

Contaminación costera por agua de lastre de las embarcaciones mercantes: su problemática y métodos de tratamiento

Coast ecosystems pollution from water ballast of merchant ships: its problems and methods of treatment

Rodrigo Pérez Fernández*

Introducción

Las especies foráneas invasoras llegan a alcanzar densidades de varios miles de individuos por metro cuadrado, lo que puede causar importantes daños en las infraestructuras hidráulicas, como por ejemplo en centrales hidroeléctricas. Además, en los ecosistemas acuáticos pueden provocar importantes alteraciones en la dinámica trófica o cadena alimenticia, llegando a desplazar a las especies autóctonas.

Uno de los temas sobre conservación del medio ambiente marino, a los que más relevancia se les está dando dentro del mundo naval, es el de la eliminación de los organismos que se encuentran en el agua de lastre de los buques.

Como es bien sabido, el lastre es necesario para muchas funciones relacionadas con la estabilidad, maniobrabilidad y propulsión de los buques. El problema es que el agua de lastre contiene una sopa de organismos. Estos organismos están formados de plancton (plantas y animales microscópicos), bacterias y virus. Este movimiento de los organismos es visto ahora como uno de las mayores amenazas a los ecosistemas costeros del mundo.

Los organismos del agua de lastre tienen un gran impacto medioambiental y económico. Si se los ignora, una especie marina podría invadir un nuevo entorno en algún lugar del mundo cada nueve semanas. Para combatir este problema existen diferentes soluciones, y cada una de ellas perteneciente a una de las grandes empresas del sector marino, como por ejemplo Alfa Laval-Pure Ballast (eliminación por medio de membranas celulares), Hyde Marine Guardian (variante de rayos Ultra-Violeta), NEI-VOS (Venturi Oxygen Stripping, otra aplicación del Gas Inerte), Hamann AG-SEDNA (separación hidrociclónica, filtración y química), Techcross Electro-Clean System (electroclorinación) y NK-O3 (Blue Ballas y el Ozono como solución). Otras compañías son: JFE Engineering Corporation, Japón; Marengo, Estados Unidos; Severn Trent de Nora, Estados Unidos; ATG Willand, Reino Unido; Gauss, Alemania; Environmental Technologies Inc, Estados Unidos; MH Systems, Noruega; Mitsubishi Heavy Industries, Japón; Qwater, Estados Unidos; Ecochlor, Alemania; TG Ballastcleaner & TG Environmentalguard, Toagosei Group, Japón; Resource Ballast Technology, Sudáfrica; Clear Ballast, Hitachi, Japón; GloEn-Patrol, Panasia Co. Ltd, Korea; Special Pipe, Mitsui Engineering, Japón y Optimarin, Noruega/ Estados Unidos.

En las circunstancias actuales de desarrollo tecnológico, se estima que los sistemas de tratamiento del agua de lastre de nueva generación, basados en procedimientos físicos (como el que en este artículo técnico se presentan) son los más seguros y

* Ingeniero Naval y Doctor Ingeniero Naval por la Universidad Politécnica de Madrid. He realizado diferentes cursos de postgrado y he asistido a otros cursos relacionados con la ingeniería.

He publicado artículos técnicos en revistas de ingeniería naval internacionales y he sido ponente en más de diez congresos de ingeniería naval. Además de haber escrito un libro sobre estabilidad en averías de buques. En mi carrera profesional en la empresa privada, principalmente en la empresa SENER Ingeniería y Sistemas, he realizado una asistencia técnica de más de dos años en los proyectos de los portaaviones y submarinos de la armada británica en BAE SYSTEMS-Submarine Solutions, donde ostentaba el cargo de SENER Support Manager, desde marzo de 2008 hasta abril de 2010. Actualmente ejerzo de consultor de FORAN y PLM en BAE SYSTEMS-Submarine Solutions, residiendo en Inglaterra.

rodriperfer@hotmail.com



fiables para evitar el transporte y descarga de los temidos organismos que el agua de lastre contiene.

Problemática. Perjuicios causados por el transporte marítimo

Los estudios realizados en varios países ponen de relieve que muchas especies de bacterias, plantas y animales pueden sobrevivir en el agua de lastre y los sedimentos transportados por los buques incluso después de viajes de varias semanas. La descarga ulterior de agua de lastre o sedimentos en aguas de los *Estados Rectores* de puertos puede dar lugar al asentamiento de especies indeseadas susceptibles de alterar gravemente el equilibrio ecológico existente. Si bien se han descubierto otros medios de transferencia de organismos entre extensiones de mar geográficamente separadas, la descarga de agua de lastre de los buques parece ser uno de los más importantes. Los ecosistemas marinos sufren las consecuencias de este fenómeno que se traduce en la pérdida de su biodiversidad, ocasionada principalmente por los organismos que viajan en el agua de lastre. La propagación de enfermedades puede deberse también a que las aguas de los Estados Rectores de puertos reciben grandes cantidades de agua de lastre que contiene virus o bacterias, constituyendo así una amenaza para la vida de los seres humanos, los animales y las plantas indígenas.

Cálculos actuales estiman en más de trece mil millones de litros el agua lastre que transporta anualmente la flota mercante en todo el mundo, arrastrando consigo piedras y sedimentos. Hasta siete mil especies diferentes, animales y vegetales, recorren cada día miles de millas en el agua de lastre de los barcos y, con el deslastre, alcanzan un nuevo destino para el que se convertirán en una amenaza en potencia. Este problema ha ocasionado ya graves daños ambientales y socioeconómicos en todo el planeta y, en consecuencia, este trasiego se ha convertido en el mayor vector para la transferencia marina de organismos.

A diferencia del derramamiento de hidrocarburos, la introducción de especies invasoras no puede ser filtrada o asimilada por los océanos. Se podría decir que, mientras en el primer caso el impacto de un derrame de hidrocarburos disminuye con el tiempo, en el segundo crece exponencialmente con el mismo. Una vez introducidas ciertas especies, son virtualmente imposibles de eliminar. El transporte marítimo mueve alrededor del ochenta por ciento de las mercancías transportadas anualmente e intercambia millones de toneladas de agua de lastre cada año. Un buque puede transportar desde varios cientos de metros cúbicos hasta más de cien mil toneladas de agua de lastre, siempre dependiendo del tamaño y del tipo de buque. Esa agua de lastre será presumiblemente descargada por el buque en o cerca del puerto de destino de la carga. La mayoría de las especies marinas que son transportadas en el agua de lastre no sobreviven al viaje: las operaciones de carga y descarga del agua, así como el ambiente dentro de los tanques es, en general, hostil para la conservación de la vida de estas especies. Incluso para aquellas especies que sobreviven al viaje y a la descarga, las oportunidades de sobrevivir en las condiciones del nuevo medio ambiente marino, incluyendo la desaparición y la

competición con especies nativas, se reducen drásticamente.

La introducción de especies exóticas suele acarrear en la mayor parte de los casos un impacto sobre la dinámica de las poblaciones marinas nativas y sobre la estructura de la comunidad donde se implantan. Las principales causas de tal impacto suelen ser:

- Exterminio de especies autóctonas que no presentan sistemas de defensa ante tales depredadores.
- Competencia con otras especies que ocupan el mismo nicho ecológico y que tienden a ser desplazadas.
- Alteración del hábitat y consecuente modificación de la estructura de las comunidades donde se asientan.
- Contaminación genética y disminución de la diversidad biológica marina.

Legislación para combatir esta problemática

Debido al volumen de tráfico y comercio marítimo, que se ha visto incrementado en las últimas décadas, la necesidad de evaluar los riesgos de las especies invasoras ha entrado en escena. Datos internacionales muestran que la proporción de invasiones por agentes biológicos está en continuo incremento en un porcentaje inquietante.

Este problema fue manifestado por primera vez ante la *Organización Marítima Internacional* en 1988, y desde entonces los *Comités de Protección al Medio Ambiente y de Seguridad Marítima* de la *Organización Marítima Internacional*, junto con los subcomités técnicos, han estado tratando este asunto, centrándose inicialmente en las normas y posteriormente en el desarrollo del nuevo *Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques*. Este *Convenio* regula las descargas de agua de lastre de los buques con el objetivo de limitar la introducción de especies marinas no nativas al descargar dicha masa de agua.

La primera vez que la comunidad científica reconoció signos de introducción de especies extrañas, fue después de la aparición de una masa de Algas de origen asiático en el Mar del Norte en 1903. Pero no fue hasta los años setenta en que los científicos comenzaron a revisar el problema con detalle. Al final de los años ochenta, Canadá y Australia fueron de los primeros países que experimentaron problemas particulares por especies no deseadas, llevando su problemática a la atención del *Comité de Protección del Medio Ambiente* de la *Organización Marítima Internacional*.

En 1991 el *Comité de Protección del Medio Ambiente*, adoptó la *Resolución 50(31)*, unas normas para prevenir la introducción de organismos no deseados y patógenos por la descarga del agua de lastre y sedimentos de los buques; mientras la *Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas*, llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, reconoció que el problema debía valorarse como una preocupación internacional mayor.



En Noviembre de 1993, la *Asamblea* de la *Organización Marítima Internacional* adoptó la *Resolución A.774(18)* (normas para prevenir la introducción de organismos no deseados y patógenos por la descarga del agua de lastre y sedimentos de los buques) basada en las normas adoptadas en 1991. La *Resolución* conminó a los *Comités de Protección del Medio Ambiente y Seguridad Marítima* a mantener las normas bajo revisión con la intención de desarrollar la aplicación internacional de las disposiciones legales obligatorias. En Noviembre de 1997, la *Asamblea* de la *Organización Marítima Internacional* adoptó la *Resolución A.868(20)*, normas para el control y manejo del agua de lastre de los buques para minimizar la transferencia de organismos acuáticos dañinos y patógenos.

Cuando la comunidad internacional fue consciente de que se enfrentaba a una de las amenazas más grandes de mares y océanos del mundo, ya que la introducción de especies invasoras en nuevos ecosistemas a través del agua de lastre tenía efectos catastróficos, el día 13 de Febrero del 2004 en la sede de la *Organización Marítima Internacional* se adoptó el *Convenio Internacional para el Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques* que exige a todos los buques implantar un *Plan de Gestión de Agua de Lastre y Sedimentos* aprobado por la *Administración Marítima* de los *Gobiernos*. La *Organización Marítima Internacional* ha definido en la *Convención* los siguientes términos:

- Agua de lastre: 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 del buque.
- Gestión del agua de lastre: procedimientos mecánicos, físicos, químicos o biológicos, ya sean utilizados individualmente o en combinación, cuyo fin será extraer, o neutralizar los organismos acuáticos perjudiciales y agentes patógenos existentes en el agua de lastre y los sedimentos, o a evitar la toma o la descarga de los mismos.

Formas de solucionar el problema y cómo seleccionar un sistema de tratamiento adecuado

Para combatir el problema de los organismos en el agua de lastre se han planteado diferentes soluciones, dividiéndose en tres grandes grupos, dependiendo del modo escogido para la eliminación de organismos.

- El primer grupo sería el de eliminación mediante medios mecánicos, dentro del que se incluiría la separación ciclónica y la filtración.
- En un segundo grupo estaría el de medios físicos, tales como *ultrasonidos*, *cavitación*, *Ultra-Violeta*, *calor*, *desoxigenación* y *coagulación*.
- Como tercer grupo, medios químicos: *electrolisis*, *Ozono*, *cloración* y *dióxido de cloro*.

Llegado el momento de escoger un sistema de tratamiento, habrá que analizar varios elementos. Evaluando el buque en

cuestión, se tienen que tener en cuenta los aspectos que a continuación se pasan a detallar. Los requerimientos de tratamiento de agua de lastre están directamente relacionados con el tipo de buque.

Los que tienen una mayor dependencia serán los petroleros. Para los *Suezmax*, *VLCC* y *ULCC* donde el volumen va de los cincuenta y cinco mil a los noventa y cinco mil metros cúbicos, el caudal requerido irá de los tres mil a los seis mil metros cúbicos por hora.

En un segundo escalón se encuentran los graneleros, donde los *Handy*, *Panamax* y *Capesize*, necesitaran caudales entre los mil trescientos y los tres mil metros cúbicos por hora.

Los portacontenedores tendrán suficiente con sistemas entre doscientos cincuenta y ochocientos metros cúbicos por hora.

Los buques de pasaje dependerán directamente de la zona que operen, ya que su volumen de agua de lastre es bastante bajo.

Es necesario conocer la salinidad, temperatura, concentración de organismos del agua para poder seleccionar el sistema adecuado.

Desde el punto de vista del sistema de tratamiento, se puede realizar otra clasificación.

Los disponibles actualmente se dividen en tres grupos.

El primero sería el de eliminación mediante medios mecánicos, dentro del que se incluiría la separación ciclónica y la filtración. Estos métodos pueden tener problemas de espacio si el volumen de agua a tratar y/o el nivel de sedimento son elevados.

En un segundo grupo estaría el de medios físicos, tales como *ultrasonidos*, *cavitación*, *Ultra-Violeta*, *calor*, *desoxigenación* y *coagulación*.

La turbidez del agua será unos de los parámetros a tener muy en cuenta, ya que afecta directamente a la efectividad y rendimiento del sistema.

Como tercer grupo, medios químicos: *electrolisis*, *ozono*, *cloración* y *dióxido de cloro*. Presentan el problema de la eliminación de las sustancias añadidas y/o generadas en las distintas reacciones químicas.

Si el sistema utiliza filtros, la caída de presión puede ir de uno a cuatro bares de presión. Si se tiene en consideración este dato para una nueva construcción no es crítico, pero a la hora de adaptarlo a un buque en funcionamiento puede llevar a un redimensionamiento en las tuberías y bombas del sistema de lastre.

El espacio requerido por estos sistemas varía sustancialmente para un mismo caudal. Hay que tener en cuenta también la tubería necesaria. En muchos casos puede suponer un volumen importante.



Si se va a instalar como *retrofit* (se entiende por *retrofit* una adaptación, en este caso puede ser un equipo nuevo o mejor que el original) en un buque en funcionamiento, deberá de ser factible una instalación modular.

Hay sistemas como el *Ultra-Violeta* que tienen unos consumos muy elevados, y si su funcionamiento es simultáneo a varios sistemas del buque, puede haber problemas de suministro eléctrico.

Puede llegar a ser el principal coste del ciclo de vida del sistema.

Se estarán manejando la mayoría de los sistemas con elementos de elevada toxicidad. El sistema deberá disponer de un manual de seguridad, en el que se indicará la manera de almacenar y usar correctamente los aditivos.

Será necesario evaluar el coste de adquisición del sistema, instalación, y coste operacional.

Dichos costes son difíciles de evaluar y dependerán del tipo de buque y sistema.

Para evaluarlos correctamente será necesario analizar:

- Potencia requerida.
- Coste de aditivos.
- Personal necesario para el correcto funcionamiento del sistema.
- Coste de mantenimiento.

Sistemas de tratamiento de agua de lastre más relevantes

A continuación, y por motivos de no superar la extensión máxima para este artículo de la *Revista de Estudios Marítimos y Sociales*, se procede a exponer en la *Tabla 1* los sistemas, de diferentes compañías, más importantes que existen en el mercado para la eliminación de organismos en el agua de lastre.

Tabla 1. Algunos de los sistemas de eliminación de organismos en el agua de lastre

SISTEMA/COMPAÑÍA	PROCESO
Alfa Laval-Pure Ballast	Filtración + <i>Ultra-Violeta</i>
Hyde Marine Guardian	Filtración + <i>Ultra-Violeta</i>
NEI-VOS (Venturi Oxygen Stripping)	Cavitación + desoxigenación
Hamann AG-SEDNA	Separación hidrociclónica + filtración + química
OceanSaver AS	Filtración + cavitación + electroclorinación + desoxigenación
Techcross Electro-Clean System	Electroclorinación
NK-O3 (Blue Ballast)	Ozono
Hamworthy-Sedinox	Electrolisis
JFE Engineering Corporation	Filtración + cloración + reducción química + cavitación
Marengo	Filtración + <i>Ultra-Violeta</i>
Severn Trent de Nora	Filtración + electrólisis + reducción
ATG Willand	Hidrociclón + <i>Ultra-Violeta</i>
Gauss	Filtración + <i>Ultra-Violeta</i>
Environmental Technologies Inc	Filtración + ultrasonido
MH Systems	Deoxigenación
Mitsubishi Heavy Industries	Filtración + electrólisis
Qwater	Filtración + ultrasonido
Ecochlor	Dióxido de cloro (preparado desde clorato de sodio, peróxido hidrogenado y ácido sulfúrico)
TG Ballastcleaner & TG Environmentalguard, Toagosei Group	Filtración + hipoclorito sódico en flujo turbulento + sulfito de sodio para eliminar cloro residual
Resource Ballast Technology	Electroquímica + cavitación ultrasónica + ozono + filtración
Clear Ballast, Hitachi	Floculación magnética + filtración
GloEn-Patrol, Panasia Co. Ltd	Filtración + presión media alta intensidad <i>Ultra-Violeta</i> + descomposición eléctrica
Special Pipe, Mitsui Engineering	Filtración + alta cavitation + ozono
Optimarín	Filtración + <i>Ultra-Violeta</i>



Conclusiones

La globalización de los transportes, fenómeno por el cual se disponen de las materias primas o productos manufacturados en cualquier parte del planeta, conlleva la invasión de especies exóticas, extranjeras o invasoras de invertebrados, algas, bacterias, virus que son transportadas alrededor del mundo en el agua de lastre de los buques. Más de cien mil toneladas de agua de lastre son transportadas anualmente por los buques de todo el mundo. En ella se encuentran especies que se esparcen en hábitats que no son los suyos. Algunas causan problemas de gravedad para los ecosistemas. Los Océanos del mundo han comenzado a ser biológicamente homogeneizados. La introducción de organismos extraños en los ecosistemas que no les son propios puede conllevar pérdidas de biodiversidad muy significativas. Una vez que una especie se ha introducido, causa un tremendo perjuicio ambiental, lo cual deriva en futuros gastos millonarios para la solución de los problemas que aquella especie causa. El flujo comercial de mercancías dentro y fuera del acceso del área de las bahías es una parte vital en las economías de las regiones. Sin embargo, las naves que traen estas mercancías también descargan el agua de lastre. La *Organización Marítima Internacional* señala que la gente puede enfermar o incluso morir por patógenos marinos introducidos por las aguas de lastre. Desde 1991 está trabajando para crear una regulación obligatoria sobre la gerencia del agua de lastre. Una vez que los organismos estén introducidos en el ecosistema puede ser virtualmente imposible eliminarlos y en un corto espacio de tiempo pueden causar estragos. La *Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas*, en Río de Janeiro, reconoció la situación e impulsó la necesidad de evaluar medidas apropiadas, reglamentadas, en la descarga del agua del lastre para prevenir la extensión de organismos no autóctonos. Los traslados de grandes volúmenes de agua de mar de un lugar a otro, ha sido y es un problema que internacionalmente ha acaparado la atención de numerosos países y organismos como las *Naciones Unidas*, que a través de la *Organización Marítima Internacional*, dedica grandes esfuerzos a su control y mitigación de los efectos perjudiciales que éstas causan u originan en el medio marino donde son vertidas. Como consecuencia de lo anterior, las tecnologías involucradas en el *Tratamiento de Aguas de Lastre* han recibido un fuerte impulso en los últimos años, lo que se ha traducido en un constante incremento en el número de patentes obtenidas.

A la hora de seleccionar cuales van a ser los procedimientos de descarga del agua de lastre y, por consiguiente, de los sedimentos, se deben tener en cuenta las razones siguientes:

- Vigilancia del agua de lastre.
- Rentabilidad.
- Seguridad de la tripulación y del buque.
- Ecologismo.

- Posibilidad de operación.
- Actividad.

Los buques deben tratar de no tomar agua de lastre en zonas de poco calado, en zonas donde se estén efectuando operaciones de dragado y en zonas que estén afectadas por enfermedades transmisibles por el agua de lastre.

Desde Enero del pasado año, según las *Directrices del Convenio de Londres*, los buques de nueva construcción deberán obedecer la normativa de tratamiento de agua de lastre.

En cuanto a los sistemas de tratamiento del agua de lastre, se tiene que destacar que se considera más apropiada la admisión a bordo de los sistemas de nueva generación, que aquellos sustentados en medios químicos, con aditivos de productos clorados y otros causantes químicos en los que al producirse algún escape podrían poner en riesgo a la tripulación y al propio buque. La simplicidad de diseño, la eliminación de añadidos químicos, el tamaño reducido y los costes de mantenimiento bajos son los parámetros que deberían de determinar la adopción de un sistema u otro. Sin embargo, ningún sistema es adecuado para todos los tipos de buques. Los requerimientos de tratamiento de agua de lastre están directamente relacionados con el tipo de buque. Los que tienen una mayor dependencia serán los petroleros. Para los *Suezmax*, *VLCC* y *ULCC* donde el volumen va de los cincuenta y cinco mil a los noventa y cinco mil metros cúbicos, el caudal requerido irá de los tres mil a los seis mil metros cúbicos por hora. En un segundo escalón se encuentran los graneleros, donde los *Handy*, *Panamax* y *Capesize*, necesitaran caudales entre los mil trescientos y los tres mil metros cúbicos por hora. Los portacontenedores tendrán suficiente con sistemas entre doscientos cincuenta y ochocientos metros cúbicos por hora. Los buques de pasaje dependerán directamente de la zona que operen, ya que su volumen de agua de lastre es bastante bajo. Luego para graneleros se podrá utilizar cualquiera de los sistemas mencionados, pero a partir de un peso muerto mayor de ciento veinte mil toneladas los sistemas que utilicen *Ultra-Violeta* o generen cloro tendrán un volumen elevado, y serán los más difíciles de adaptar. Sucede lo mismo en gaseros y quimiqueros, la limitación de espacio cuando los volúmenes de agua a tratar son elevados. Y en el caso de petroleros, el sistema recomendado para todo tipo de peso muerto será el de adición de químicos. Es una situación similar a los graneleros, a partir de un peso muerto mayor de doscientas mil toneladas los sistemas de cloro y *Ultra-Violeta* serán demasiado voluminosos. Para portacontenedores cualquiera de los sistemas sería apto. Es necesario conocer la salinidad, temperatura, concentración de organismos del agua para poder seleccionar el sistema adecuado.

Luego por tanto, como conclusión a este artículo técnico, es necesario un estudio intensivo de muchos condicionantes, y seguir la evolución de las directivas para poder determinar qué sistema es el adecuado.



Referencias bibliográficas

- Corroler, Daniel “Ballast Water Quality during ships reception”. *Conferencia Internacional Water Quality*. Le Havre. Septiembre 2009.
- Organización Marítima Internacional. *Texto íntegro del Convenio BWM-04. Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques*. Febrero. Londres. Autor. 2004.
- Pacha, Esteban y López, Rubén “La Organización Marítima Internacional regula la gestión del agua de lastre de los buques mediante la adopción de un nuevo Convenio Internacional (Convenio BWM-2004)”. *Revista de Ingeniería Naval*. Abril. 2004. pp. 473-478.
- Pérez, Rodrigo y Vidal, Antonio “Biological invasion of seas and oceans”. *Journal of Maritime Research*. 2011. Vol. 4. pp. 17-24.
- Pérez, Rodrigo y Vidal, Antonio “Eliminación de Organismos en Agua Lastre”. *49 Congreso de Ingeniería Naval*. Bilbao. Octubre. 2010.

Recibido: 02/04/2013

Aceptado: 15/09/2013