual que los accidentes debidos a negligencias o errores humanos, supusieron una fuente importante de entrada de residuos al mar. A día de hoy dicha problemática está más controlada, pero siguen existiendo campos en los



que la mejora es necesariamente inmediata para la protección del medio marino, como el caso del Convenio de Hong Kong. La industria del transporte marítimo, no se puede permitir más errores como los de la segunda mitad del siglo pasado, en los que por falta de consenso político entre diferentes Naciones había una ausencia clara de legislación respecto al tema de la contaminación.

La conclusión final del presente trabajo es que todos, de forma colectiva pero aún más importante, a nivel individual, tenemos la opción de revertir y sobre todo controlar nuestro impacto en el medio ambiente. Además, las buenas prácticas en el ámbito laboral, el cumplimiento de las normativas y la prevención de riesgos son fundamentales. El conocimiento y cumplimiento de estos aspectos, además de ser un requerimiento a nivel empresarial, son un deber del trabajador para consigo y sus compañeros de profesión. Así mismo, fuera del entorno laboral, es obligación de todos cumplir unos mínimos educacionales en cuanto a la protección del medio ambiente. Por todo esto y más, espero que este trabajo suponga, para los que puedan leerlo, un impulso a nivel individual con el fin de mejorar sus hábitos para con la sociedad y el medio ambiente en general.



9. BIBLIOGRAFIA

Kaiser, J. (2010). The dirt on Ocean garbage patches. *Science*.

<https://doi.org/10.1126/science.328.5985.1506>

Blomberg, L. (2011). THE GREAT PACIFIC GARBAGE PATCH. E: The Environmental Magazine.

Science for Sustainable Oceans. (n.d.). Retrieved from www.imo.org

Jeftic, L., Sheavly, S., & Adler, E. (2009). Marine Litter: A global Challenge.

Retrieved from www.unep.org/regionalseas

Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025>

Van Franeker, J. A., & Law, K. L. (2015). Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. *Environmental Pollution*.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.02.034>

Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borroero, J. C., ... Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Xanthos, D., & Walker, T. R. (2017). International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.048>

Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., & Janssen, C. R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013>

Koelmans, A. A., Besseling, E., & Foekema, E. M. (2014). Leaching of plastic additives to marine organisms. *Environmental Pollution*.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.013>

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)

Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends.



Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 364(1526), 2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>

The Basics: Polymer Definition and Properties. (n.d.). Retrieved October 16, 2018, from <https://plastics.americanchemistry.com/plastics/The-Basics/>

Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)

Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & Vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>

American Chemistry Council. (2006). *The Basics: Polymer Definition and Properties*.

Depledge, M. H., Galgani, F., Panti, C., Caliani, I., Casini, S., & Fossi, M. C. (2013). Plastic litter in the sea. *Marine Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.10.002>

Gigault, J., Halle, A. ter, Baudrimont, M., Pascal, P. Y., Gauffre, F., Phi, T. L., -* Reynaud, S. (2018). Current opinion: What is a nanoplastic? *Environmental Pollution*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.024>

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>

Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., ... Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Royal Society of Chemistry (Great Britain). (2013). *Environmental science : processes & impacts*. RSC Publishing.

Andrady, A. L., Neal, M. A., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1526), 1977–1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>

Gewert, B., Plassmann, M. M., MacLeod, M., & Plassmann, M. M. (2015). Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(9), 1513–1521. <https://doi.org/10.1039/C5EM00207A>

Shogren, R. L., Fanta, G. F., Doane, W. M., & Shogren, R. L. (1993). Development of Starch Based Plastics - A Reexamination of Selected Polymer Systems in



Historical Perspective. *Starch - Stärke*, 45(8), 276–280.

<https://doi.org/10.1002/star.19930450806>

Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1526), 2115–2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>

Derraik, B. (n.d.). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review Jose e G. Retrieved from www.elsevier.com/locate/marpolbul

Jeftic, L., Sheavly, S., & Adler, E. (2009). *Marine Litter: A global Challenge*. Retrieved from www.unep.org/regionalseas

Chereskin, T. K., & Price, J. F. (2008). Ekman Transport and Pumping. In *Encyclopedia of Ocean Sciences: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00155-7>

Ninaber, E. (2011). MARPOL Annex V, Commercial Ships, and Port Reception Facilities: Making It Work. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8486-1_20

Pedlosky, J. (1990). The dynamics of the oceanic subtropical gyres. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.248.4953.316>

Wilcox, C., Heathcote, G., Goldberg, J., Gunn, R., Peel, D., & Hardesty, B. D. (2015). Understanding the sources and effects of abandoned, lost, and discarded fishing gear on marine turtles in northern Australia. *Conservation Biology*. <https://doi.org/10.1111/cobi.12355>

Dewar, W. K., & Rhines, P. B. (1986). Modeling the oceanic general circulation. In *Eos, Transactions American Geophysical Union*. <https://doi.org/10.1029/EO067i018p00444-02>

Goñi, R. (1998). Ecosystem effects of marine fisheries: An overview. *Ocean and Coastal Management*. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(98\)00037-4](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(98)00037-4)

Sesini, M. (2011). *The Garbage Patch in the Oceans: the problem and possible solutions*. Earth Institution - Columbia University.

McIntyre, A. D. (2002). Marine debris. *Marine Pollution Bulletin*. [https://doi.org/10.1016/s0025-326x\(97\)00103-3](https://doi.org/10.1016/s0025-326x(97)00103-3)

Van Sebille, E., England, M. H., & Froyland, G. (2012). Origin, dynamics and evolution of ocean garbage patches from observed surface drifters. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044040>

Joyner, C. C., & Frew, S. (1991). Plastic pollution in the marine environment. *Ocean Development and International Law*. <https://doi.org/10.1080/00908329109545949>



Mclendon, R. (2018). What is the Great Pacific Ocean Garbage Patch? Mother Nature Network.

Julian, M. (2018). MARPOL 73/78: the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships. *Maritime Studies*.

<https://doi.org/10.1080/07266472.2000.10878605>

Wylie, P. E. (2016). The Coriolis Effect. *Journal of the Royal Aeronautical Society*.

<https://doi.org/10.1017/s0368393100126744>

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>

Phillips, N. A. (2000). An explication of the coriolis effect. *Bulletin of the American Meteorological Society*. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<0299:AEOTCE>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0299:AEOTCE>2.3.CO;2)

Kukulka, T., Proskurowski, G., Morét-Ferguson, S., Meyer, D. W., & Law, K. L. (2012). The effect of wind mixing on the vertical distribution of buoyant plastic debris. *Geophysical Research Letters*. <https://doi.org/10.1029/2012GL051116>

Geographic, N. (2015). Great Pacific Garbage Patch. In *National Geographic*.

Marine Environment Protection Committee. (2012). 2012 Guidelines for the Implementation of MARPOL ANNEX V. 2012.

Bergmeijer, P. (2013). The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships. In *Ports As Nodal Points in a Global Transport System*.

<https://doi.org/10.1016/b978-0-08-040994-8.50026-7>

Persson, A. (1998). How Do We Understand the Coriolis Force? *Bulletin of the American Meteorological Society*. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<1373:HDWUTC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<1373:HDWUTC>2.0.CO;2)

Cózar, A., Sanz-Martín, M., Martí, E., González-Gordillo, J. I., Ubeda, B., Á.gálvez, J. Duarte, C. M. (2015). Plastic accumulation in the mediterranean sea. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>

Pickett, M. H. (2003). Ekman transport and pumping in the California Current based on the U.S. Navy's high-resolution atmospheric model (COAMPS). *Journal of Geophysical Research*. <https://doi.org/10.1029/2003JC001902>

Kaiser, J. (2010). The dirt on Ocean garbage patches. *Science*.

<https://doi.org/10.1126/science.328.5985.1506>

International Maritime Organization. (2014). Special Areas Under MARPOL. *Pollution Prevention*. <https://doi.org/10.1074/jbc.271.7.3938>

Frey, O. T., & DeVogelaere, A. P. (2014). The Containerized Shipping Industry and



the Phenomenon of Containers Lost at Sea. Marine Sanctuaries Conservation Series.

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

Blomberg, L. (2011). THE GREAT PACIFIC GARBAGE PATCH. E: The Environmental Magazine.

Yan, Y. Y. (2005). Coriolis effect. In *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8_60

Vallis, G. K. (2017). Atmospheric and oceanic fluid dynamics: Fundamentals and large-scale circulation, second edition. *Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics: Fundamentals and Large-Scale Circulation, Second Edition*. <https://doi.org/10.1017/9781107588417>

Brown, J., & Macfadyen, G. (2007). Ghost fishing in European waters: Impacts and management responses. *Marine Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2006.10.007>

Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*.

Laist, D. W. (2011). Impacts of Marine Debris: Entanglement of Marine Life in Marine Debris Including a Comprehensive List of Species with Entanglement and Ingestion Records. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8486-1_10

Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>

UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.

Ec.europa.eu. (2019). [online] Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf [Accessed 10 May 2019].

GESAMP (2016). “Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment” (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/ UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93,



Marinedebris.noaa.gov. (2019). Garbage Patches | OR&R's Marine Debris Program. [online] Disponible en: <https://marinedebris.noaa.gov/info/patch.html> [Accessed 10 May 2019].

Fao.org. (2019). Global Record of Fishing Vessels, Refrigerated Transport Vessels and Supply Vessels | Food and Agriculture Organization of the United Nations. [online] Disponible en: <http://www.fao.org/global-record/en/>

UN Environment. (2019). UN Environment. [online] Disponible en: <https://www.unenvironment.org/es> [Accessed 10 May 2019].

Elisa Rojo-Nieto, Tania Montoto (2017) Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global

(Boyan Slat et al.) (2014) How the oceans can clean themselves. A feasibility study.

Archivo-es.greenpeace.org. (2019). [online] Disponible en: http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/Plasticos_en_el_pescado_y_el_mariscoLR.pdf

Fomento.gob.es. (2019). [online] Disponible en: https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/marpol_articulos.pdf [Accessed 10 May 2019].

Ingenieromarino.com. (2019). [online] Disponible en: <https://ingenieromarino.com/wp-content/uploads/marpol-73-78previo-a-1997.pdf> [Accessed 10 May 2019].

<https://www.fomento.gob.es/>

<http://www.imo.org/es/Paginas/Default.aspx>

<http://www.fao.org/home/es/>

Fao.org. (2019). Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/011/i0620e/i0620e.pdf>

www.antartida.gob.ar

MARPOL edición refundida 2011



10. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales tipos de termoplásticos.

<https://mundoverdecologico.wordpress.com/2013/06/25/tipos-de-plastico/>

Tabla 2: Algunos polímeros comunes.

Elaboración propia con datos de: UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

Tabla 3: Cuadro resumen del plástico y algunos usos.

Elaboración propia con datos de: GESAMP (2015). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment" (Kershaw, P. J., ed.).

Tabla 4: Aditivos químicos comunes y funciones.

Elaboración propia con datos de: UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

Tabla 5: Porcentaje de plástico hallado en basuras en distintas regiones.

Elaboración propia con datos de: The pollution of the marine environment by plastic debris: a review , Derraik, (2002).

Tabla 6: Densidades de distintos tipos de plásticos con relación al agua.

Elaboración propia con datos de: UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

Tabla 7: Sectores que generan basura plástica.

Elaboración propia con datos de: GESAMP (2016). "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment" (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds).

Tabla 8: Demanda Europea de plásticos por industria (2017).

Plastics Europe – The Facts (2018)

Tabla 9: Efectos de la ingestión de plástico en organismos vivos.

Elaboración propia con datos de: UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

11. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:

http://www.fondear.org/infonautic/mar/El_Mar/Playas-Plasticos/Oceanos-Muertos.asp

Figura 2:

UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

Figura 3



https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/grandes-reportajes/desguazadores-de-barcos_8200/2

Figura 4:

https://es.wikipedia.org/wiki/Curtis_Ebbesmeyer

Figura 5:

UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

Figura 6:

<https://nmssanctuaries.blob.core.windows.net/sanctuaries-prod/media/archive/science/conservation/pdfs/lostcontainers.pdf>

Figura 7:

<https://nmssanctuaries.blob.core.windows.net/sanctuaries-prod/media/archive/science/conservation/pdfs/lostcontainers.pdf>

Figura 8:

UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

Figura 9:

UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics

Figura 10:

https://elpais.com/elpais/2018/11/20/mundo_animal/1542713402_655410.html

Figura 11:

<https://oliveridleyproject.org/>

Figura 12:

http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/16/16268/BloqueF_IOF_0304_pd.pdf

Figura 13:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-N-8-Relacion-de-la-circulacion-de-los-vientos-y-las-corrientes-superficiales-que_fig7_320542817

Figura 14:

http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/16/16268/BloqueF_IOF_0304_pd.pdf

Figura 15:

http://rdurazo.ens.uabc.mx/educacion/ocefis/Dinamica_de_Ekman.pdf

Figura 16:

http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/oceanografia/teorico_oceanografia/cap6_2014.pdf

Figura 17:

<http://www.iupui.edu/~g115/mod10/lecture06.html>

Figura 18:

http://iprc.soest.hawaii.edu/newsletters/newsletter_sections/iprc_climate_vol8_2/tracking_ocean_debris.pdf

Figura 19:



<https://marinedebris.noaa.gov/info/patch.html>

Figura 20:

<https://phys.org/news/2018-03-pacific-plastic-dump-larger.html>

Figura 21:

<https://www.forbes.com/sites/jeffkart/2018/12/05/the-ocean-cleanup-isnt-capturing-plastic-but-organizers-are-testing-a-solution/#4df735cc1749>

Figura 22:

<https://www.theoceancleanup.com/technology/>

Figura 23:

<https://www.theoceancleanup.com/technology/>

Figura 24:

How the oceans can clean themselves – A Feasibility Study (Boyan Slat et al. 2014)

Figura 25:

<https://www.dezeen.com/2019/01/07/ocean-cleanup-suspended-pacific-plastic/>

Figura 26:

<https://www.theoceancleanup.com/technology/>

Figura 27:

<https://www.theoceancleanup.com/technology/>

Figura 28:

<https://www.farodevigo.es/mar/2018/08/24/tecnologia-gallega-mayor-recogida-residuos/1949756.html>

Figura 29:

<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsif.2009.0495>

Figura 30:

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Documents/Parties%20to%20the%20LCLP%20February%202019.pdf>

Figura 31:

<https://www.amnautical.com/products/marpol-consolidated-edition-2017#.XNL1CI4zbIU>

Figura 32:

<https://amti.csis.org/what-makes-an-island-land-reclamation-and-the-south-china-sea-arbitration/>