



**Universidad
de La Laguna**

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL**

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO: Gestión y control sanitario de las aguas de lastre en buques

Daniel Rodríguez González

6 de Julio de 2019

Director

Antonio Burgos Ojeda

Índice

1. Resumen	3
2. Abstract	3
3. Palabras clave	4
4. Key words	4
5. Introducción	5
6. Objetivos	6
6.1 Objetivos generales	6
6.2 Objetivos específicos	6
7. Antecedentes	7
7.1 Historia	7
7.2 Impacto ambiental de las aguas de lastre	7
7.3 Referencia a trabajos de investigación relacionados con el impacto ambiental de las aguas de lastre	9
7.4 Recursos y dispositivos a bordo en la gestión del agua de lastre	10
7.5 Normas relacionadas con las aguas de lastre	12
8. Material y métodos	13
9. Resultados	14
9.1 Marco referencial regulador de las aguas de lastre	14
A. Estructura del convenio	14
B. Definiciones	15
C. Ámbito de aplicación del convenio	16
D. Integración del convenio en la legislación nacional	16
E. Entrada en vigor	18
F. Implantación del convenio - legislación primaria	18
G. Legislación secundaria	18
9.2 Gestión del agua de lastre de los buques: prescripciones	19
9.3 Aplicaciones tecnológicas para eliminar la contaminación de las aguas de lastre	20
9.3.1 Sistemas de tratamiento de agua de lastre(BWMS)	21
a. Mecanismos de intercambio de agua de lastre	21
9.3.2 Tipos de tratamientos de agua de lastre	22
a. Tratamientos mecánico-físicos	23
b. Tratamientos térmicos	23
c. Tratamientos químicos	24
d. Métodos combinados	24

9.3.3 Ejemplos de tratamientos utilizados en buques.....	25
a. PureBallast® de Alfa Laval.....	25
b. JFE BallastAce®.....	26
9.4 Plan de gestión de aguas de lastre(BWMP).....	27
9.4.1 Libro de registro del agua de lastre(BWRB).....	28
9.5 Responsabilidades e implicaciones de las tripulaciones en la gestión de las aguas de lastre.....	29
9.6 Contaminación biológica e impacto ambiental de las aguas de lastre.....	39
9.6.1 Clases de especies invasoras.....	30
a. Las algas.....	30
b. Los dinoflagelados.....	31
c. Los moluscos.....	32
d. Los cangrejos.....	33
e. Estrellas de mar.....	34
f. Medusas.....	34
g. Peces.....	35
h. Organismos patógenos para la salud humana.....	35
9.7 Premisas y fundamentos para el muestreo del agua de lastre.....	36
10. Discusión.....	37
11. Conclusiones.....	38
12. Bibliografía y Referencias.....	39

1. Resumen

Este trabajo está basado en el estudio del impacto que tienen las aguas de lastre en el medio marino y en la salud pública, así como en las normativas que las regulan y las diferentes soluciones que se han dado a la problemática de las aguas de lastre.

Los organismos acuáticos perjudiciales y los agentes patógenos son una seria amenaza para los ecosistemas marinos y la salud pública, llegando a provocar la desaparición de especies, e incluso epidemias. Por ello se hace necesario un control de las aguas de lastre, ya que estas son un vector de propagación de gran calibre. Con el objetivo de ponerle freno, la OMI ha realizado el Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, en el que compromete a los Países a tomar conciencia del problema y actuar aplicando una serie de artículos y reglas en los buques que enarbolan su pabellón y los que navegan en la jurisdicción de sus aguas. Los buques que dispongan de tanques de lastre deberán incorporar un plan de gestión de aguas de lastre así como un libro de registro de las aguas de lastre. Deberán además incorporar sistemas de gestión que eliminen las amenazas de las aguas de lastre de manera eficiente.

2. Abstract

This work is based on the study of the impact that the ballast waters have on the marine environment and on public health, as well as on the regulations that regulate and the different solutions that have been given to the problem of the ballast waters.

Harmful aquatic organisms and pathogens agent are a serious threat to marine ecosystems and public health, trigger to the disappearance of species and epidemics. With the objective of halt this problem, the IMO has made the International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, with compromise the countries to become aware of the problem and enforce a series of articles and rules in the ships that wave your flag and navigate in the jurisdiction of it's waters. Ships that have ballast tanks must incorporate a ballast water management plan as well as a ballast water recorder book. They must also incorporate management systems that eliminate the threats of ballast water efficiently.

3. Palabras clave

Agua de lastre, Buque, Contaminación marina, Salud pública, BWM, Tecnologías de tratamiento.

4. Key words

Ballast water, Ship, Marine contamination, Public health, BWM, treatment technologies

5. Introducción

Uno de los aspectos más relevantes en los últimos años es la contaminación marina, siendo uno de los mayores retos a los que se enfrenta la OMI (Organización Marítima Internacional). Si bien es conocido en el ámbito de la vida cotidiana la problemática de los vertidos al mar, ya sea de hidrocarburos por accidentes marítimos, de aguas negras por un mal control de los emisarios, las increíbles cantidades de plástico y basura que son vertidas a los mares y océanos. En el ámbito marítimo desde principios de este siglo hasta la actualidad uno de los temas que mayor relevancia ha adquirido respecto a lo que a contaminación marina se refiere, son las aguas de lastre [1].

La agua de lastre se define como “el agua, con las materias en suspensión que contenga, cargada a bordo de un buque para controlar el asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos de este” [2], estas aguas alojada en el interior de los tanques de lastre de los buques contiene una infinidad de organismos, desde plantas o animales hasta bacterias, si a esto le añadimos que como causa de la globalización, el tráfico marítimo ha aumentado enormemente, y con ello la cantidad de buques que transportan agua en sus tanques de lastre hasta alcanzar cantidades desde centenares de litros hasta más de 100.000 toneladas de agua de lastre las cuales son depositadas en los puertos y ríos de todo el globo, nos podemos hacer una idea de la importancia del problema. Favoreciendo la homogeneización biológica de mares y océanos. [3][4]

Entorno a 10.000 especies marinas son transportadas todos los días por el mundo mediante este método. Esto ha sido confirmado por estudios que han encontrado todo tipo de organismos en las aguas de lastre, confirmando la invasión de hábitats por especies invasoras mediante este método de propagación. [5]

Estas aguas introducen especies invasoras en las aguas de todo el planeta provocando la pérdida de la biodiversidad, generando un gran impacto económico y produciendo una problemática en la salud pública por la propagación de bacterias [6], llegando incluso a provocar epidemias con miles de muertes [7]. En la actualidad, existen factores que incentivan el éxito de las invasiones y la destrucción de los ecosistemas como son la velocidad y el volumen de agua de los buques modernos [5].

Con la intención de poner freno a esta amenaza, la OMI creó en 2004 el Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques (BWM), en el cual compromete a los países a realizar un control de las aguas de lastre de los buques así como de sus descargas. Obligando a los buques

a incorporar un sistema de gestión de aguas de lastre (BWMS), el cual puede incorporar diferentes tipos de tecnologías y soluciones con el objetivo de eliminar esta amenaza de los tanques de lastre.[8]

Con este trabajo pretendo exponer, divulgar y concienciar sobre la problemática del agua de lastre y las consecuencias que sus vertidos indiscriminados producen. Es sorprendente el negativo impacto ambiental que producen las aguas de lastre en los ecosistemas marinos, llegando incluso a provocar la extinción de especies. El impacto económico que genera en la zona, acabando con un próspero sector pesquero como ha ocurrido en el Mar Caspio [9], por no mencionar la gran amenaza que genera a la salud pública, provocando la propagación de epidemias como la ocurrida en Perú en 1991[7]. Todo ello generado por el vertido indiscriminado de las aguas de lastre sin control alguno. Así como, la necesidad de que los oficiales responsables de las tripulaciones deben tener los conocimientos necesarios sobre la gestión de las aguas de lastre, cumpliendo con las competencias del convenio BWM e incluso con el reglamento STCW¹⁰, también exponer distintas soluciones tecnológicas y medidas legales que se han llevado a cabo con la intención de solucionar la problemática de las aguas de lastre.

6. Objetivos

1. Objetivo general

- Estudiar la problemática sanitaria relacionada con las aguas de lastre en buques, el impacto ambiental, su gestión y el control de las mismas.

2. Objetivos específicos

1. Establecer el marco legal internacional y nacional que regula la gestión y el control de las aguas de lastre
2. Conocer los antecedentes de investigación relacionados con el impacto y problemas que determinan las aguas de lastre desde un punto de vista químico, biológico e incluso generador de problemática de salud en las aguas de vertido indiscriminado.
3. Identificar y describir las infraestructuras tecnológicas de los diferentes sistemas a bordo para gestionar las aguas de lastre.
4. Concretar la problemática de salud pública que determina el vertido indiscriminado de las aguas de lastre.
5. Situación del cumplimiento del convenio en los puertos Españoles.

7. Antecedentes

1. Historia.

Desde los comienzos del transporte de mercancía a través del mar ha sido necesario el lastrado para asegurar la estabilidad de los buques.

El lastrado es la acción de alojar peso en el interior del buque para mantener el centro de gravedad por debajo de la línea de flotación y de esta manera asegurar la estabilidad del buque.

En la época de los barcos de madera se utilizaban principalmente piedras y sacos de arena para mantener el calado cuando el barco navegaba sin carga o con poca carga. No fue hasta el siglo XIX con el uso del acero para la construcción de los buques cuando se comenzó a utilizar el agua como lastre, esto fue necesario debido a los incrementos de la capacidad de carga de los buques lo que obligaba a incrementar el peso del lastre en gran medida, volviendo inviable el uso de piedras y sacos de arena por lo engorroso y lento que es su carga y descarga, es por esto que la solución que se adoptó es la de rellenar los tanques con agua de mar ya que es la manera más fácil, económica y rápida de lastrear. A la hora de deslastrear simplemente hay que devolver el agua al mar. Hoy en día esta práctica se ha vuelto habitual y los buques son construidos con tanques de lastre para controlar la estabilidad.

2. Impacto ambiental de las aguas de lastre

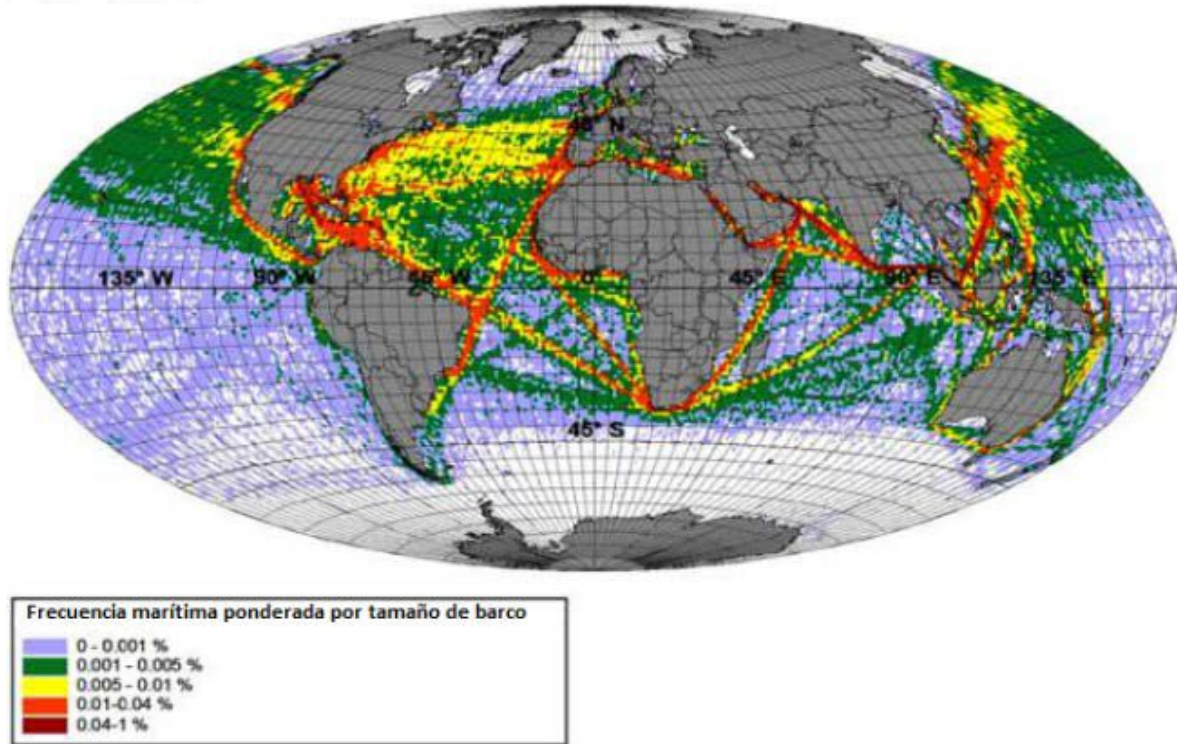
Las aguas de lastre contienen todo tipo de organismos acuáticos, todos ellos son depositados en otro ecosistema convirtiéndose en especies exóticas[10], extranjeras o invasoras[11], las cuales están consideradas la mayor amenaza para la diversidad biológica después de la destrucción del hábitat[12], siendo capaces muchas de ellas de prosperar en el nuevo medio.

Diariamente se estima que alrededor de 10.000 especies marinas son transportadas diariamente por este método[13] y que anualmente se mueven millones de litros de agua en todo el globo, constituyendo una amenaza de contaminación biológica, con impacto negativo en el medio ambiente, los ecosistemas y la salud pública[14].

Desde el principio de la historia de la navegación el ser humano ha favorecido la homogeneización de los océanos transportando especies de una parte a otras del mundo. Con los avances tecnológicos y el boom del transporte marítimo, los buques han incrementado enormemente en tamaño y en velocidad, además de que la flota

mundial no para de crecer por causa de la globalización. Todos estos factores influyen enormemente el incremento del transporte de especies y aceleran la homogeneización de los océanos.

Rutas marítimas a escala global



Fuente [12] adaptado por [5]

3. Referencia a trabajos de investigación relacionados con el impacto ambiental de las aguas de lastre.

Estudios realizados en tanques de lastre de varios buques en el puerto de Barcelona en 2005 revelaron la presencia en un solo tanque de hasta 40 especies de fitoplancton y 42 de zooplancton, determinando que cuanto mayor sea el tiempo que pasen en los tanques de lastre menor será la cantidad de organismos vivos [15].

Un estudio realizado por HELCOM¹/OSPAR² en el puerto de Rotterdam en Diciembre de 2014 demostró la presencia de hasta 32 especies invasoras procedentes de diferentes partes del mundo[16].

En estudios realizados por WWF³ en el puerto de Las Palmas de Gran Canaria se han avistado *Chiton cumingsii* (llamado cucaracha de mar y originario de América) en el 2012, en el puerto de Vizcaya se han avistado navajas americanas (*Ensis directus*) en 2011, especie de la cual se han observado ya varias veces y se encuentra en expansión. También en Vizcaya y en el estuario del Nervión se han encontrado ejemplares de *Theora lubrica* en 2010, este bivalvo originario de Japón ya se encuentra incorporada al ecosistema local. Respecto al *Chiton cumingsii* no se encontró impacto ambiental, por lo que se cree que no se ha podido establecer en el medio, sin embargo en el caso de las *Ensis directus* se han encontrado colonias que si se reproducen podrían llegar a desplazar a las especies locales. Los efectos del *Theora lubrica* por el contrario ya están afectando a las especies locales las cuales están siendo desplazadas, además este molusco es peligroso para la salud pública ya que almacena una gran cantidad de toxinas que en caso de ingesta pueden producir efectos negativos para la salud[17].

¹ Comisión de Helsinki o HELCOM es una organización internacional que gobierna la Convención para la Protección del Medio Ambiente Marino del Área del Mar Báltico. HELCOM trabaja para la protección del medio ambiente marino del mar Báltico

² Actual instrumento que regula la cooperación internacional sobre la protección del medio ambiente marino del Noreste Atlántico

³ World Wildlife Fund es la mayor organización conservacionista independiente en el mundo. Su misión es detener la degradación del ambiente natural del planeta y construir un futuro en el que los seres humanos vivan en armonía con la naturaleza

4. Recursos y dispositivos a bordo en la gestión del agua de lastre

El agua de mar es tomada de la llamada toma de mar, la cual es una apertura en el casco del buque por debajo de la línea de flotación y a través de la cual entra el agua de mar. En esta se encuentra un filtro mecánico por el que se evita el paso de algas, peces o moluscos que podrían dañar los siguientes elementos del sistema. A continuación se encuentra la aspiración de un grupo de bombas que impulsa el agua salada a los diferentes tanques de lastre distribuidos por el buque, normalmente se encuentran uno a popa otro a proa y es común encontrar también un tanques en babor y otro en estribor. Mediante un sistema de tuberías y electroválvulas se controla el llenado de cada tanque en función de lo requerido para mantener la estabilidad del buque.

Para el vaciado de los tanques de lastre se utilizan bombas que aspiran el agua almacenada en los tanques y la expulsan fuera del buque a través de unas tomas de descarga situadas por encima de la línea de flotación, un sistema de electroválvulas controlan la salida de agua de cada tanque de lastre [18].

Existen 2 grupos de intercambio de agua de lastre, los cuales se dividen en bombeo único y bombeo secuencial, cada uno de estos sistemas contienen diferentes medidas de seguridad respecto a factores como por ejemplo el nivel de presión de los tanques, los momentos flectores del casco o la resistencia de materiales.[5]

Métodos de intercambio de agua de lastre en el mar

MÉTODOS		
Bombeo único	SECUENCIAL	Cada tanque de agua de lastre se vacía y se vuelve a llenar con un lastre reemplazado que supere el 95% de volumen.
	FLUJO CONTINUO	Bombeo del agua de lastre de reemplazo permitiendo que el agua fluya o rebose.
Bombeo continuo	DILUCIÓN	Intercambio dentro del tanque del agua de lastre mediante su parte superior descargando simultáneamente el volumen de agua que se carga por la parte inferior.

Fuente: [19] adaptado por [5]

Estos métodos son factores importantes a tener en cuenta a la hora de elegir una tecnología de tratamiento de agua de lastre.

5. Normas relacionadas con las aguas de lastre.

- En 1991 el Comité de Gestión del Medio Ambiente Marino MEPC tomó la resolución MEPC 50(31) "*Directrices internacionales para impedir la introducción de organismos acuáticos y agentes patógenos indeseados que pueda haber en el agua de lastre y en los sedimentos descargados por los buques*".
- En 1992 En la conferencia de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) la cual fue celebrada en Río de Janeiro, se estableció el problema del agua de lastre como un problema internacional de gran importancia.
- En 1993 la asamblea de la OMI toma la resolución A.774(18) basada en la resolución de 1991. En la cual pedían una evaluación de las directrices por parte del MEPC y del MSC (Comité de Seguridad Marítimo de la OMI) de cara a la creación de un tratado internacional.
- En 1997 se adoptó la resolución A.868(20): "*Directrices para el control y la gestión del agua de lastre de los buques a fin de reducir la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos*".[1]
- En 2003 la OMI recomienda el intercambio de agua de lastre en mar abierto como método para controlar las especies invasoras.
- El 13 de Febrero de 2004 se adopta el "Ballast Water Management Convention" convenio BWM.
- El 18 de Enero de 2005 España firma el convenio BWM.
- En España Ley 41/2010 del 29 de Diciembre, Protección del Medio Marino.
- En España el Real Decreto 630/ 2013, conforma el catálogo de especies invasoras.
- El 22 de Noviembre de 2016 España publica el BOE "Instrumento de ratificación del Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, 2004, hecho en Londres el 13 de febrero de 2004".
- 8 Septiembre de 2017, entrada en vigor del convenio BWM.

8. Material y métodos

El ámbito material de nuestro estudio es en general la problemática sanitaria sobre la gestión y control del impacto ambiental provocado por las aguas de lastre, se inicia en la recopilación y estudio de la normativa reguladora; así como de las repercusiones ambientales, económicas y de salud pública que el vertido de las aguas de lastre produce.

La metodología utilizada se fundamenta en el método heurístico. Así, he consultado distintas fuentes consultas sobre las aguas de lastre en páginas web, trabajos de investigación, boletín oficial del estado, apuntes, libros, revistas, trabajos de fin de grado, descripciones de equipos técnicos, vídeos y actas de congresos. Se recopilaron los datos y la información que fundamenta este trabajo para las referencias bibliográficas y de internet aplicando las normas de Vancouver

9. Resultados

1. Marco referencial regulador de las aguas de lastre.

El 8 de Septiembre de 2017 entro en vigor el Convenio BWM correspondiendo en España con la ley Orgánica A-2016, de 22 de Noviembre de 2016, *Instrumento de ratificación del Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, 2004, hecho en Londres el 13 de febrero de 2004.*

A) Estructura del convenio.

22 Artículos:

Artículo 1 Definiciones.

Artículo 2 Obligaciones de carácter general.

Artículo 3 Ámbito de aplicación.

Artículo 4 Control de la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos por el agua de lastre y los sedimentos de los buques.

Artículo 5 Instalaciones de recepción de sedimentos.

Artículo 6 Investigación científica y técnica y labor de vigilancia .

Artículo 7 Reconocimiento y certificación.

Artículo 8 Infracciones.

Artículo 9 Inspección de buques.

Artículo 10 Detección de infracciones y control de buques.

Artículo 11 Notificación de las medidas de control.

Artículo 12 Demoras innecesarias causadas a los buques.

Artículo 13 Asistencia técnica, cooperación y cooperación regional.

Artículo 14 Comunicación de información.

Artículo 15 Solución de controversias.

Artículo 16 Relación con el acuerdo internacional y con otros acuerdos

Artículo 17 Firma, ratificación, aceptación, aprobación, adhesión.

Artículo 18 Entrada en vigor.

Artículo 19 Enmiendas.

Artículo 20 Denuncia.

Artículo 21 Depositario.

Artículo 22 Idiomas.

Anexo con 5 secciones:

Sección A Disposiciones generales.

Sección B Prescripciones de gestión y control aplicables a los buques.

Sección C Prescripciones especiales para ciertas zonas.

Sección D Normas para la gestión del agua de lastre.

Sección E Prescripciones sobre reconocimientos y certificación para la gestión del agua de lastre.

2 apéndices:

Apéndice 1 Modelo de certificado internacional de gestión del agua de lastre.

Apéndice 2 Modelo de libro registro del agua de lastre.[8]

B) Definiciones.

A continuación se establecen las siguientes definiciones del convenio con el objetivo de unificar el lenguaje para el vocabulario técnico de la temática de estudio:

Haciendo referencia textual a [2]

Agua de lastre: Agua cargada a bordo de un buque con el objetivo de controlar su asiento, la escora, el calado, la estabilidad y los esfuerzos del buque.

Gestión de agua de lastre: Procedimientos físicos, químicos, mecánicos o biológicos, utilizados individual o conjuntamente con el objetivo de extraer o neutralizar los organismos acuáticos perjudiciales y los agentes patógenos que se encuentren en el agua de lastre y los sedimentos, o para evitar la toma o descarga de estos.

Organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos: Se entiende por aquellos organismos o agentes patógenos que al ser introducidos en el mar, estuarios o cursos de agua dulce, generen un riesgo para el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o recursos, así como deteriorar la diversidad biológica o entorpecer otros usos legítimos de la zona.

Sedimentos: Materias que se depositen en el buque procedentes del agua de lastre.

Buque: Toda nave del tipo que sea, que opere en el medio acuático.

Hasta aquí he puesto literalmente.

C) Ámbito de aplicación del convenio.

En el artículo 3 del convenio (ámbito de aplicación), se determinan los buques a los que el convenio es o no aplicable. La organización realizó orientaciones sobre la entrada o el regreso de buques a aguas situadas en la jurisdicción de un solo Estado, desarrollando sus actividades solo en ellas, aprobando también las orientaciones sobre la aplicación del convenio a las unidades móviles que operan mar adentro y los buques de apoyo mar adentro. [8]

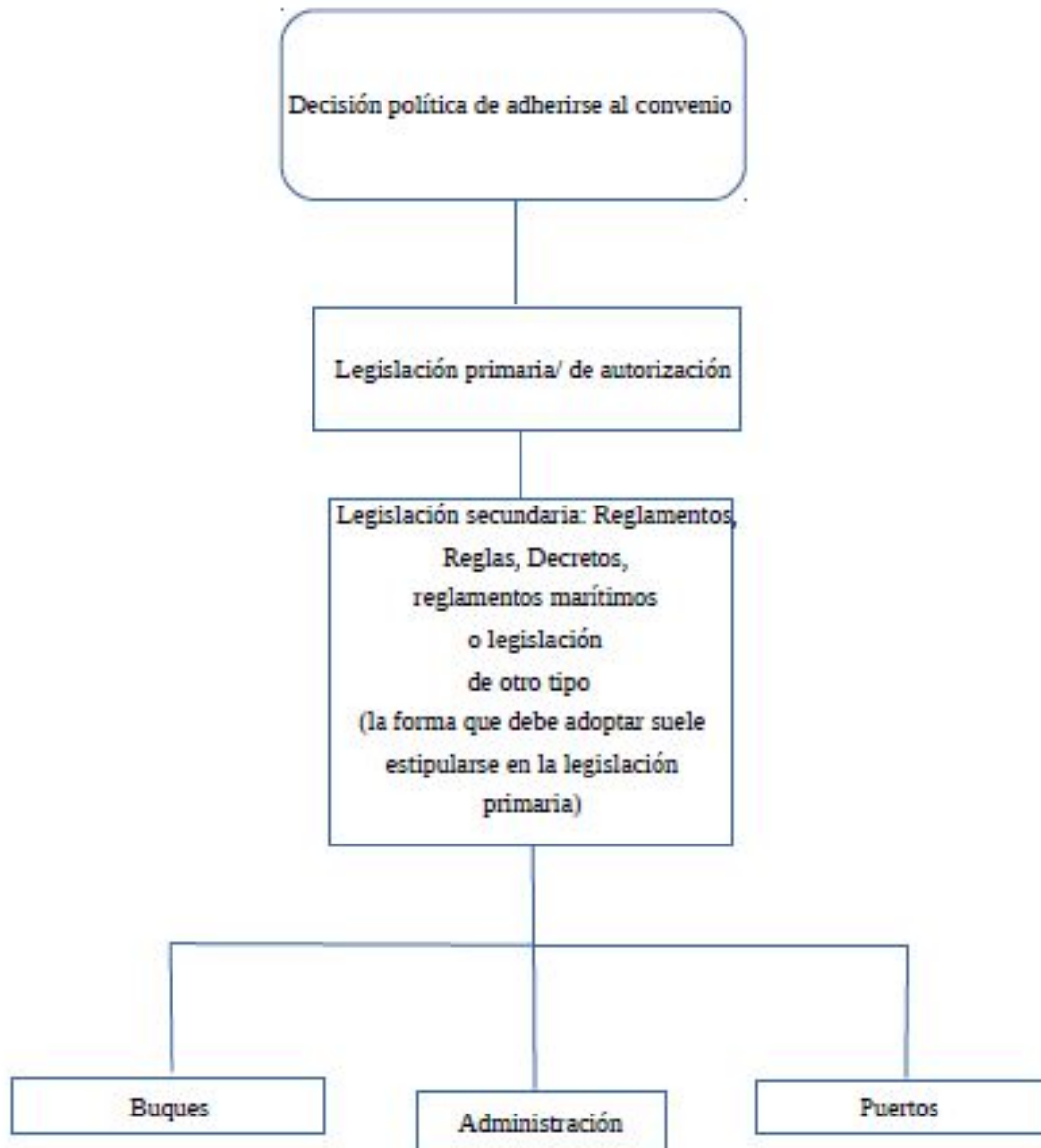
D) Integración del convenio en la legislación nacional.

Los estados podrán constituirse como partes en el Convenio mediante:

1. Firma sin reserva en cuanto a ratificación, aceptación o aprobación.
2. Firma a reserva de ratificación aceptación o aprobación, seguida de ratificación, aceptación o aprobación.
3. Adhesión.

La ratificación, aceptación o aprobación se realizará entregando el instrumento correspondiente ante el secretario general de la administración. Con la adhesión los Gobiernos muestran la aceptación y aprobación del Convenio, indicando así su buena disposición para implantar sus medidas. [8]

Cuadro sobre la integración del convenio en la legislación nacional



Fuente: Adaptado de [8]

E) Entrada en vigor

De acuerdo con el Artículo 18 (entrada en vigor), el convenio entrará en vigor 12 meses después de la fecha en la que al menos 30 estados cuyas flotas mercantes combinadas representen al menos el 35% del tonelaje bruto de la marina mercante actual, lo hayan firmado sin reserva en cuanto a ratificación, aceptación o aprobación o hayan depositado el correspondiente instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión, de acuerdo con lo dicho en el artículo 17. Estas condiciones se cumplieron el 8 de septiembre del 2016 por lo que el convenio entró en vigor el 8 de septiembre de 2017.[2][8]

F) Implantación del convenio - legislación primaria

Como con la mayoría de los convenios de la OMI, es necesaria una legislación de implantación por parte de los Estados. El Convenio podrá integrarse en la legislación existente como por ejemplo en la de protección del medio ambiente, ley de marina mercante, etc. Dicha legislación tendrá que enmendarse con el objetivo de incorporar las disposiciones del Convenio.

En otros casos será necesario realizar una nueva legislación, para implantar el nuevo Convenio. [8]

G) Legislación secundaria

Debido a que el Convenio incluye reglas técnicas y muchos ordenamientos jurídicos, será necesario el uso de legislación secundaria para complementar, administrar, apoyar y aplicar la legislación primaria. Las reglas que componen el anexo podrán dar lugar a reglamentos nacionales.[8]

H) Integración del convenio en la legislación Española

España firmó el convenio BWM el 18 de Enero del 2005, dicho convenio entró en vigor en todos los países partes del Convenio el 8 de Septiembre de 2017. Dicho convenio afecta a todos los buques que enarbolan el pabellón Español, y a aquellos buques que naveguen bajo el territorio de la jurisdicción Española a excepción de:

- a) Buques que no utilicen agua de lastre
- b) Buques que operen dentro de un mismo Estado y este mismo determine que no es necesaria la gestión de las aguas de lastre.

- c) Buques que operen en un Estado y alta mar y el Estado determine que no es necesaria la gestión de las aguas de lastre.
- d) Buques de guerra, buques auxiliares de la armada, buques propiedad del estado o explotado por este que no tenga fines comerciales.
- e) El agua de lastre que permanece en tanques precintados y no se descargan.
- f) En lo referente a buques de estados que no estén en el convenio, los estados miembros aplicarán el convenio si es necesario para garantizar que no se da un trato de favor a dichos buques.[8]

2. Gestión del agua de lastre de los buques: prescripciones

El Convenio obliga a la elaboración de planes de gestión del agua de lastre para cada buque, con un mantenimiento de registros adecuados y el cumplimiento de determinados límites de descarga en función de la fecha de construcción y la capacidad de agua de lastre.

En el convenio se encuentran 2 normas que hablan sobre la descarga del agua de lastre, dichas normas son la D-1 en la cual se trata el cambio de agua de lastre, y la norma D-2 la cual estipula la eficacia en la gestión del agua de lastre.

En el artículo 4 del Convenio (Control de la transferencia de organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos por el agua de lastre y los sedimentos de los buques) se pide a las Partes que:

- a) Obligen a los buques a los que les sea aplicables el Convenio que cumplan con sus prescripciones y asegurar que se adoptan las medidas necesarias para garantizar el cumplimiento del Convenio.
- b) Elaborar políticas, estrategias o programas nacionales para la gestión de las aguas de lastre en los puertos y aguas que se encuentren bajo su jurisdicción.

Para el cumplimiento del Convenio existen varias opciones entre las que se encuentran:

- a) Cambiar el agua de lastre como medida provisional según lo dispuesto en la norma D-1 hasta que el buque pueda cumplir con los requisitos de la norma D-2.
- b) Tratar el agua de lastre mediante un sistema de gestión homologada, cumpliendo de esta manera con la norma D-2.

- c) Adoptar otros métodos en la gestión del agua de lastre que se encuentren aprobados como alternativa, siempre que dichos métodos garanticen como mínimo el mismo grado de protección del medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos y cumplan con la aprobación del MEPC(Comité de protección del medio marino). [2][8]

3. Aplicaciones tecnológicas para eliminar la contaminación de las aguas de lastre

Los BWMS (Sistemas de Gestión del Agua de Lastre) han sufrido un gran evolución en vista de la entrada en vigor del Convenio, entre las principales opciones se encuentra:

1. El tratamiento mecánico, como la filtración, la separación o la destrucción.
2. Tratamiento físico, por ejemplo las luces ultravioletas, el termotratamiento o la desoxigenación.
3. Tratamientos químicos y electroquímicos, es decir, la utilización de sustancias activas.
4. Una combinación de las anteriores.
5. Gestión de los sedimentos mediante su separación, para la posterior devolución del agua de toma local, o por el contrario mediante su extracción para la eliminación en un terminal habilitado.

Otro método alternativo es la de descargar el agua de lastre en una instalación de recepción aprobada por el Estado.

1. Sistemas de tratamiento de aguas de lastre (BWMS)

De acuerdo con el Convenio, los buques deben instalar BWMS que cuenten con la aprobación y homologación del Estado, y para ello deben cumplir con la norma de eficacia biológica para la descarga de agua de lastre de la norma D-2, para ello no se especifican el o los métodos utilizados, las normas de eficacia son las expuestas en la figura.

Normas de eficacia (regla D-2) ufc= unidad formadora de colonias

Categoría de organismo	Norma de eficacia
Organismo de tamaño igual o superior a 50 μm	Menos de 10 organismos viables por m^3
Organismo de tamaño igual o superior a 10 μm e inferior a 50 μm	Menos de 10 organismos viables por ml
Vibrio cholerae toxicógeno	Menos de 1 ufc por 100 ml
Escherichia coli	Menos de 250 ufc por 100 ml
Enterococos intestinalis	Menos de 100 ufc por 100 ml

Fuente: adaptado de [8]

a. Mecanismos de intercambio de agua de lastre

Los mecanismos de intercambio de agua de lastre se dividen en 2 tipos, los de bombeo único y los de bombeo continuo. Estos intercambios de aguas de lastre deben cumplir con la regla B-4 del convenio, además de realizar las anotaciones correspondientes en el libro de registro de aguas de lastre.

Bombeo único: Consiste en el vaciado y llenado de cada tanque con al menos un reemplazo del 95% del volumen de agua.

Bombeo continuo: Este intercambio de agua de lastre se basa en el flujo continuo de agua de lastre de manera que los organismos que se encuentren en el agua serán devueltos a las mismas aguas de las que se recogieron. Existen dos tipos:

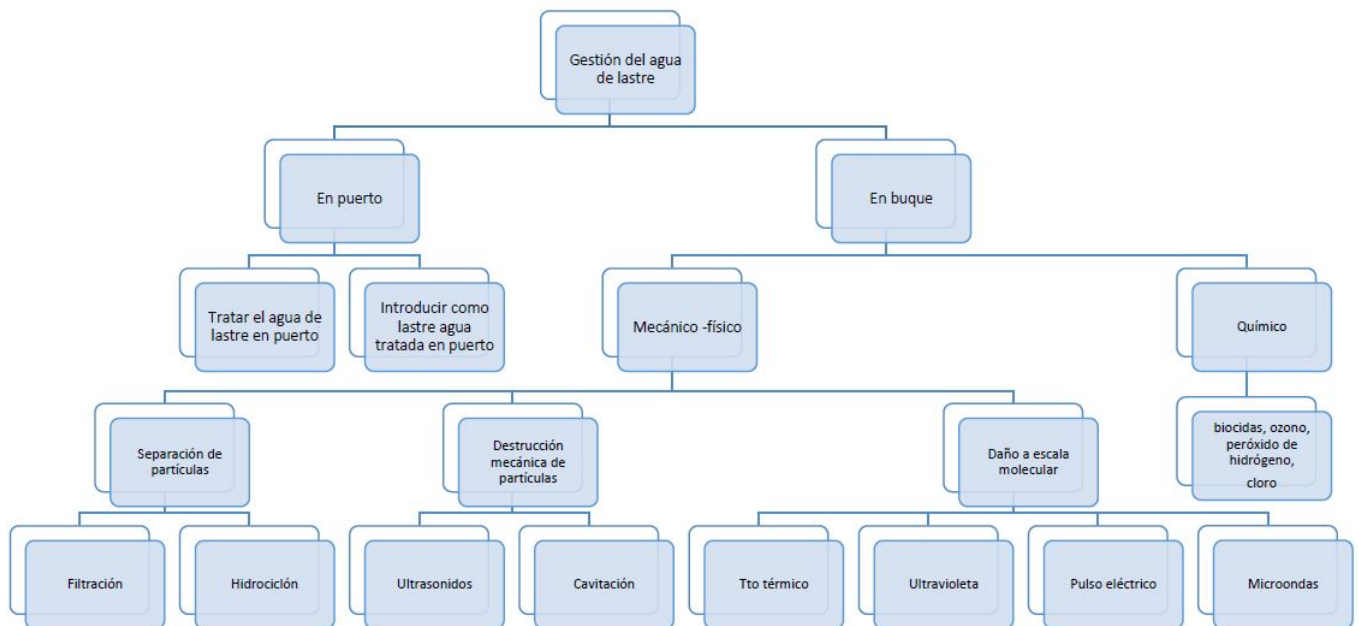
De flujo continuo: Este tratamiento consiste en mantener un bombeo continuo de agua de mar por la inferior del tanque para que los tanques se mantengan rebosando continuamente por la parte alta del tanque, manteniendo de esta manera el agua de la zona en los tanques de lastre y no transportarla a otras partes del mundo.[18][20]

Por dilución: Este tratamiento se basa en bombear el agua de manera continua por la parte superior del tanque y expulsarla por la inferior reduciendo de esta manera los sedimentos, y evitando transportar agua.[18][20]

2. Tipos de tratamientos de agua de lastre

Los distintos sistemas de tratamientos de agua de lastre en buques deberán instalarse en paralelo al sistema de lastre, de manera que no obstaculicen la toma o descarga de agua de lastre en situaciones de emergencia. Los distintos tipos de tratamientos son:

Clasificación de aplicaciones tecnológicas en el tratamiento de aguas de lastre



Fuente: [14] [21] adaptado por [5]

a. Tratamiento mecánico-físico:

Filtración: La filtración es el tratamiento más común en los sistemas de agua de lastre, esto es debido a su simplicidad y a su bajo coste. Es capaz de eliminar los sedimentos y muchos organismos sin embargo no son efectivos con los organismos más pequeños por lo que su utilización suele ser combinada con otros tipos de tratamientos.

Ultrasonidos: Estos son capaces de destruir organismos sin embargo esta tecnología suele ser utilizada como opción secundaria, ya que no son eficaces a gran escala.

Cavitación: Este efecto hidrodinámico es producido cuando un fluido con baja presión atraviesa a gran velocidad una arista afilada, produciendo una disminución repentina de presión que genera la evaporación instantánea de líquido, generando burbujas que colapsan rápidamente, esto produce la eliminación de organismos, sin embargo este efecto es fatal para los equipos, ya que produce enormes vibraciones en bombas, y genera desgaste en las superficies metálicas generando pilas galvánicas capaces de corroer el metal a gran velocidad.

b. Tratamientos térmicos:

Calor: Este tratamiento se basa en elevar la temperatura del agua de lastre por encima de los 40°C de manera que los organismos sean eliminados. Para elevar la temperatura sería necesario el uso de una fuente de calor, esta podría ser el aprovechamiento de calor residual de parte de los motores o las calderas o por el contrario la utilización vapor. Este sistema plantean problemas como el espacio, su complejidad respecto a la operación, la duración del viaje y la disponibilidad de calor residual.

Radiación ultravioleta: Este tratamiento está ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas superficiales y desinfección de desechos. La radiación UV actúa sobre los ácidos nucleicos de los organismos, por lo que es eficaz contra organismos generalmente pequeños, es por esto que debe ir acompañado de un tratamiento mecánico.

Pulsos eléctricos: Solo se han aplicado de manera experimental ya que una aplicación a gran escala requiere de una enorme cantidad de energía.

Microondas: De mayor tasa de calentamiento que la calefacción convencional es efectivo contra los organismos si eleva la temperatura por encima de los 55°.

c. Tratamientos químicos:

Biocidas: Existen una gran cantidad de productos químicos capaces de matar a los organismos de las aguas de lastre, el gran conocimiento sobre estos productos químicos y su facilidad de utilización pueden dar a pensar que es una solución ideal, sin embargo estos productos luego serán descargados al mar teniendo consecuencias en el ecosistema marino.

Cloro: Es un agente altamente oxidante y muy efectivo contra los organismos acuáticos, sin embargo tiene el inconveniente de que es necesario eliminar el exceso de cloro en el agua a la descarga del agua de lastre.

Ozono: Fuerte oxidante capaz de eliminar virus y bacterias, muy eficaz contra el zooplancton. Su inconveniente radica en que genera subproductos de desinfección muy perjudiciales para el medio marino.

Desoxigenación: Este método se aplica generalmente aplicando burbujas de nitrógeno en el agua eliminando de esta manera el oxígeno del agua su principal problema radica en la generación del gas inerte.

Electro-ionización de separación magnética: El tratamiento en primer lugar introduce un flujo continuo de gas ionizado a través de fuertes campos ultravioletas y magnéticos que generan iones los cuales producen contaminantes en el agua que aglutinan los sólidos (restos de organismos) en la superficie para luego ser eliminados mediante una filtración magnética.

d. Métodos combinados:

Son los sistemas más comunes utilizados en los buques, en estos se utilizan la combinación de dos o más métodos los cuales sean capaces de eliminar completamente la amenaza de las aguas de lastre. [5]

3. Ejemplos de tratamientos utilizados en buques

Ya descritos y analizados los tratamientos de agua de lastre se comenzará el estudio a modo de ejemplo de dos equipos comerciales utilizados a día de hoy en los buques, cumpliendo con el convenio BWM.

a. PureBallast® de Alfa Laval

Se trata de un sistema completamente automatizado en el cual al comenzar el lastrado pasa por una fase de filtrado en la cual se eliminan las partículas de mayor tamaño, tras esta fase el agua pasa por la llamada “*etapa del reactor*” durante la cual se desinfecta el agua mediante rayos UV para a continuación ser introducida en los tanques de lastre.

El reactor y el filtro son limpiados mediante un proceso automatizado con agua dulce después del lastrado.

En el proceso de deslastrado se vuelve a introducir el agua en el reactor sin la fase de filtrado ya que esta agua a sido previamente filtrada, para luego ser enviada de vuelta al mar. [22]

Alfa Laval PureBallast® System



Fuente: extraído de [22]

b. JFE BallastAce®

Este sistema totalmente automatizado utiliza una filtración por separación mediante un filtro centrífugo el cual elimina los grandes organismos acuáticos y la materia sólida superior a 50 µm, a continuación se pulveriza mediante varios inyectores Ballastcleaner® el cual es un producto químico cuyo principal componente es el hipoclorito sódico, para lograr que el producto se diluya correctamente se hace pasar el agua a través de un sistema de tubos venturi generando de esta manera una turbulencia que asegura la acción completa del Ballastcleaner®. El agua ya tratada se introduce en los tanques de lastre.

Al deslastrar, al agua se le pulveriza mediante inyectores TG Environmentalguard® el cual es un producto químico cuyo principal agente es el sulfito sódico, cuyo objetivo es el de reducir el cloro residual como resultado del tratamiento del agua.[23][24]

Sistema de gestión de agua de lastre BallastAce®



Fuente: extraído de [24]

4. Plan de gestión de aguas de lastre(BWMP)

Por exigencias del convenio todo buque debe llevar a bordo un BWMP(Plan de gestión de agua de lastre), el cual debe estar aprobado por el Estado de abanderamiento del buque o en su defecto, por una organización que lo represente. En la regla B-1 del Convenio se exige que el BWMP contenga los siguientes requisitos:

- a) Información detallada de los procedimientos de seguridad para el buque y la tripulación en relación a la gestión del agua de lastre implantada por el Convenio.
- b) Indicación detallada de las medidas adoptadas para cumplir con las prescripciones del Convenio en relación a la gestión del agua de lastre y las prácticas complementarias indicadas.
- c) Descripción detallada de los procedimientos de evacuación de sedimentos, tanto al mar como a tierra.
- d) Información sobre los procedimientos de coordinación respecto a la gestión de las aguas de lastre a bordo, incluido la descarga al mar con las autoridades del Estado en cuyas aguas tengan lugar.
- e) Nombre del oficial de a bordo encargado de la correcta aplicación del plan.
- f) Incluirá las prescripciones de notificación previstas para los buques en el convenio.
- g) En caso de no encontrarse redactado en Español, Inglés, o Francés, debe encontrarse una traducción a uno de estos idiomas.

Además de estos aspectos de carácter obligatorio en relación al BWMP, en el Convenio se incluyen detalles adicionales y un formato normalizado para el plan, que debería incluir el BWMP, dichos detalles son:

- a) Plano o gráficos, y descripción del sistema de agua de lastre.
- b) Información de los puntos de muestreo y procedimientos de la toma de muestras de agua de lastre.
- c) Procedimientos y restricciones operacionales o de seguridad.
- d) Descripción de los métodos utilizados a bordo para la gestión del agua de lastre y el control de sedimentos.
- e) Funciones del oficial encargado de la gestión del agua de lastre.
- f) Obligaciones de registro.
- g) Formación y familiarización de la tripulación.[8]

1. Libro de registro del agua de lastre(BWRB)

El Convenio exige que todo buque ha de llevar a bordo un BWRB (Libro registro del agua de lastre), en el que se incluirá al menos toda la información mencionada en el apéndice 2 del anexo del convenio. El BWRB podrá encontrarse en formato digital o integrado en otros sistemas de registro o diarios de navegación. Sus asientos deberán estar firmadas por el oficial encargado de la operación y cada página deberá encontrarse autorizada por el capitán.

En los asientos del BWRB deberán anotarse con todo detalle posible las siguientes operaciones:

- a) Toma de agua de lastre a bordo.
- b) Trasiego del agua de lastre.
- c) Descarga de agua de lastre, tanto al mar como a una instalación de recepción.
- d) Descarga o toma de agua de lastre accidental o excepcional.
- e) Procedimientos operacionales adicionales y observaciones.
- f) exenciones y excepciones incluidos los procedimientos de emergencia.

Incluyendo además, la fecha, hora y lugar, así como la profundidad y el volumen aproximado de agua tomada o descargada. Los asientos del libro deberán permanecer en el buque por lo menos 2 años y posteriormente en poder de la compañía durante 3 años.[2][8]

5. Responsabilidades e implicación de las tripulaciones en la gestión de las aguas de lastre

Según la regla B-6 del Convenio, los oficiales y los tripulantes deberán estar familiarizados con sus funciones en relación al BWMP. Con el objetivo de facilitar la implementación, administración y ejecución del BWMP, se designa un oficial responsable cuyas funciones incluidas en el BWMP deberán al menos incluir:

- a) Encargarse de la correcta implantación del BWMP, y con ello la familiarización y formación de los oficiales y la tripulación que desempeñe funciones en el BWMP.
- b) Cuidar de que las operaciones de gestión del agua de lastre cumplan con los procedimientos del plan.
- c) Preparar la declaración o formulario de notificación sobre el agua de lastre antes de llegar al puerto.
- d) Prestar asistencia a los oficiales y tripulantes durante las inspecciones.
- e) Presenciar los muestreos del agua de lastre que puedan ser necesarios.
- f) Velar por la correcta gestión de los sedimentos de acuerdo con el plan.
- g) Asegurarse de que el BWMP se encuentra debidamente actualizado.
- h) Controlar la realización de tareas indicadas en el BWMP.
- i) Asumir las responsabilidades operacionales durante los cambios de agua de lastre.[2][8]

6. Contaminación biológica e impacto ambiental de las aguas de lastre

El convenio BWM define a los organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos como *“los organismos acuáticos y agentes patógenos cuya introducción en el mar, incluidos los estuarios, o en cursos de agua dulce pueda ocasionar riesgos para el medio ambiente, la salud de los seres humanos, los bienes o los recursos, deteriorar la diversidad biológica o entorpecer otros usos legítimos de tales zonas.”*[2]

Y es que el agua de lastre es un vector para el transporte de especies a nivel mundial, al tener un transporte marítimo tan globalizado, todos los días hay buques que transportan organismos por medio de las aguas de lastre de una parte del mundo a otra depositándolos fuera de su hábitat natural y es aquí cuando comienza el problema. A pesar de que la mayoría de estas especies no sobreviven al viaje o al entorno en el que son descargados, ocasionalmente algunos lo logran, reproduciéndose de manera agresiva. Y es que sin control ninguno de este

transporte indiscriminado de especies, las aguas de los puertos y las zonas con mayor afluencia de tráfico marítimo son una mezcla de todas las especies transportadas en estas aguas de lastre. [9]

Las especies invasoras procedentes del agua de lastre se encuentran fuera de su hábitat, en un lugar en el que no tienen depredadores naturales que no controlan su población y en el que compiten por espacio y comida con las especies locales, alimentándose de ellas y modificando el hábitat. Esto produce un cambio en la cadena trófica al introducirse una nueva especie, desequilibrando el ecosistema y produciendo la desaparición de especies locales teniendo como consecuencias:

- Una reducción de la biodiversidad.
- La reducción de la productividad pesquera llegando incluso a eliminarla prácticamente por completo como es el caso del mar negro.
- El cierre de piscifactorías por la falta de alimento de los peces.
- La aparición masiva de moluscos y especies que se incrustan en las superficies de las infraestructuras marinas incrementando los costes de mantenimiento.
- Un impacto directo en el turismo ya que muchas de estas especies invasoras amenazan las costas.
- La necesidad de incrementar el control de la toxicidad de las aguas ya que se incrementa enormemente la posibilidad de agentes patógenos y de especies tóxicas para la salud pública.
- El incremento en el riesgo de epidemias e invasiones biológicas.[6][7][8][9][25]

1. Clases de especies invasoras

a. Las algas

Las algas son organismos acuáticos capaces de obtener energía de la luz del sol (fotoautótrofos) y desprender oxígeno las cuales pueden habitar tanto en agua dulce como salada.

Especies de algas invasoras por medio del agua de lastre

Caulerpa taxifolia, *Caulerpa "alga asesina"*: Se trata de un alga originaria de mares tropicales como los de Brasil, Venezuela, Kenia, India, Japón o Australia del norte como en otras zonas tropicales. Esta planta es un organismo unicelular capaz de crecer 1 centímetro en un día, que además es tóxica. Esta especie ha sido transportada accidentalmente por los buques al Mar Mediterráneo y debido a la falta de depredadores (los cuales deben ser inmunes a su toxina) se reproduce sin control alguno, desplazando a las algas y los peces originarias del Mediterráneo. Estas toxinas no son efectivas en los seres humanos.[26][27]

Codium fragile tomentosoides, “ladrón de ostras” “dedos marinos verdes”: Alga originaria del pacífico, cerca de Japón la cual a sido transportada por los buques de manera accidental a Atlántico Norte. Esta alga alcanza longitudes de hasta 1 metro y puede llegar a pesar 3,5 kilogramos, y tiende a crecer en los puertos y zonas costeras además de en los lechos de ostras, desplazando a los moluscos y eliminando a los crustáceos de la zona. Otra característica de esta alga es que al pudrirse desprende un fétido olor que produce un aire irrespirable.[26][27]

Undaria pinnatifida, “Wakame”: Originaria de Japón donde es cultivada para el consumo, esta alga crece rápidamente creando densos bosques submarinos que evitan que le llegue la luz a las algas locales, produciendo que estas mueran y con ellas los peces. Esta alga ha sido transportada desde su hábitat natural a las costas del norte de Europa y Argentina por medio de las aguas de lastre y los cascos de los buques.[26][27]

Sargassum muticum, “Sargasso”: Originaria de Asia, esta alga ha sido transportada por buques a través del agua de lastre desde Asia hasta Estados Unidos, los países del norte de Europa y la península Ibérica, donde son una plaga en las rías del norte. Estas algas tienen una gran capacidad de captación de luz y son una gran amenaza para las especies locales.[26][27]

b. Los dinoflagelados

Son animales microscópicos siendo casi siempre unicelulares, los cuales se encuentran en los mares y océanos de todo el planeta, tienen un tamaño de entre 50 y 500 micras, son autótrofos y forman parte del llamado fitoplancton. Es por su tamaño que el control de estos animales en las aguas de lastre es muy complicado, además son producto de las llamadas mareas rojas, las cuales pueden producir daños enormes en el ecosistema marino.

Mareas rojas

El fenómeno de las mareas rojas es producido por una enorme acumulación de dinoflagelados, esta acumulación es formada principalmente en las costas cerca de ríos durante las épocas de mucho caudal donde se transportan gran cantidad de sales minerales. Esta enorme acumulación de dinoflagelados puede ser de tipo tóxico o no tóxico. Las no tóxicas producen debido a la enorme acumulación de dinoflagelados una enorme reducción del oxígeno en el agua lo que puede provocar la asfixia de todo ser vivo de la zona que respira el oxígeno del agua.

Las mareas rojas de tipo tóxico generan que todo ser vivo que se encuentre en la zona sufra además de la falta de oxígeno los efectos de toxinas amnésicas

paralizantes y gástricas. Como consecuencia los peces y los crustáceos mueren, al contrario, los moluscos logran sobrevivir sin embargo estos acumulan las toxinas en su organismo durante largos periodos de tiempo lo que no es ningún inconveniente para su desarrollo, sin embargo si esos moluscos recolectados y son ingeridos por los seres humanos pueden producir diferentes síntomas:

DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning): Estas toxinas producen náuseas vómitos y dolores abdominales, y sus síntomas se manifiestan tras las primeras horas después de su ingesta. Estas son el grupo de toxinas que menores repercusiones tiene en la salud sin embargo son las que se producen con mayor frecuencia.

PSP (Paralytic Shellfish Poisoning): Sus síntomas son desde un leve entumecimiento hasta una parálisis respiratoria completa en los casos más graves.

ASP (Amnesic Shellfish Poisoning): La intoxicación con estas toxinas producen espasmos abdominales, vómitos, desorientación e incluso pérdida de memoria. Estas toxinas se pueden encontrar también en crustáceos, y son imposible de apreciar por la vista el olfato o el gusto. Además estas toxinas resisten bastante bien el calor por lo tanto a pesar de cocinar el marisco no las podremos eliminar.[28]

c. Los moluscos

Son animales invertebrados cuyo hábitat es tanto el acuático como el terrestre, se caracterizan por poseer un cuerpo blando que puede encontrarse protegido o no por una concha, su alimentación dependiendo de la especie puede ser herbívoro, carnívoro o filtrador.

Especies de moluscos invasoras

Dreissena polymorpha, “mejillón cebra”: El mejillón cebra, originario del mar negro tiene forma triangular y puede alcanzar hasta 5 centímetros, fue introducido accidentalmente por los buques en Europa occidental y septentrional, Mar Báltico y mitad oriental de Norteamérica. Este molusco invade toda superficie dura y debido a su masiva reproducción y que se alimenta del plancton, desplaza las especies locales alterando el hábitat ecosistema y cadena trófica. El mejillón cebra produce enormes pérdidas económicas a nivel mundial ya que causa grandes daños en las instalaciones marinas como esclusas de centrales hidroeléctricas, bombas de agua, obstruyendo filtros, tuberías, adhiriéndose a los cascos de las embarcaciones.[26]

Limnoperna fortunei, “mejillón dorado”: Originarios del sudeste asiático, estos moluscos de agua dulce fueron introducidos en Sudamérica a través del agua de lastre de los buques. Su cáscara es marrón oscuro y no alcanzan tamaños mayores de 5,5 milímetros. Estos moluscos se reproducen de manera masiva y se adhieren a

toda superficie marina provocando el desplazamiento de las especies nativas, y generando un gran impacto económico en todas las instalaciones marítimas.[26]

Curculina fluminea, “*almeja asiática*”: Originaria de Asia meridional este molusco alcanza entre 4-5 centímetros de longitud y presenta un color verde o amarillo en su concha, se alimenta mediante filtración y tiene una capacidad de reproducción enorme lo que le hace reproducirse a gran velocidad y desplazar las especies locales. Esta especie fue introducida accidentalmente en América y Europa a finales del siglo XX y genera grandes pérdidas económicas en España ya que obstruye las tuberías y las infraestructuras marinas de los ríos de España.[26][29]

d. Los cangrejos

Son una especie de crustáceos de diez patas, con exoesqueleto y omnívoros que habitan en las zonas de costa de todo el planeta.

Especies de cangrejos invasoras

Carcinus maenas, “*cangrejo verde europeo*”: Originario de Europa y el Norte de África, ha sido transportado a América del Norte y del Sur, a Australia y a Sudáfrica. Puede alcanzar tamaños de entre 6-9 centímetros, debido a su enorme capacidad de alimentación y de adaptación ha sido capaz de adaptarse a los medios y desplazar las especies locales.[25][26]

Eriocheir sinensis, “*cangrejo chino*”: Procedente de China y Corea del Norte, son principalmente de color amarillo o marrón y alcanzan un tamaño de entre 5-7 centímetros, han sido introducidos en Europa occidental, el Mar Báltico y la costa Occidental de Norteamérica. Provoca la erosión de los ríos al cavar en las orillas y desplaza las especies locales llegando incluso a extinguirlas.[25][26]

e. Estrellas de mar

Son animales invertebrados pertenecientes a la familia de los equinodermos cuyo hábitat son los fondos marinos, y cuyo principal alimento son los moluscos.

Especie de estrella de mar invasora

Asterias amurensis, “*Estrella de mar del pacífico norte*”: Esta estrella de mar puede alcanzar los 50 centímetros de diámetro, se caracterizan por su color amarillo con pigmentación roja y púrpura en sus cinco brazos, su característica diferenciadora con otras estrellas es su punta hacia arriba. Originalmente procedentes de Japón Rusia y China esta estrella es una especie invasora de las costas de Australia donde gracias a su enorme capacidad para establecer grandes poblaciones en nuevas áreas, se estima que en 2 años en Australia se alcanzaron los 12 millones de individuos (NSW, 2007, lo que junto a su increíble voracidad , sobre todo de moluscos pero también peces vivos y muertos, esto ha producido unas enormes pérdidas al sector y un desplazamiento de las especies locales llegando incluso a ponerlas en peligro de extinción.[25]

f. Medusas

Son animales marinos invertebrados y carnívoros compuestos principalmente de agua.

Especies invasoras de medusas

Mnemiopsis leidyi, “*ctenóforo americano*”: Medusa originaria de América del norte y del sur, puede alcanzar una longitud de 10 centímetros y tiene 4 hileras de tentáculos pequeños, de noche pueden brillar con un color verde, aunque su color suele ser transparente. Esta medusa se alimenta de manera voraz de zooplancton, huevos y larvas de peces, lo que unido a la sobre pesca de la zona, que elimina a sus depredadores y a su enorme capacidad de reproducción produce una enorme reducción del zooplancton e impide la reproducción de los peces, esto genera un impacto enorme en el ecosistema de la zona y a nivel económico. Este ctenóforo fue introducido en los años 80 mediante las aguas de lastre en las aguas del Mar Negro creando un enorme impacto en el ecosistema, luego se extendieron al Mar Caspio y al Mar de Azov, donde hoy en día son una plaga que azota la economía pesquera de la zona. [9] [25]

g. Peces

Animales acuáticos vertebrados, los cuales respiran mediante branquias y se mueven mediante aletas, su cuerpo se suele encontrar cubierto de escamas.

Especies invasoras de peces

Neogobius melanostomus, “gobio pintado”: Este pequeño pez de agua dulce (entre 10- 15 centímetros) ha sido introducido accidentalmente en muchos ríos de todo el mundo los más conocidos en los grandes lagos de Estados Unidos donde ha supuesto un gran problema medioambiental y económico, representa un grave problema ya que se alimenta de huevos y alevines de otras especies de las que luego ocupa los lugares de desove los cuales defiende con mucha agresividad, esto unido a su rápida capacidad de reproducción genera un gran riesgo para las especies autóctonas, las cuales en muchos casos son desplazadas. Este pez además genera un riesgo para la población humana ya que se alimenta también de moluscos filtradores por lo que pueden acumular contaminantes que luego son ingeridos por otros peces o por el ser humano presentando un riesgo. [25]

h. Organismos patógenos para la salud humana

Vibrio cholerae, *Cólera*: El cólera es una enfermedad infecciosa aguda producida por una bacteria, la *Vibrio cholerae*, la cual se encuentra en el agua, de ahí puede alojarse en todo tipo de animal marino. Por lo tanto sus transmisores son: el agua, el pescado o el marisco e incluso la fruta si esta ha sido regada con agua infectada, además las heces de los pacientes infectados contienen la bacteria.

Se trata de una enfermedad epidémica de la cual se tienen datos desde la época de la antigua Grecia en el 460 a.C. Los síntomas de esta enfermedad son la diarrea acuosa aguda, fuertes dolores abdominales, entumecimiento de las piernas y vómitos. Los pacientes pueden perder un gran porcentaje de peso corporal en pocas horas , produciendo una gran deshidratación y en ocasiones la muerte. Entre 1991 y 1997 se produjo una epidemia de cólera que comenzó en Perú y se extendió a toda América, en los que 21 países declararon a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) más de un millón de casos y casi doce mil muertes. La bacteria fue introducida por las aguas de lastre de los buques.[7]

7. Premisas y fundamentos para el muestreo del agua de lastre

Con el objetivo de determinar si se cumplen con las normas para el cambio de agua de lastre D-1 y eficacia de la gestión del agua de lastre D-2. Se hace necesario la toma de muestras y el análisis de las aguas de lastre para determinar el correcto cumplimiento del buque con el Convenio. El empleo de la toma de muestras será llevado a cabo en dos situaciones:

Muestreo para las pruebas de homologación del BWMS (pruebas en tierra y a bordo): El muestreo y análisis forman parte del proceso de homologación de los BWMS y se suelen realizar a la toma del agua de lastre y a su descarga. Estas tomas de muestras a bordo se realizarán durante las operaciones de lastrado y deslastrado habituales. En cambio las muestras tomadas en tierra se realizan bajo condiciones controladas en una instalación de pruebas aprobada.

Muestreo para verificar el cumplimiento: Este muestreo se realiza para comprobar el cumplimiento de la norma D-2, y se realiza evaluando los niveles de organismos viables en las aguas y las características físicas (salinidad, PH) del agua de los tanques de lastre o durante la descarga.

El muestreo del agua de lastre será llevado a cabo en distintos lugares en función de su finalidad, ya sea en los tanques de lastre mediante registros, tubos de sonda, o conductos de aireación. Respecto a la toma de muestras en la descarga esta deberá realizarse a través de la tubería de descarga, lo mas cerca posible del punto de descarga. [8]

10. Discusión

Con el propósito de facilitar el estudio de investigación en el entorno del vertido indiscriminado de las aguas de lastre pasamos a exponer diferentes consideraciones que configuran mi aportación personal tras la visión retrospectiva de la finalización de este trabajo.

La puesta en vigor del convenio BWM el día 8 de septiembre de 2017, establece la urgente necesidad del estudio e integración de las tecnologías de tratamiento de este tipo de aguas en el sector marítimo, tanto a bordo de los buques como en estaciones receptoras portuarias.

La situación actual de aplicar estas tecnologías se evidencian por la preocupación de ingenieros y técnicos de buques ante la situación actual. Si bien la implantación de alguna tecnología es solo un bajo porcentaje en el sector marítimo.

En la evolución temporal de las primeras implantaciones tecnológicas de tratamiento, se han realizado esfuerzos para adaptarlas y aplicarlas dentro de los buques para su empleo. Hemos relatado una descripción y análisis de cada uno de estas tecnologías, las cuales se encuentran promocionadas y recomendadas por el propio convenio de la OMI.

Son pocos los países que han desarrollado y optimizado estas tecnologías, destacando los países asiáticos, Estados Unidos y Noruega, fundamentados por su mayor implicación desde una perspectiva social y técnica.

El principal objetivo de estas implantaciones es, paradójicamente, acreditarse como embarcaciones que aparentemente superan el cumplimiento de normativas estipuladas, y no la de asegurar o establecer la eficiencia y rendimiento de estas tecnologías en lo que se refiere al logro eficaz de la calidad del agua.

Por todo ello, es necesario incluir a los parámetros que se estudien en el análisis técnico de los tratamientos de agua, no solo los estipulados por parte del convenio, sino además, una serie de variables indicadores que configuren un análisis más exhaustivo en lo que respecta a la calidad y emisión de las aguas tratadas tanto en su destino como su origen en el mar.

Fundamental para mejorar la conservación del medio marino, sería establecer con precisión y detalle de concreción un protocolo analítico previo al vertido, que se produzca tanto insitu como a posteriori del proceso; para ello se pretende mejorar las instrucciones mejoradas por el convenio BWM, incrementando el rigor de control

y seguimiento de los vertidos. Para ello se debe incorporar instrumentación, así como adoptar medios y técnicas de análisis a los buques con protocolos que sean útiles como medidas de protección ambiental.

11. Conclusiones

1. Las aguas de lastre y la contaminación que estas generan es una problemática planteada y estudiada hace más de 30 años y que ha inducido un novedoso campo de investigación y desarrollo.
2. El impacto ambiental y la creciente colonización de mares y océanos, determino que la OMI estableciera el convenio internacional para el control y la gestión de las aguas de lastre en vigor desde 2017; limitando así las cuantiosas invasiones de especies foráneas que se estiman en más de 10.000 que determinan problemática ambiental y de salud publica diariamente.
3. Esperentorio la necesidad de estudio e integración de las tecnologías de tratamiento a bordo, de estas aguas, tras la entrada en vigor del convenio y que actualmente sólo está implantado en un bajo porcentaje del sector marítimo.
4. Es necesario profundizar en los análisis de validación de estas tecnologías, incluyendo el estudio de parametros físicos y químicos, además de los microbiológicos y toxicológicos, que favorezcan unos resultados completos en la calidad del control sanitario del vertido de estas aguas.
5. Si bien es indiscutible, la implantación creada del convenio en la realidad de los puertos españoles. También es cierto, que los puertos de Barcelona, Las Palmas de Gran Canaria y Vizcaya se vienen realizando de forma esporádica estudios de investigación para identificar el asentamiento e impacto de estas especies invasoras.
6. Es fundamental la necesidad de implantar las pautas de gestión y control en los puertos españoles de mayor riesgo, sobre todo en los de tráfico marítimo intenso y de carácter internacional e intercontinental.
Las características específicas de estos mares y sus variables y parámetros hay que considerar por la menor o mayor influencia que tienen en la evolución del asentamiento de estas especies por el impacto de las aguas de lastre
7. La necesidad de cumplir el convenio de titulación, formación y guardia de mar así como el reglamento STCW requiere según estimaciones del convenio BWM la formación de los oficiales para la gestión y control de las aguas de lastre.

12. Bibliografía y Referencias

- [1] OMI, página oficial de la OMI. [internet] 2019, [citado 18 Jun de 2019]. Disponible en: <http://www.imo.org/ES/Paginas/Default.aspx>
- [2] España, Instrumento de ratificación del Convenio Internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques, 2004, hecho en Londres el 13 de febrero de 2004. Boletín Oficial del Estado, 22 de Noviembre de 2016. Núm 282, pp 81757-81790.[consultado 10 Jun de 2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2016/11/22/pdfs/BOE-A-2016-10960.pdf>
- [3] García Mendoza, R. E., & Pallares Bossa, J. A. (2015). Regulación para el control y prevención de la contaminación marina ocasionada por las aguas de lastre en el puerto marítimo del distrito de Cartagena (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena)
- [4] Sutherland, T. F., Levings, C. D., Elliott, C. C., & Hesse, W. W. (2001). Effect of a ballast water treatment system on survivorship of natural populations of marine plankton. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 139-148.
- [5] Sadhwani Alonso J.J, Del Río-Gamero B, Méndez Montes C. Conservación del medio marino a través de tecnologías que eliminan la contaminación microbiológica en el agua de lastre.[internet] Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria[Citado 2 Jul 2019] Recuperado de: <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conamalocal2017/CT%202017/60.pdf>
- [6] OMI. Página de la Organización GloBallast.[internet].2019,[citado 20 Jun 2019]. Disponible en: <http://archive.iwlearn.net/globalballast.imo.org/index.html>
- [7] Maguiña Vargas C, Seas Ramos C, Galán Rodas E, Santana Canchanya J. Historia del cólera en el Perú en 1991. *Acta méd. peruana* [Internet]. 2010 Jul [citado 27 Jun de 2019] ; 27(3): 212-217. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172010000300011&lng=es.
- [8] OMI. Gestión del agua de lastre. Cómo llevarla a la práctica, edición 2017. Londres, 2017.
- [9] IMO y BBC WordWide. Invader from the seas [documental online] tercer festival anual de documentales de las naciones unidas, Nueva york, 2007. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=u5JkRtMTEdI>

- [10] Chu, K. H., Tam, P. F., Fung, C. H., & Chen, Q. C. (1997). A biological survey of ballast water in container ships entering Hong Kong. In Asia-Pacific Conference on Science and Management of Coastal Environment (pp. 201-206). Springer Netherlands.
- [11] Olenin, S., Gollasch, S., Jonusas, S., & Rimkute, I. (2000). En-route investigations of plankton in ballast water on a ship's voyage from the Baltic Sea to the open Atlantic coast of Europe. *International Review of Hydrobiology*, 85(5), 577-596.
- [12] Endresen, Ø., Behrens, H. L., Brynstad, S., Andersen, A. B., & Skjong, R. (2004). Challenges in global ballast water management. *Marine Pollution Bulletin*, 48(7), 615-623.
- [13] The North Sea Ballast Water Opportunity Project. Volume 2, 2012.
www.northseaballast.eu
- [14] Werschkun, B., Banerji, S., Basurko, O. C., David, M., Fuhr, F., Gollasch, S., ... & Kehrer, A. (2014). Emerging risks from ballast water treatment: The run-up to the International Ballast Water Management Convention. *Chemosphere*, 112, 256-266
- [15] Port de Barcelona, Declaración Ambiental de la Autoridad Portuaria de Barcelona 2017[Internet] [Citado 29 Jun 2019] pág 80. Recuperado de:
http://www.gencat.cat/mediamb/declaracions_ambientals/ES-CAT-000430.pdf
- [16] De la Cueva Aleu J. Los puertos y la protección del medioambiente marino: facilidades de recepción y control medioambiental. En: Congreso macsa, acontecimientos y tendencias en la protección del transporte marítimo y del medio ambiente marino. Auditorio Nelson Mandela, Casa África, Las Palmas de Gran Canaria 6-5 Mayo 2015.[Internet]. [citado 29 Jun 2019]. Recuperado de:
<http://www.puertos.es/es-es/ROM/Documents/Los%20puertos%20y%20la%20proteccion%20del%20medioambiente%20marino.pdf>
- [17] ICES/IOC/IMO Working Group. Report of the ICES/IOC/IMO Working Group on Ballast and Other Ship Vectors (WGBOSV). [internet]. 4 International Council for the Exploration of the Sea, Palanga Lituania, 2014. [citado 28 Jun 2019] Pág 88. Recuperado de:
<http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2014/WGBOSV/01%20WGBOSV14.pdf>
- [18] Borràs Salla M, Ordás Jiménez S(dir). Estudio del concepto de lastre libre y aplicación en un buque. [Trabajo fin de grado internet]. Barcelona. Universidad de Barcelona 2010. [citado 18 Jun 2019] Recuperado de:
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10818/PFC.%20Estudio%20del%20concepto%20de%20lastre%20libre%20y%20aplicaci%20c3%b3n%20en%20un.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [19] Bartolomé Lamarca, I. (2014). Sistemas de gestión de agua del lastre: Fundamentos jurídicos y esquemas operativos.
- [20] González López P, Salamanca Giménez A. Contaminación biológica del mar por el agua de lastre de los buques y medios para evitarlas. Colegio oficial de ingenieros navales

y oceánicos, 2013 [Citado 15 jun 2019]. Recuperado en:

<https://www.ingenierosnavales.com/wp-content/uploads/2018/03/AGUA-LASTRE.pdf>

[21] Tsolaki, E., & Diamadopoulos, E. (2010). Technologies for ballast water treatment: a review. *Journal of Chemical technology and Biotechnology*, 85(1), 19-32.

[22] Alfa Laval. Descripción del sistema PureBallast 3 de Alfa Laval [Internet]. [citado 23 Jun 2019]. Recuperado en: <https://www.alfalaval.es/microsites/pureballast/technical/#ref295380>

[23] Okamoto Y, Aoki S, Fuchigami K. JFE Ballast Water Management System.[internet]. Informe técnico de la empresa JFE Marzo 2010. [citado 24 Jun 2019]. Recuperado de: <http://www.jfe-steel.co.jp/en/research/report/016/pdf/016-02.pdf>

[24] JFE. Producto JFE BallastAce. [internet]. [citado 24 Jun 2019]. Recuperado de: <https://jfe-ballast-ace.com/product/>

[25] Tellés Rodero N, Pujol Valls E(dir). Contaminación ocasionada por las aguas de lastre en el mediterráneo occidental[trabajo final de grado internet].[Barcelona]. Universidad de Barcelona, 2011[citado 21 jun 2019]. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12216/Neus%20T%C3%A9llez%20Rodero%20-%20TFC%20Diplomatura%20Navegaci%C3%B3n%20Mar%C3%A9Dtima.pdf>

[26] Base de datos mundial de especies invasoras[Internet]. ISSG (Invasive Species Specialist Group). [citado 24 Jun 2019]. Recuperado a partir de: <http://www.iucngisd.org/gisd/>

[27] Catálogo Español de especies invasoras. Ministerio para la transición ecológica, [citado 25 Jun 2019]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.aspx>

[28] Dr. Suárez Isla B. Dr. Guzmán Méndez L. FLORACIONES DE ALGAS NOCIVAS Mareas Rojas y Toxinas Marinas. [Internet]. [Citado 27 Jun 2019] Pág 10-17, 22-29. Disponible en: http://labtox.cl/wp-content/uploads/2012/04/8_-FLORACIONES-DE-ALGAS-NOCIVAS-Mareas-Rojas-y-Toxinas-Marinas-Guzman-y-Suarez-1998.pdf

[29] Álvarez Halcón M, Javirre Civera A. Almeja asiática (*Corbicula fluminea*) Biología, ecología y lucha contra esta especie exótica invasora. En: JORNADA CIENTÍFICAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN EL ÁMBITO RIPARIO Murcia, 27-28 de enero de 2015[internet]. Universidad de Zaragoza. [citado 26 Jun 2019]. Recuperado a partir de: <http://www.chsegura.es/export/descargas/cuenca/seguraripisilvanatura/docsdescarga/14.PRESENTACION-ALMEJA-ASIATICA-2015-01-28.pdf>

