

La actividad del desguace de buques en las aguas de la bahía de Cádiz

Ship Breaking in the Waters of the Bay of Cadiz

A atividade de desmantelamento de navios nas águas da Baía de Cádiz

Juan Ignacio Alcaide Jiménez¹, Emilio Rodríguez-Díaz¹, Francisco Piniella¹

¹ Grupo de Investigación en Política Marítima (TEP-194). Universidad de Cádiz. España.

Cita: Alcaide Jiménez JI, Rodríguez-Díaz E, Piniella F. La actividad del desguace de buques en las aguas de la bahía de Cádiz. Rev. Salud ambient. 2017; 17(1):10-25.

Recibido: 20 de enero de 2017. **Aceptado:** 24 de abril de 2017. **Publicado:** 15 de junio de 2017.

Autor para correspondencia: Juan Ignacio Alcaide Jiménez.

Correo e: juanignacio.alcaide@uca.es

Universidad de Cádiz. CASEM – Campus Río San Pedro. E-11510 Puerto Real (Cádiz), España.

Financiación: Este grupo no ha contado con ningún tipo de financiación para el desarrollo de su trabajo.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

El presente documento revisa los niveles existentes de metales pesados y otros compuestos tóxicos para la salud y el medio ambiente en las aguas de la bahía de Cádiz. En el mismo, se aborda el impacto de la actividad del desguace de buques mediante el estudio de los datos aportados por la Red de muestreo de la Junta de Andalucía y una discusión de los mismos, haciendo hincapié en algunos de los compuestos que son susceptibles de estar presentes en el momento del desmantelamiento de un buque o embarcación. La información oficial disponible es analizada y comparada con otros estudios de referencia en el área, además de los relacionados con las grandes instalaciones mundiales. En comparación con los estudios de referencia, los resultados de concentraciones de contaminantes en el área de estudio no muestran unos índices significativos, lo cual nos hace pensar sobre la necesidad de realizar estudios de mayor profundidad en el área propuesta. Por último, el estudio propone una serie de recomendaciones sobre las necesidades y las prioridades de la sostenibilidad en el reciclado de buques.

Palabras clave: reciclado de embarcaciones; desguace de buques; protección medio ambiental; instalaciones de desmantelamiento.

Abstract

This paper reviews existing levels of heavy metals and other compounds which are toxic for human health and the environment in the waters of the Bay of Cadiz. It addresses the impact of the ship-dismantling activity by analysing and discussing the data provided by the Andalusian Regional Government's Sampling Network, stressing some of the compounds which are susceptible of being present at the time of the breaking up of a ship or vessel. We have compared the available official information with other studies of reference in the area, in addition with those related to the world's largest ship-breaking facilities. Compared to baseline studies, the results for pollutant concentrations in the study area do not show significant indexes, which suggests it is necessary to carry out in-depth studies in the proposed area. Finally, we make a series of recommendations about the needs and sustainability priorities in the ship-recycling industry.

Keywords: ship-breaking; ship recycling; environmental protection; ship-breaking yard.

Resumo

O presente trabalho analisa os níveis existentes de metais pesados e outros compostos tóxicos para a saúde e o ambiente nas águas da baía de Cádiz. No mesmo, aborda-se o impacto da atividade de desmantelamento de navios através do estudo e discussão dos dados fornecidos pela rede de amostragem da Junta da Andaluzia, focando em alguns compostos que são suscetíveis de estar presentes no momento do desmantelamento de um navio ou embarcação. A informação oficial disponível é analisada e comparada com outros estudos de referência na área, para além dos relacionados com grandes estaleiros mundiais. Em comparação com os estudos de referência, os resultados de concentrações de contaminantes na área em estudo não apresentam índices significativos, o que leva a refletir na necessidade da realização de estudos mais aprofundados sobre esta temática. Por último, o estudo propõe uma série de recomendações sobre as necessidades e as prioridades da sustentabilidade na reciclagem de navios.

Palavras-chave: reciclagem de navios; desmantelamento de navios; proteção do ambiente; estaleiros de desmantelamento naval.

INTRODUCCIÓN

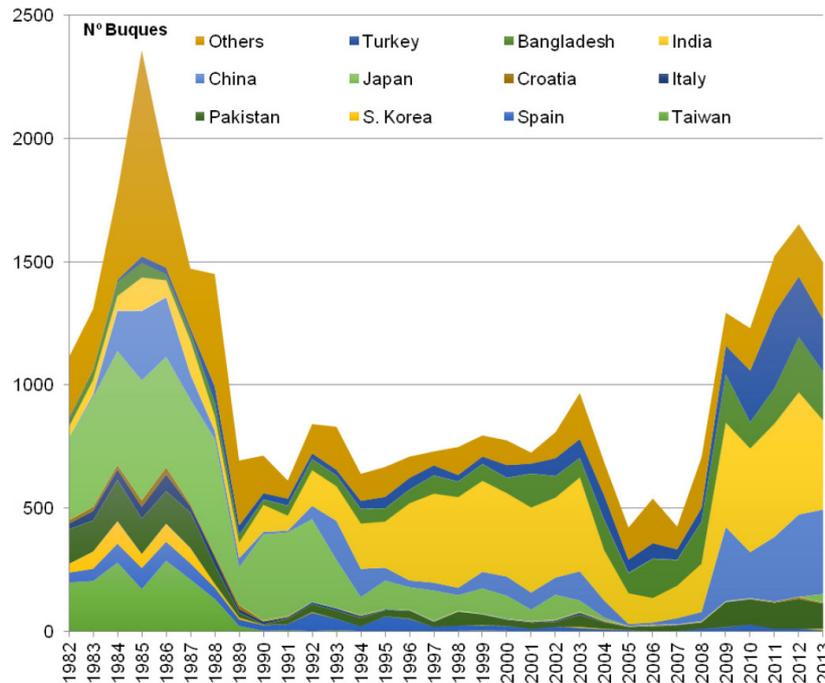
Desde la mitad del siglo XX, el desguace mundial de buques se caracterizaba por ser un proceso altamente mecanizado y que dependía de la localización de los centros de producción naval de los países industrializados. Los astilleros de Reino Unido, Alemania, Italia y América del Norte gestionaban el desmantelamiento de los grandes buques que la flota mundial desechaba. A partir de 1970, la industria se fue estableciendo paulatinamente en Asia, en un primer momento en Corea del Sur y Taiwán, y más tarde en los países del subcontinente Indio, China y Turquía. Las dos últimas décadas han fortalecido un emergente mercado de la extracción del acero y la recuperación de los materiales que componen el buque. Los amplios beneficios obtenidos por la venta del buque para su desmantelamiento, hicieron que entraran agentes especializados (intermediarios), en la actualidad controlan el 74 % del mercado¹⁻³. La distribución de los principales países dedicados al desguace se muestra en la figura 1.

La evolución histórica del sector mundial de desmantelamiento de buques, fue desplazando el desguace de los grandes buques a los países con menores costes de explotación, principalmente propiciado por el coste de la mano de obra, la demanda de acero y una laxa regulación medio ambiental y laboral¹⁻³. La industria del desguace o "reciclado" de buques a escala mundial procesa los cientos de buques que son desmantelados anualmente, con un desigual impacto para la salud y el medio ambiente. Los principales métodos utilizados son el desmantelamiento en la playa (varada voluntaria) y en muelle, siendo el primero, con más del 80 %, el que

concentra la mayor parte de la industria en países como India, Bangladesh y Pakistán. Residualmente, podemos encontrar instalaciones que desmantelan los buques empleando un dique seco, las cuales permiten minimizar en gran medida el impacto de la actividad sobre el medio⁴⁻⁷.

Desde una perspectiva humana y ambiental, la recolocación de los últimos años de la industria, ha supuesto potenciar un problema ambiental y laboral en los países "menos ricos y desarrollados". Los estudios han puesto de manifiesto unas lamentables condiciones laborales y el significativo impacto en el medioambiente que circunda los patios de desmantelamiento asiáticos³⁻⁸. Las áreas costeras sufren una paulatina degradación ambiental y de la biodiversidad, en ocasiones irreversibles²⁻⁷. Los componentes tóxicos del buque terminan sin demasiado control formando parte del sedimento o disueltos en las aguas costeras⁸⁻¹⁰. Los principales contaminantes generados por la actividad se encuentran relacionados con el buque y su explotación, entre otros destacar la presencia de hidrocarburos, especies invasoras, metales pesados y amianto^{2,4,11,12}.

Figura 1. Histórico del número de buques desmantelados por país y año. Fuente: Elaboración propia basada en los datos de UNCTAD-Stat and SAJ



LA ACTIVIDAD DEL RECICLADO DE BUQUES EN ESPAÑA

La evolución y continuidad del sector de reciclado de buques en España, complementa las tendencias de la industria a escala mundial, recurriendo y explotando los nichos del mercado mundial. El reciclado de los buques en España parece tener "refugio" en las instalaciones portuarias, circunnavegando las normativas marítimas y las asociadas a la gestión de los residuos generados por la actividad, lo cual propicia, instalaciones autorizadas y certificadas con prácticas "irregulares", o que se realicen desmantelamientos en condiciones "ilegales".

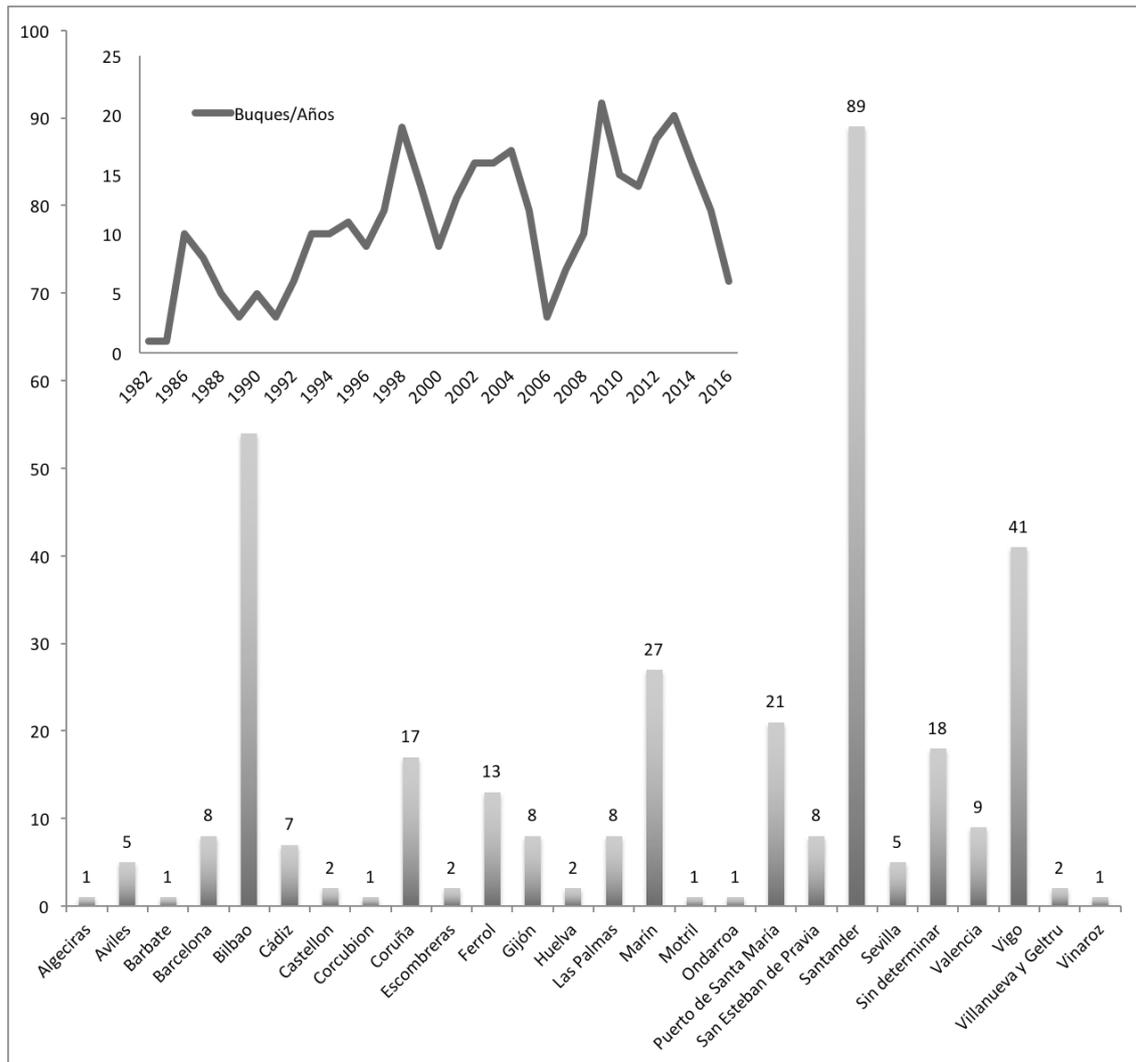
El Real Decreto Legislativo 2/2011, establece en su artículo 63, punto 4 «Los titulares de las citadas instalaciones portuarias deberán aprobar un Plan de Recepción de Desechos y Residuos con arreglo a lo indicado en el anexo I del Real Decreto 1381/2002, de 20 de diciembre, que deberá ser aprobado por la Autoridad Portuaria y que pasará a formar parte del Plan de Recepción del Puerto. Trimestralmente, comunicarán a la Autoridad Portuaria la relación de servicios de recogida realizados, indicando el buque, el tipo de desecho o residuo y la cantidad recibida, entre otros datos que se les soliciten. Además, a cada buque que utilice sus servicios de recepción, estas instalaciones portuarias deberán expedir un recibo de residuos MARPOL, según el modelo

unificado que figura en el anexo III del Real Decreto 1381/2002, de 20 de diciembre. La Autoridad Portuaria podrá supervisar el cumplimiento del Plan de Recepción de los titulares de dichas instalaciones. Dentro del ámbito portuario y de una forma general, las empresas que presten servicios para el desmantelamiento y el reciclado de los buques deberán aprobar un Plan de recepción de desechos y residuos con arreglo a lo indicado en el anexo I del RD 1381/2002^{13,14}.

En contraposición, la posibilidad de negocio en el desguace de buques ha fortalecido la entrada de otras nuevas instalaciones con una gestión medio ambiental de primer nivel y adaptadas a las particularidades del desmantelamiento de buques "tóxicos" en una zona de especial sensibilidad ambiental y bajo regulaciones específicas¹⁵.

La figura 2 muestra el número de buques desmantelados en España entre los años 1982-2016, y sus principales localizaciones. La horquilla de edad de la mayoría de los buques desmantelados se encuentra entre los 25 y 35 años de servicio. Es de reseñar, que las estadísticas aportadas no tienen presente el desmantelamiento de las pequeñas embarcaciones, buques militares, ni las más de 7000 unidades dadas de baja en la flota pesquera española de las últimas décadas¹⁶.

Figura 2. Histórico del número de buques declarados para su desmantelamiento en España, y según localización para el periodo (1982-2016). Buques (>100 GT). Fuente: Elaboración propia basada en los datos de Clarkson's y LIU



BAHÍA DE CÁDIZ

La bahía de Cádiz es una amplia zona costera influenciada por los ciclos mareales. En su saco interior, la bahía queda configurada por los aportes fluviales, además de una red salina (esteros) alimentados por agua de mar mediante largos y estrechos canales (caños o cursos de agua salina). Desde época milenaria, sus particularidades geográficas y la explotación de sus recursos han dado soporte a su actividad portuaria e industrial, lo cual ha propiciado la concentración de los núcleos de población en torno a la misma. El área presentada es un elemento fundamental de la biodiversidad marina y terrestre, contando además con espacios naturales bajo la protección de figuras nacionales (parque natural). Por otro lado, el litoral es un referente vacacional y de ocio

debido a su patrimonio cultural y recreativo.

En décadas pasadas, la bahía de Cádiz ha sido un centro mundial de referencia de la construcción naval. En la actualidad, el desplazamiento de la industria a los grandes centros asiáticos ha favorecido una reconversión y especialización del sector hacia la reparación y el mantenimiento de los buques, dejando la construcción naval como un elemento residual de las instalaciones. El desmantelamiento de buques mediante la utilización de las instalaciones existentes destinadas a la construcción de buques, no parece ser una de las apuestas de los gestores de las mismas, únicamente como situaciones anecdóticas (véase, figura 2). Teniendo como consecuencia que el desguace de buques en la bahía de Cádiz se encuentre localizado en los muelles

de ribera del Puerto de Santa María, principalmente dedicados a pequeñas embarcaciones y en los últimos años especializados en el desmantelamiento de los buques de la Armada.

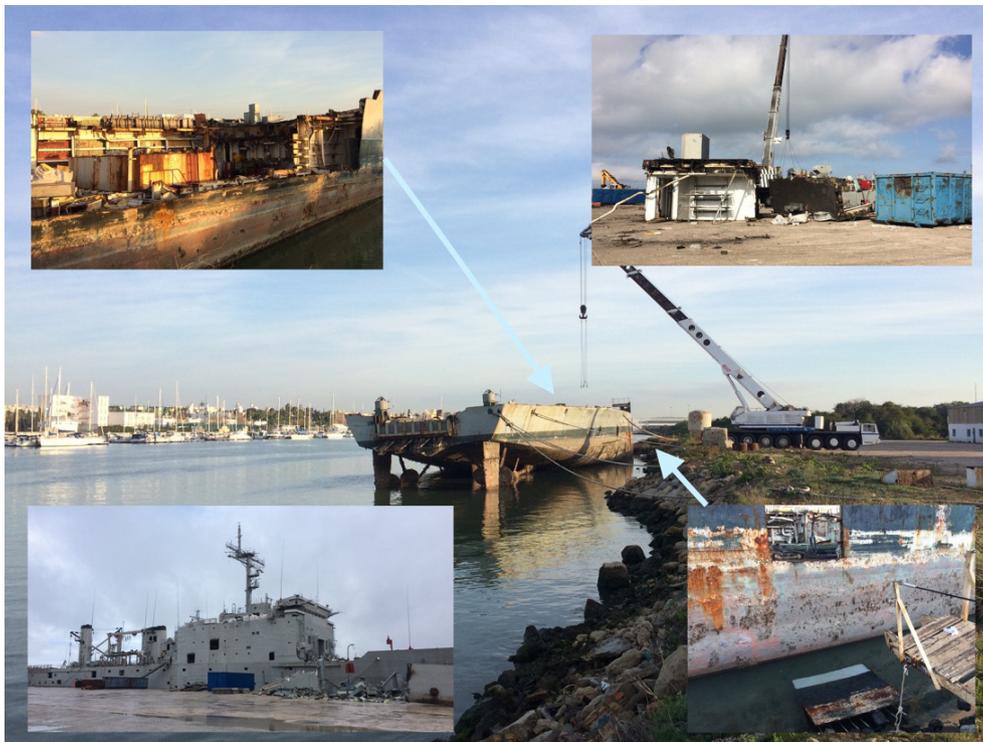
En 1986, en el Puerto de Santa María (Cádiz), se registra y desmantela el primer buque, un remolcador de bandera de Reino Unido con 183 toneladas de arqueo bruto (GT), según la información facilitada por las bases de datos especializadas Clarkson's y Lloyd's Maritime Intelligence (LMI). Durante años, la actividad ha estado centrada en el desmantelamiento de pequeñas embarcaciones, principalmente buques pesqueros y embarcaciones militares, además de otros tipos de buques como los de carga general, pasajeros, suministro de combustible y dragas de mediano porte. Según la información consultada en citadas bases de datos, un total de 21 buques, lo cual suma un total de 46 736 toneladas de arqueo bruto desmanteladas.

En 2016 y principios de 2017, la instalación del Puerto de Santa María se dedicó en exclusiva al desmantelamiento del buque de la Armada L42 (Pizarro), buque de desembarco anfibio con más de 40 años de vida, adquirido por la empresa Desguaces y Reciclajes de la Bahía S.L. (DRB) para ser desmantelado en la citada

instalación. DRB, situada en el recinto portuario del Puerto de Santa María, viene realizando su actividad desde hace más de dos décadas. En la actualidad cuenta con las debidas autorizaciones y certificaciones para la realización de actividades en las aguas de dominio portuario y en la zona de servicio del puerto. La ordenación del plan urbanístico de la zona portuaria del Puerto de Santa María únicamente contempla en sus usos el desguace de pequeña escala, según queda reflejado en la Orden del 7 de noviembre de 2012 de la Junta de Andalucía (Plan especial de Ordenación del Puerto de la Bahía de Cádiz).

La Armada sigue un laborioso proceso burocrático en la baja de sus unidades. En una primera fase de desmilitarización o desarme, donde son retirados elementos reutilizables. Posteriormente, se inicia el expediente de baja del buque, para continuar con el proceso de valoración y posterior enajenación del bien. En el caso de ser desmantelado, la empresa adjudicataria deberá reunir las condiciones recogidas en el pliego de la subasta, teniendo que documentar su capacidad de gestión medio ambiental, entre otros requisitos. En la figura 3, podemos observar algunas de las fases del proceso de desmantelamiento del L42 en la instalación del Puerto de Santa María.

Figura 3. Fases en el desmantelamiento del L42¹. Fuente: El autor



¹Datos generales: Eslora máxima: 169 m, manga: 21,5 m. Desplazamiento: 8750 t (Plena carga). Botado en los astilleros de San Diego (USA) en 1971, perteneció a la US Navy con la denominación (LST-1196), en 1995 fue comprado por la Armada Española

Las certificaciones y autorizaciones con las que cuenta DRB parecen no contemplar los posibles vertidos y derrames asociados a la actividad, como se puede observar en la figura 3. Podemos constatar, que el reciclado del buque L42 no ha contado en ningún momento con las debidas barreras físicas de protección necesarias para la ejecución de un reciclado racional. En la instalación del Puerto de Santa María, finalizan el desmantelamiento de los buques de mayor porte mediante la varada en una playa próxima, método altamente cuestionado e "ilegal" en el ordenamiento europeo. La UE señaló que: «El desguace de un buque en una playa supondría una clara violación de las disposiciones de la Directiva marco 2008/98/ sobre los residuos». En este sentido, el artículo 13, párrafo d) del Reglamento (UE) nº 1257/2013 establece que las instalaciones deberán: «establecer sistemas, procedimientos y técnicas de gestión y vigilancia que permitan prevenir, reducir, reducir al mínimo y, en la medida de lo factible, eliminar: i) los riesgos para la salud de los trabajadores afectados y para los residentes en las inmediaciones de las instalaciones de reciclado de buques, y; ii) los efectos adversos sobre el medio ambiente causados por el reciclado de buques». El citado Reglamento, en el artículo 13, apartado 1, párrafo f) declara que las instalaciones deberán: «prevenir los efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente, incluida la demostración del control de cualquier escape, en particular en zonas intermareales»¹⁷⁻¹⁹.

Económicamente, la actividad se fundamenta en la recuperación de los materiales que componen el buque y con carácter residual el de los equipos con valor comercial. El proceso tiene comienzo con el atraque de la embarcación, y posteriormente se la despoja de los elementos de valor. El reciclado de buque en una moderna y regulada instalación tiene como inicio la retirada de los materiales nocivos (pre-limpieza) y la remoción de las superestructuras del buque. Desmanteladas las cubiertas superiores, se aligera el casco de la embarcación, hasta poder ser izado mediante grúas o maquinaria auxiliar. En caso contrario, en la instalación del puerto de Santa María se procede a remolcar la embarcación (buque) a una playa próxima, donde aprovechando la amplitud de marea de la zona, el buque se fragmenta en trozos de menor tamaño para su posterior izado. En todo el proceso se deberían extremar las medidas que eviten la dispersión y, el vertido de los productos y sustancias tóxicos que tiene asociado el desmantelamiento^{5,7,20}.

MARCO NORMATIVO

La comunidad internacional, con motivo del alarmante aumento de los vertidos de residuos por parte de las grandes potencias desarrolladas en los países menos industrializados, elaboró el Convenio de Basilea (CB) sobre

el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación que entró en vigor el 5 mayo de 1992. El objetivo del CB es proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes de la generación, la gestión, los movimientos transfronterizos y la eliminación de desechos y otras basuras. Por otro lado, el CB da soporte a cuestiones técnicas y jurídicas^{21,22}. Desde la adopción del texto original, la enmienda más significativa fue *Basel Ban* o *Ban Amendment* en 1995, la cual, prohíbe la exportación de residuos peligrosos de los países miembros de la OCDE a los que no forman parte de la organización, non-OCDE²³⁻²⁶.

Partiendo del principio de que el buque debe ser considerado un residuo en el momento de ser destinado al desmantelamiento, armadores y propietarios, además de los propios Estados debería asumir una gestión segura y racional del mismo en su reciclado²⁶⁻²⁸. En 2002, la sexta reunión de la Conferencia de Partes tomó la decisión VI/24, las "Directrices técnicas para el manejo ambiental racional del desguace total o parcial de embarcaciones" por la Secretaría del CB⁷. La falta de efectividad del CB para controlar el envío de buques "tóxicos" a los patios de desguace asiáticos, ha requerido que la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las partes del Convenio de Basilea, ONG, y un gran número de organizaciones relacionadas con el negocio marítimo, trabajen de una forma conjunta y con la mayor cobertura posible. En 2002, las organizaciones anteriormente citadas comenzaron un periodo de sesiones con la finalidad de elaborar "Directrices Técnicas" que fueran un referente para todos los agentes implicados. La OMI en 2003 aprobó en Londres las Directrices sobre el Reciclaje de Buques, además se estableció la necesidad de crear un grupo de trabajo, al cual se denominó Grupo mixto de Trabajo de la OMI, la OIT y el CB²⁹. Complementando el trabajo de la OMI, la OIT elaboró el documento "Seguridad y salud en el desguace de buques: Directrices para los países asiáticos y Turquía". Un grupo de expertos en diferentes campos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo, además de una representación de los países Asiáticos dieron como resultado las citadas Directrices³⁰.

En 2004, la Convención de Basilea insta a la OMI a elaborar requerimientos vinculantes que mejoren la situación del desguace de buques. La OMI desarrolló "Guidelines for the development of the ship recycling plan" para un desguace más racional³¹. Para evitar la duplicación de regulaciones y la unificación de criterios en el reciclado de buques, en mayo de 2009, la Organización Marítima Internacional desarrolló una conferencia diplomática con motivo de ultimar y adoptar el "Convenio Internacional de Hong Kong para el reciclaje seguro y ambientalmente

racional de los buques" (en adelante Convenio de Hong Kong, CHK)³². El CHK da respuesta a todos los aspectos del reciclado de buques, desde la fase de construcción y la selección de los materiales a la selección de un mecanismo de aplicación adecuado al reciclaje de buques y su certificación. Con posteridad, la OMI ha desarrollado Directrices y guías que contemplan la totalidad de etapas del desmantelamiento en un buque y son un referente para la industria mundial^{33,34}.

La Unión Europea (UE), desde la firma del CB a la publicación del Libro Verde para un mejor desmantelamiento de los buques³⁵, ha tenido como referente la aplicación del CB a los buques que son enviados fuera de sus fronteras. La UE reconoce que el Convenio de Basilea es de aplicación a todos los tipos de buques cuando son tratados como residuos y su movimiento transfronterizo debe ser considerado como el de un residuo peligroso³⁶. Postura que ha sido mantenida por la Comisión Europea en su documento: "Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el reciclaje de buques" (COM/2012/0118)³⁷. La evolución de la normativa internacional y una posición crítica de la UE son trasladadas en 2013, al Reglamento (UE) n° 1257/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de noviembre de 2013, relativo al reciclado de buques y por el que se modifican el Reglamento (CE) n° 1013/2006 y la Directiva 2009/16/CE¹⁸. El cual introduce y promueve esencialmente la aplicación de los requerimientos del CHK^{18,32} en el ordenamiento europeo.

La visión y respuesta al reciclado de buques en la UE ha sido trasladado por la administración española, en forma de inquietudes al Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022. El mismo identifica y define ciertas particularidades del desguace de buques, y pone de manifiesto las necesidades de la industria y su ordenación, sin establecer un marco normativo específico para los buques de mediano porte, dejando su gestión al amparo de una normativa general en materia de residuos.

Junto a las regulaciones presentadas hasta ahora, son de reseñar los estándares internacionales, los cuales fortalecen una gestión sostenible en las instalaciones. En 2009, la *International Standard Organisation* (ISO) publicó la serie ISO 30 000 para la implementación de sistemas de gestión en el reciclado de buques, complementando así las familias anteriores ISO 9000 y 14 000. Para los sistemas de gestión en materia de salud y seguridad laboral, ISO ha publicado en 2013 la serie 45 000 análoga al estándar *Occupational Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) 18000. Hay que resaltar que la certificación y participación de los estándares ISO y OHSAS es voluntaria.

REPERCUSIONES DEL DESGUACE EN EL MEDIO

En general, el desguace de buques tiene un significativo impacto sobre el medioambiente y los seres humanos, tanto de forma inmediata, como por la acumulación de compuestos en las zonas de influencia. Durante las operaciones de desmantelamiento de un buque se pueden dispersar en el medio un gran número de gases, líquidos y sólidos contaminantes. Los contaminantes más comunes son metales pesados, amianto (asbesto), hidrocarburos y contaminantes orgánicos persistentes, además de otras sustancias que el buque haya podido transportar con anterioridad a su desmantelamiento^{5,7,38,39}. La acuciante necesidad de incluir el reciclaje de buques en el programa de trabajo del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI se expuso en el documento MEPC42/18/1. El citado documento indica una serie de sustancias potencialmente peligrosas para el medio ambiente presentes en un buque que se ha retirado del servicio para su reciclaje, además, se describen los riesgos para la seguridad y el medio ambiente que se presentan cuando se procede al reciclaje de los buques⁴⁰. La eliminación de los materiales indicados hace necesario contar con el equipamiento, medidas y sistemas de contención apropiadas. Unos altos índices de contaminantes disueltos en el agua pueden llegar a pasar a la cadena trófica, por ser capaces estos de atravesar las membranas de los peces y de otros seres vivos del medio acuático^{2,5,7,26,30}.

La presencia y cantidad de amianto y de otros compuestos tóxicos en un buque, queda condicionada por la normativa que fue aplicada en su construcción, y por lo tanto en la antigüedad del mismo, además de las posibles modificaciones o reparaciones realizadas durante su periodo de explotación. Durante las operaciones de pre-limpieza del buque, es primordial realizar un proceso de identificación y marcado de los posibles elementos o equipos susceptibles de contener amianto, mediante la toma de muestras y su caracterización. Posteriormente, efectuar un minucioso proceso de retirada del amianto en unas condiciones de completo aislamiento del espacio y de los trabajadores que lo manipulan. El desguace de un buque puede ser considerado como una actividad de alto riesgo de exposición al amianto, su bioacumulación puede desembocar en un daño pulmonar irreversible o asbestosis. Los principales tipos de amianto de uso común en los buques son la amosita, crocidolita y crisotilo, localizados en partes del buque donde es necesario recurrir al aislamiento térmico, ignífugo o acústico, las cuales son las conducciones, válvulas, sistemas contra incendios, equipos propulsores, etc.^{2,5,7,30,41}.

Otras fuentes de emisión, como los clorofluorocarburos (CFC) y halones con un elevado poder de destrucción

de la capa de ozono, eran ampliamente utilizados en los equipos de extinción de incendios y refrigeración a bordo de los buques^{7,12,30}. La OMI desde 2005, no permite la instalación de sistemas que contengan CFC y halones⁴². Del mismo modo, su producción y uso han quedado prohibidos por el Reglamento (CE) 2037/2000. El RD 508/2007 requiere el suministro de información para cumplir con el Registro Europeo PRTR, y no establece de forma explícita la actividad del desmantelamiento como una industria, por lo cual, la obligatoriedad del suministro de información estaría sujeta a la autorización ambiental de la instalación. En menor medida, otras fuentes de contaminación atmosférica son las relacionadas con las operaciones de corte de las diferentes partes del buque, esta fase del desmantelamiento es responsable de la liberación de sustancias tales como dioxinas^{7,12,30}.

El presente documento tratará de responder a los siguientes objetivos: evaluar el impacto asociado a la actividad del reciclado de buques en la desembocadura del río Guadalete, además de presentar una serie de medidas generales sobre la gestión ambiental de las pequeñas instalaciones destinadas al reciclado de embarcaciones y buques.

METODOLOGÍA

INTENCIÓN Y ALCANCE

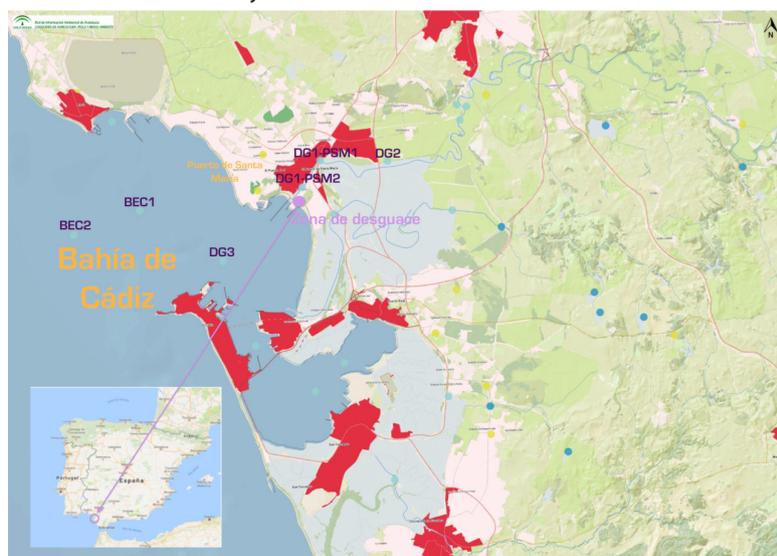
Como ha quedado expresado, el propósito general de este estudio es analizar las particularidades de la contaminación procedente del reciclado de los

buques mediante una revisión de la bibliografía disponible y relacionar los compuestos procedentes del desmantelamiento con sus posibles impactos en la bahía de Cádiz. La desafortunada gestión de los productos tóxicos que componen un buque destinado al desmantelamiento, puede condicionar la calidad medio ambiental del entorno donde se ubican las instalaciones, por lo cual se hace necesario un registro continuo y la valoración de los componentes presentes en el entorno. La limitación geográfica del estudio propuesto puede permitir una mejor identificación de las etapas críticas y de sus efectos, identificando fortalezas y debilidades con una mayor aproximación. Este trabajo, no contempla el tratamiento final o eliminación de los desechos o productos relacionados con la actividad.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra al suroeste de la Península Ibérica, en la misma podemos identificar dos entornos o zonas: la bahía externa (mar abierto) y una llanura mareal interna (saco). La propuesta nos permite establecer una relación con el entorno (figura 4), del río Guadalete y la conexión al mar abierto por el abra de la bahía de Cádiz. La zona se encuentra influenciada por el aporte estacional de agua dulce y una alta sedimentación en el saco interior de la bahía⁴³.

Figura 4. Mapa de situación de la instalación y del área de estudio¹



¹Fuente: Elaboración propia basado en Google Map y web JA. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb> (Consultado 07/03/2017)

INFORMACIÓN Y CALIDAD

Los datos analizados han sido obtenidos de la plataforma web de la Junta de Andalucía (JA), referentes a la calidad de las aguas, los cuales son facilitados por la Agencia de Medio Ambiente y Agua, dependiente de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio⁴⁴. Los datos proporcionados por la Consejería quedan enmarcados dentro del Plan de vigilancia de las aguas costeras y de transición, los cuales pertenecen a la demarcación del Guadalete y Barbate, y con la categoría de aguas costeras. En las localizaciones anteriores se realizan cuatro muestreos anuales, que incluyen elementos de calidad biológicos, físicos y químicos. La información principal utilizada en el estudio ha sido obtenida de un punto concreto de muestreo adyacente a la instalación (DG-PSM1). La tabla 1 presenta la información facilitada por la JA de los puntos de muestreo en la zona.

Para constatar la validez de los datos, hemos recurrido a la consulta de los informes publicados por el Laboratorio de control de la calidad ambiental de la JA, mediante los cuales son certificados las listas de ensayos bajo acreditación. Señalar que la toma de muestras se realiza según queda establecido en el RD 509/96, y la

Directiva marco del agua de la UE para los parámetros marcados en la gestión de la calidad del agua. En la tabla 2 se muestran las técnicas analíticas empleadas por la JA (Empresa de gestión medioambiental, egmasa) para determinar los diferentes parámetros en los muestreos⁴⁴.

Los materiales y líquidos procedentes del desmantelamiento de los buques incluyen químicos tales como sales, ácidos, pinturas, agentes cáusticos y otros agentes que son desechados contaminando el entorno. Además de alterar las propiedades físico químicas de la masa de agua y el sedimento próximos a las instalaciones donde se desguazan los buques^{2,5,7,12,20,45}.

Tabla 1. Localización de las estaciones de muestreo

| Nombre en la demarcación | Punto de Muestreo | ACRÓNIMO | Latitud (N) Longitud (W) |
|--|-------------------|----------|-----------------------------|
| DESEMBOCADURA DEL GUADALETE 1 (PUERTO DE SANTA MARÍA) (1) | 62T4040 | DG1-PSM1 | 36,60159° 6,21933° |
| DESEMBOCADURA DEL GUADALETE 1 (PUERTO DE SANTA MARÍA) (2) | 62T4050 | DG1-PSM2 | 36,58864° 6,23011° |
| DESEMBOCADURA DEL GUADALETE 2 | 62T4030 | DG2 | 36,60129° 6,179° |
| ÁMBITO DE LA DESEMBOCADURA DEL GUADALETE (3) | 62C2085 | DG3 | 36,55308° 6,27744° |
| BAHÍA EXTERNA DE CÁDIZ (1) | 62C2020 | BEC1 | 36,57736° 6,32773° |
| BAHÍA EXTERNA DE CÁDIZ (2) | 62C2025 | BEC2 | 36,56568° 6,36714° |

Tabla 2. Técnicas analíticas

| Categoría del Ensayo | Técnica Analítica | Parámetro | Rango |
|-------------------------------|--|------------------------------|---|
| Metales (Suelos y Sedimentos) | Digestión y espectroscopia de plasma acoplado inductivo (ICP/MS) | Aluminio | (2-400 000 mg/Kg) |
| | | Arsénico | (0,2-100 000 mg/Kg) |
| | | Cadmio | (0,1-100 000 mg/Kg) |
| | | Cromo | (0,4-400 000 mg/Kg) |
| | | Estaño | (2-400 000 mg/Kg) |
| | | Hierro | (2-400 000 mg/Kg) |
| | | Níquel | (0,4-400 000 mg/Kg) |
| | | Plomo | (0,2-100 000 mg/Kg) |
| | | Zinc | (2-400 000 mg/Kg) |
| Metales (Total/ Disuelto) | Espectroscopia de plasma acoplado inductivo (ICP/MS) | Aluminio T. | (10-500 000 g/L) |
| | | Arsénico T. | (1-25 000 g/L) |
| | | Cadmio T. | (0,5-25 000 g/L) |
| | | Cromo T. | (2-25 000 g/L) |
| | | Estaño T. | (10-25 000 g/L) |
| | | Hierro T. | (10-500 000 g/L) |
| | | Níquel T. | (2-25 000 g/L) |
| | | Plomo T. | (1-25 000 g/L) |
| | | Zinc T. | (10-500 000 g/L) |
| | | Aluminio D. | (10-10 000 000 g/L) |
| | | Arsénico D. | (0,25-25 000 g/L) |
| | | Cadmio D. | (0,025-25 000 g/L) |
| | | Cromo D. | (0,5-25 000 g/L) |
| | | Estaño D. | (1-25 000 g/L) |
| | | Hierro D. | (5-10 000 000 g/L) |
| | | Níquel D. | (0,5-25 000 g/L) |
| | | Plomo D. | (0,25-25 000 g/L) |
| | | Zinc D. | (5-1 000 000 g/L) |
| | | Organoestánicos | Extraíbles con PMDS por Cromatografía líquida de alta eficacia / espectrometría de masas con ionización por electrospray (HPLC/MS). |
| HAP/PAH | Extraíbles con PMDS por Cromatografía de gases/espectrometría de masas con ionización por impacto electrónico (CG/MS). | Benzo(a)pireno | (0,01-15 g/L) (A. Continentales) (0,01-3 g/L) (A. Marinas) |
| | | Benzo(b)fluoranteno | |
| | | Benzo(g,h,i)perileno | |
| | | Benzo(k)fluoranteno | |
| PCB | Extraíbles con PMDS por Cromatografía de gases/espectrometría de masas con ionización por impacto electrónico (CG/MS). | PCB (52-101-118-138-153-180) | (0,01-3 g/L) (A. Continentales) (0,02-6 g/L) (A. Marinas) |
| | | PCB (28-31) | (0,01-3 g/L) (A. Continentales) (0,02-6 g/L) (A. Marinas) |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La JA no facilita datos de sedimento en todas las estaciones de la demarcación, el portal web únicamente proporciona datos conjuntos de calidad del agua, y del sedimento para el punto de muestreo denominado como DG1-PSM2. La tabla 3 presenta los datos, algunas de las sustancias tóxicas tienen unos valores bajos que hacen difícil evaluar los riesgos de la posible contaminación, aumentando la dificultad por estar en presencia de otros

compuestos nocivos.

El pH en zona de estudio DG-PSM2 tiene un valor medio de 8,13. Los del amonio para el periodo 2009-2015, próximos a la instalación oscilan entre 0,006 y los 4,543 mg L⁻¹ (σ 1,32). Unos valores muy altos de pH en el agua de mar pueden ser debidos a un significativo aporte de amoniaco y a la actividad humana e industrial, los cuales aumentan los índices de turbiedad del agua y aceleran los procesos de erosión.

Tabla 3. Metales pesados en disolución y sedimento. Fuente: Elaboración propia basado en la web de la JA

| | Punto de Muestreo | As | | Cd | | Cr | | Cu | | Hg | | Ni | | Pb | | Zn | |
|------|-------------------|------------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L | Sed. mg/Kg | Dis. µg/L |
| 2015 | DG1-PSM2 | <5,715 | 1,68-1,76 | <0,575 | <0,05 | 51 | <2 | 29,3 | <2 | 0,064 | <0,01 | 29 | <2 | 17,9 | <1 | 76 | <10 |
| | DG2 | | 1,00-1,62 | | <0,05-0,64 | | <2 | | <2 | | <0,01 | | 2,20-3,02 | <1 | | | <10-13,8 |
| | BEC1 | | 1,22-2,13 | | <0,05-0,179 | | <2 | | <2 | | <0,01 | <2 | | <1 | | | <10 |
| 2014 | DG1-PSM2 | <5,715 | 1,68-2,80 | <0,575 | <0,05 | 42 | <2 | 30,0 | <2 | 0,147 | <0,01 | 29 | <2 | 18,3 | <1 | 73 | <10 |
| | DG2 | | <1-2,24 | | <0,05-1,03 | | <2 | 245* | | | <0,01 | | 2,45-75* | <1 | | | <10-10,1 |
| | BEC1 | | 1,92-3,38 | | <0,05-0,067 | | <2 | <2 | | | <0,01 | <2 | | <1 | | | <10 |
| 2013 | DG1-PSM2 | <5,715 | <1-2,85 | <0,575 | <0,05 | 66 | <2 | 28,3 | <2 | 0,052 | <0,01 | 30 | <2-2,16 | 17,0 | <1 | 80 | <0,01-<10 |
| | DG2 | | <1-1,09 | | <0,05-0,124 | | <2 | | <2-6,8 | | <0,01 | | <2-6,1 | <1 | | | <10-37,7 |
| | BEC1 | | 1,44-3,91 | | <0,05-0,061 | | <2 | | <2-6,2 | | <0,01 | <2 | | <1 | | | <10 |
| 2012 | DG1-PSM2 | 8,2 | 1,55-2,05 | <0,575 | <0,05 | 62 | <2 | 38,8 | <2-2,26 | 0,116 | <0,01 | 27,7 | <2-2,17 | 19,8 | <1-<2 | 111 | <10 |
| | DG2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | BEC1 | | 1,52-2,26 | | <0,05 | | <2-2,66 | <2 | | | <0,01 | <2 | | <1-<2 | | | <10 |
| 2011 | DG1-PSM2 | <5,715 | 1,88-2,15 | <0,575 | <0,05 | 37 | <2 | 27,1 | <2 | 0,064 | <0,01 | 26,5 | <2 | 16,8 | <1 | 68 | <10-14,7 |
| | DG2 | | 1,12-1,74 | | <0,05-0,116 | | <2-14,3 | | <2-3,65 | | <0,01 | | 2,29-12,9 | <2 | | | <10-32,2 |
| | BEC1 | | 1,75-2,04 | | <0,05 | | <2 | | <2-2,61 | | <0,01 | <2 | | <2 | | | <10 |

METALES PESADOS

Durante años, las regulaciones internacionales han tratado de limitar el uso de los metales pesados en los buques, y han tenido como resultado los buques verdes actuales. Sin embargo, las unidades desmanteladas en estos momentos fueron proyectadas y construidas bajo regulaciones menos restrictivas en el uso de materiales tóxicos. Por lo que, los metales pesados además de ser un elemento fundamental de las diferentes partes de un buque han sido utilizados para su construcción en décadas pasadas sin demasiado control. La exposición del ser humano a los metales pesados tiene como

principales vías la ingestión o la inhalación. Debemos considerar la posible bioacumulación de tales sustancias en la cubierta vegetal y en los organismos presentes en el medio acuático.

Los principales elementos del buque que son susceptibles de contener metales son: equipos electrónicos, pinturas, ánodos de sacrificio, etc. La tabla 4 muestra los índices de metales pesados encontrados en las aguas próximas a la instalación y su comparativa con estudios previos^{10,45-48}. La actividad del reciclado de buques tiene como principales indicadores de metales pesados el arsénico (As), cromo (Cr), hierro (Fe), cinc

(Zn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), cobre (Cu), estaño (Sn) y plomo (Pb), los cuales pueden ser encontrados en el agua, así como en el sedimento. Los niveles de salinidad afectan a las concentraciones de metales disueltos, decreciendo las concentraciones al aumentar la salinidad. Los valores de salinidad en las estaciones de curso fluvial Guadalete 1,1-23,1g L⁻¹, DG-PSM1 34,6-36,97 g L⁻¹ y BE 35,62-36,88 g L⁻¹, con lo cual en los dos últimos puntos de muestreo pueden reducir las concentraciones finales.

Las concentraciones de los metales pesados presentadas en la tabla 4 siguen el mismo patrón de los estudios propuestos para la bahía de Cádiz. Sin embargo,

Carrasco et al.⁴⁹ proponen como causa la contaminación industrial por descargas incontroladas en el punto de muestreo (sites 5, Guadalete river) no sugeridos en estudios previos, y coincidiendo con el DG-PSM2 próximo a la instalación de desmantelamiento de buques. El estudio anterior, también propone como estándar medio ambiental para determinar el grado de contaminación, los requerimientos establecidos por la *United State Environment Protection Agency* (USEPA)^{49,50}. Atendiendo a estos criterios, las principales causas de contaminación para el sedimento en DG-PSM2 se deberían al cromo y cinc, y como resultado de la actividad industrial.

Tabla 4. Concentraciones de metales pesados en sedimento (mg Kg⁻¹). Fuente: Elaboración propia basado en la web de la JA

| | Mn | As | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zn | Referencia |
|-------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|
| Aliaga | 283-1192 | | 0,006-3,94 | 55-264 | 20-703 | 0,32-7,02 | 28-240 | 91,3-751 | 86-970 | Neşer et al. ¹⁰ |
| Barbate | 249,1 | - | 1,95 | - | 35,9 | - | 35,4 | 32,6 | 82,0 | Cabrera et al. ⁴⁵ |
| Chittagang | - | - | 0,09-0,18 | 1,06-2,40 | 2,32-3,96 | - | 1,26-2,16 | 3,42-6,03 | 1,89-2,70 | Hossain y Rahman ⁴⁶ |
| Guadalquivir | 468,2 | - | 1,95 | - | 61,7 | - | 39,8 | 63,4 | 122,8 | Cabrera et al. ⁴⁵ |
| DG1-PSMA2 | - | 5,715-8,2 | 0,575 | 37-66 | 27,1-38,8 | 0,052-0,147 | 26,5-30,0 | 16,8-19,8 | 68,0-111,0 | Este trabajo (Datos JA) |
| Puerto de Cádiz | - | 3,4-30,7 | 0,92-1,3 | 0,1-14,9 | 7,0-202,8 | 0,05-2,0 | 0,06-21,3 | 2,3-86,9 | 21,27-378,3 | Casado-Martínez et al. ⁴⁷ |
| Caños bahía Cádiz | 341,9 | - | 1,66 | - | 36,9 | - | - | 62,7 | 271,9 | Gómez Parra et al. ⁴⁸ |

BIFENILOS POLICLORADOS

Los bifenilos policlorados (PCB) son considerados un potente contaminante, con unas altas tasas de persistencia en el medio ambiente. Por otro lado, su acumulación en los organismos vivos es causa de daños y alteraciones en los sistemas neurológicos, inmunitarios y reproductivos. Los compuestos asociados a los PCB están relacionados con los fluidos dieléctricos en equipos eléctricos y sistemas hidráulicos, además del recubrimiento del cableado, presentes en los buques de mayor antigüedad^{7,51,52}. La UE ha adoptado una estrategia sobre dioxinas, furano y PCB para reducir en todo lo posible las emisiones al medio ambiente⁵³. Los niveles de PCB que aporta la JA en sus muestreos de la estación (DG-PSM2) son los siguientes: PCB (52, 101, 118, 138, 153 y 180) de 0,0207-26,03 µg kg⁻¹, PCB (28-31) de 0,0414-52,06 µg kg⁻¹. En sedimento, el sumatorio Σ₇-PCB(28, 52, 101, 118, 138, 153 y 180) 182,79 µg kg⁻¹ muestra valores superiores a los hallados en otros estudios realizados en la zona⁴⁷.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

El principal sistema de corte utilizado para la deconstrucción de las partes metálicas en los buques son las antorchas de corte, el cual somete al acero a las altas temperaturas de la antorcha produciendo hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP/PAH); principalmente por la presencia en la combustión de pinturas y de los tratamientos del casco. Los HAP pasan al medio ambiente por las emisiones de la combustión, además de por los residuos generados en las zonas próximas a las de corte de la antorcha. La mayor parte de los HAP no se disuelven en el agua, degradándose en contacto con otras sustancias, por lo que la presencia y acumulación de HAP puede ser mayor en los seres vivos que en el medio que los circunda⁵²⁻⁵⁵. La exposición a los HAP puede inducir a mutaciones en el ADN y al daño celular, además de un aumento de la incidencia de diversos tipos de cáncer⁵⁶⁻⁵⁸. Los HAP analizados como indicadores de contaminación son: Benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno y Benzo(k) fluoranteno, en el punto DG-PSM1 su valores permanecen constantes en disolución 0,01(b); 0,0005(b); 0,0003 (g,h,i) y 0,0005 (k) µg L⁻¹ y en sedimento

oscilan entre 0,0207-26,03 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Al ser comparados con otros estudios de referencia¹⁰, los niveles de HAP en DG-PSM2 son muy inferiores, motivado por la gran diferencia entre el número unidades (GT/año) desmanteladas en las instalaciones de referencia y las desmanteladas en la instalación de Cádiz.

COMPUESTOS ORGANOESTÁNNICOS

Asociado a la actividad de desmantelamiento de un buque, pueden ser liberados compuestos organoestánnicos como tributil-estaño (TBT), monobutil-estaño (MBT) y trifenilestaño (TPT)^{24,12}. Su fuente está relacionada con el empleo de pinturas con tratamiento anti-incrustante en el casco de las embarcaciones, están considerados sustancias altamente tóxicas para la salud y el medio, alcanzando el máximo con el butilo. La OMI prohíbe el uso de TBT y el de otros productos químicos perjudiciales en los sistemas anti-incrustante en los buques, desde la entrada en vigor en 2008 del "Convenio internacional sobre el control de los sistemas anti-incrustantes perjudiciales en los buques, 2001".

Los organismos marinos sufren malformaciones, problemas de crecimiento y un aumento de la mortalidad por su exposición a los mismos. Los compuestos en el medio acuático quedan sometidos a procesos de degradación, fundamentalmente por causas microbiológicas y fotoquímica. En el caso de acumulación en los sedimentos, como por ejemplo en los espacios portuarios su persistencia puede ser mayor^{5,20}. Los datos aportados por JA en disolución muestran unas concentraciones superiores a las permitidas por el Real Decreto 60/2011 (Anexo I) de tributil-estaño (0,001-0,68 $\mu\text{g L}^{-1}$). Las amplias variaciones en los datos pueden hacernos pensar que se efectúan aportes regulares a la zona de estudio. Un análisis de las concentraciones en sedimento sería un buen indicador de la exposición real de la zona, de las cuales la JA no aporta datos.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que los efectos más relevantes son los relacionados con los compuestos organoestánnicos y los metales pesados en el sedimento. Los hallazgos deben ser considerados como preliminares, son necesarios datos adicionales para delimitar y confirmar la relación entre la actividad del desmantelamiento y sus efectos reales en el medio ambiente.

Puede resultar evidente la limitación que presenta este estudio al utilizar para el mismo unos datos de carácter general, que no han sido previamente seleccionados para su propósito, y por lo cual no ha

permitido realizar un adecuado planteamiento de los puntos de muestreo, con zonas control y gradientes de posible contaminación, que permitan diferenciar las diferentes fuentes de contaminación. En contrapartida, el uso de una información elaborada previamente, nos permite racionalizar unos escasos recursos destinados a la investigación.

RECOMENDACIONES

Las instalaciones destinadas al desmantelamiento de los buques pueden ser productoras de una gran cantidad de sustancias peligrosas, que requieren de una manipulación segura y de un tratamiento posterior sostenible. Con este propósito, la UE ha promulgado el Reglamento de Reciclado de Buques, el cual no incluye en su alcance entre otros: buques militares y de menos de 500 GT. Por lo cual, las instalaciones actuales van a seguir desmantelando la mayoría de sus buques o embarcaciones sin tener que adaptarse al nuevo marco normativo europeo, y a la espera de las nuevas propuestas legislativas.

Las políticas nacionales y regionales deberán asumir su parte de responsabilidad en la gestión de los viejos buques "tóxicos" y fortalecer una industria local de reciclado de buques sostenible. La implantación de una instalación para el desmantelamiento de buques o embarcaciones al final de vida útil, no puede quedar únicamente soportada en su viabilidad económica, siendo necesaria una valoración del compromiso social y ambiental de la actividad por parte de todos los agentes implicados. Por todo lo anterior, proponemos para las pequeñas instalaciones las siguientes recomendaciones: una aplicación objetiva de la normativa nacional y europea; una evaluación pormenorizada de las guías y convenios promulgados por la comunidad internacional y su posterior implantación en las instalaciones; la protección del medio circundante a la zona de desguace; la supervisión y control de los materiales nocivos propios de la actividad; una implementación efectiva de sistemas de inspección y control de las actividades por parte de las instituciones responsables; una clarificación de competencias institucionales en el seguimiento, control y autorización de las instalaciones; el desarrollo de planes de contingencia específicos para los episodios de contaminación y emergencias; el aumento de niveles de protección de los trabajadores y una formación especializada del personal. Además de promover un dialogo abierto de las partes implicadas y la promoción de estudios y proyectos que mejoren la calidad ambiental de las instalaciones y la salud de los trabajadores. Las recomendaciones propuestas en el apartado anterior son de carácter general, y por consiguiente aplicables también a la actividad del reciclado de buques en la bahía de Cádiz.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Ante la falta de estudios concretos sobre el tema propuesto a nivel nacional, con datos que avalen la realidad del impacto de la actividad del reciclado de buques para salud y el medio ambiente, resulta necesario e imprescindible la realización de estudios más amplios, para conocer la situación real de la contaminación en la bahía de Cádiz procedente de la actividad de desguace de buques y sus posibles impactos, dada la importancia de la zona a nivel poblacional, cultural y natural.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento tanto a las editoras, así como a los revisores de la publicación que han hecho posible que el estudio propuesto tenga una mejora sustancial desde sus primeras versiones, además de una amplia evolución positiva en todos sus aspectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Rousmaniere P, Raj N. Shipbreaking in the developing world: Problems and prospects. *Int. J. Occup. Environ. Health* 2007; 13(4):359-68.
- Sarraf M, Stuer-lauridsen F, Bloch R, Watkinson R. The Ship Breaking and Recycling Industry in Bangladesh and Pakistan. Report No 58275-SAS. World Bank. 2010. [citado 4 de mayo de 2017] Disponible en: <http://siteresources.worldbank.org/SOUTHASIAEXT/Resources/223546-1296680097256/Shipbreaking.pdf>.
- Demaria F. Shipbreaking at Alang–Sosiya (India): An ecological distribution conflict. *Ecol. Econ.* 2010; 70(2):250–60.
- ILO. Safety and Health in Shipbreaking: Guidelines for Asian Countries and Turkey. Geneva, CH: International Labour Office; 2004.
- COWI/Litehauz. Certification of Ship Recycling Facilities, study for EMSA. 2008.
- Ecorys D-G and ES of L. Financial instrument to facilitate safe and sound ship recycling. Study by European Commission. Final Report. Brussels, Belgium: European Commission; 2016.
- UNEP. Secretaría del Convenio de: Directrices Técnicas para el manejo ambientalmente racional del desguace total y parcial de embarcaciones. UNEP/CHW.6/23. Geneva, CH: United Nations Environment Programme (UNEP); 2003.
- Neşer G, Ünsalan D, Tekoğul N, Stuer-Lauridsen F. The shipbreaking industry in Turkey: environmental, safety and health issues. *J. Clean Prod.* 2008; 16(3):350-8.
- Hiremath AM, Pandey SK, Asolekar SR. Development of ship-specific recycling plan to improve health safety and environment in ship recycling yards. *Journal of Cleaner Production.* 2015; 116(1):279-298.
- Neşer G, Kontas A, Unsalan D, et ál. Heavy metals contamination levels at the Coast of Aliağa (Turkey) ship recycling zone. *Mar Pollut. Bull.* 2012; 64(4):882-7.
- Sujauddin M, Koide R, Komatsu T, et ál Characterization of ship breaking industry in Bangladesh. *J Mater Cycles Waste Manag.* 2014; 17(1):72-83.
- COWI/DHI. Ship dismantling and Pre-Cleaning of Ships, Final Report for the European Commission, DG Environment. Brussels, Belgium: European Commission; 2007.
- Real Decreto 1381/2002, de 20 de diciembre, sobre instalaciones portuarias de recepción de desechos generados por los buques y los residuos de la carga. BOE nº 305, de 21 de diciembre.
- Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante. BOE nº 253, de 20 de octubre.
- Decisión de Ejecución (UE) 2016/2323 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2016, por la que se establece la lista europea de instalaciones de reciclado de buques con arreglo al Reglamento (UE) no 1257/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al reciclaje de buques (C/2016/8507). (DOL 345/119), del 20 de diciembre.
- COWI. Recovery of obsolete vessels not used in the fishing trade. Final Report for the European Commission, DG Environment. Brussels, Belgium: European Commission; 2011.
- Recomendación de la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria, del 11 de marzo de 2014, en el apartado "Exposición de motivos"; sobre el proyecto de Decisión del Consejo relativa a la ratificación del Convenio Internacional de Hong.
- UE. Reglamento (UE) No 1257/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, 20 de noviembre de 2013, relativo al reciclado de buques y por el que se modifican el Reglamento (CE) no 1013/2006 y la Directiva 2009/16/CE. (DOL 330/1), del 12 de diciembre.
- Comisión Europea. Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre la «Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el reciclado de buques» [COM(2012) 118 final — 2012/0055 (COD)] (2012/C 299/29). Bruselas, 4 de noviembre de 2012.
- Litehauz. Feasibility Study for Ship Dismantling. Commissioned by the UNEP Secretariat. Lyngby, DK: Litehauz; 2013.
- UNEP. The Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Waste and their Disposal, Basel was adopted on 22 March 1989 and entered into force on 5 May 1992. Geneva, CH: UNEP; 1989.
- UNEP. Convenio de Basilea. Europa: Síntesis de la legislación de la UE. UNEP/BRS/2014/3. United Nations Environment Programme (UNEP) Geneva, CH: UNEP; 2006.
- UNEP. Ban Amendment to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal. UN-Doc. UNEP/CHW.3/35. UNEP Geneva, CH: UNEP; 1995.

24. Andrews A. Beyond the ban – can the Basel convention adequately safeguard the interests of the world's poor in the international trade of hazardous waste? *Law Environ. Dev. J.* 2009; 5(2):1-167.
25. Goodwin EJ. Shipbreaking to Sustainable Ship Recycling: Evolution of a Legal Regime. *International Journal of Marine and Coastal Law.* 2012; 27(3):659-670.
26. Puthucherril TG. From Shipbreaking to Sustainable Ship Recycling: Evolution of a Legal Regime. Leiden, The Netherlands: Brill Nijhoff. 2010. pp. 284.
27. UE. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. *Parlam. Eur.* 2008; 28 pp. DOUE nº 312, de 22 noviembre.
28. Moen AE. Breaking Basel: The elements of the Basel Convention and its application to toxic ships. *Mar Policy.* 2008; 32(6):1053-62.
29. OMI. Directrices sobre el reciclaje de buques, Resolución A.962(23). Londres, UK: IMO; 2004.
30. OIT. Seguridad y salud en el desguace de buques: directrices para los países asiáticos y Turquía. Geneva, CH: ILO Pub. 2003.
31. IMO. Guidelines on Ship Recycling. 2006th ed. Londres, UK: IMO Pub. 2006.
32. OMI. Convenio Internacional de Hong Kong para el reciclaje seguro y ambientalmente racional de los buques, 2009. Acta final de la Conferencia de Hong Kong: documento (SR/CONF/46), 19 de mayo de 2009.
33. El CHK no ha entrado en vigor, véase "Estado jurídico de los convenios". Información on line [actualizado en 2016; citado 07/03/2017] Disponible en: <http://www.imo.org>.
34. Directrices de la OMI, según las diferentes resoluciones del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC): MEPC.197(62) modificadas por MEPC.269(62); MEPC.196(62); MEPC.210(63); MEPC.211(63); MEPC.222(64); MEPC.223(64). Londres, UK: IMO; 2011-2012.
35. UE. Comisión Europea, Libro Verde, Mejorar el desmantelamiento de los buques. COM (2007)269; Bruselas, de 22 mayo 2007.
36. Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal Tenth meeting. Report of COP to the BC 17-21 October 2011, (UNEP/CHW.10/28).
37. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el reciclado de buques. COM/2012/0118 final-2012/0055 (COD); Bruselas, 23 de marzo de 2012.
38. Galley M. Shipbreaking: Hazards and Liabilities. 1st ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2014. p. 236.
39. Reddy MS, Basha S, Kumar VGS, Joshi HV, Ghosh PK. Quantification and classification of ship scraping waste at Alang-Sosiya, India. *Marine Pollution Bulletin.* 2003; 46(12):1609-14.
40. Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI. Lista de documentos emitidos en relación con el 42º periodo de sesiones, 2-6 noviembre 1998. MEPC42/INF.38, de 29 de enero de 1999.
41. Wu W Te, Lin YJ, Shiu HS, et ál. Cancer incidence of Taiwanese shipbreaking workers who have been potentially exposed to asbestos. *Environ. Res.* 2014; 132:370-8.
42. OMI. Enmiendas de 2008 al Anexo del Protocolo de 1997 del Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973 (MARPOL), modificado por el Protocolo de 1978. Londres, UK: IMO Pub; 2008.
43. Achab M, Gutierrez Mas J, Moral Cardona J, et ál. Diferenciación de facies relictas y actuales en los sedimentos recientes de los fondos de la bahía de Cádiz. *Geogaceta* 2000; 191-4.
44. JA. Calidad del medio hídrico. 2016. [actualizado en 2016; citado 07/03/2017] Disponible en: <http://dma.agenciamedioambienteyagua.es>.
45. Cabrera F, Cordon R, Arambarri P. Metales pesados en las aguas y sedimentos de los estuarios de los ríos Guadalquivir y Barbate. *Limnetica* 1987; 3:281-90.
46. Hossain MM, Rahman MA. Ship breaking activities: threats to coastal environment and fish biodiversity. *Ecosyst Heal TH Manag. Pollut. Bay Bengal.* 2011; 34(2): 23-42.
47. Casado-Martínez MC, Forja JM, Del Valls TA. A multivariate assessment of sediment contamination in dredged materials from Spanish ports. *J Hazard Mater.* 2009; 163(2-3):1353-9.
48. Gómez Parra A, Establier R, Blasco J. Distribución de metales pesados en sedimentos superficiales de los caños de alimentación de esteros de la bahía de Cádiz. *Inf. Téc. Inst. Invest. Pesq.* 1984; 120:1-21.
49. Carrasco M, López-Ramírez JA, Benavente J, et ál. Assessment of urban and industrial contamination levels in the bay of Cadiz, SW Spain. *Marine Pollution Bulletin* 2003; 46(3):335-345.
50. Hamdy Y, Post L. Distribution of mercury, trace organics, and other heavy metals in Detroit River sediments. *J. Great Lakes Res.* 1985; 11(3):353-65.
51. De La Fayette L. The Protection of the Marine Environment 1999. *Environ. Policy Law* 2000; 30(1-2):51-60.
52. UE. Comunicación de la Comisión al Consejo, Parlamento Europeo y Comité Económico y Social, de 24 de octubre de 2001, «Estrategia comunitaria sobre las dioxinas, los furanos y los policlorobifenilos». COM(2001) 593 final, Diario Oficial C 322 de 17 de noviembre.
53. Ortiz JE, Torres T. Análisis y distribución de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH) en suelos y aguas de escombreras en Puertollano (Ciudad Real). *Geogaceta* 2008; 44:143-6.
54. González JJ, Viñas L, Franco MA, Soriano JA. Niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en peces pelágicos de interés comercial del Cantábrico en relación con la seguridad

alimentaria. Informe nº 13 a. Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Marzo 2003.

55. Rubio Armendáriz C, Álvarez Marante R, Hardisson de la Torre A. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en productos de la pesca: revisión. *Rev. Toxicol.* 2006; 1–6.
56. Vives Í, Grimalt JO, Guitart R. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos y la salud humana. *Apunt. Cienc. y Tecnol.* 2001; 3:45–7.
57. Nisbet ICT, La Goy PK. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 1992; 16(3):290–300.