

INSTITUTO DE ESTUDIOS VIGUESES

*Membro da “Confederación Española de Centros de Estudios Locales”
(Consejo Superior de Investigaciones Científicas)*

GLAUCOPIS



VIGO

Año XXII - Número 22 - 2017

O INSTITUTO DE ESTUDIOS VIGUESES, non se identifica necesariamente cos artigos publicados nas súas páxinas, respectando a independencia dos seus autores. Está permitida a reprodución, sempre que se cite a procedencia e con previa autorización do Instituto.

EDITA:

INSTITUTO DE ESTUDIOS VIGUESES

Rúa Cánovas del Castillo, 2, 2º andar. 36202 VIGO

e-mail: info@ievigueses.com

web: www.ievigueses.com

IMPRIME:

OBRADOIRO GRÁFICO, S.L.

Polígono Ind. do Rebullón, 52-D de MOS

I.S.S.N.: 1135-1810

Dep. Legal: VG 344-1995



GLAUCOPIS



Boletín do Instituto de Estudios Vigueses



La contaminación en la ría de Vigo.

Por Juan Bellas, Lucía Viñas, Victoria Besada, María Ángeles Franco, María Inmaculada Alves, Jessica Bargiela, Bruno Cambeiro, María López, Begoña Pérez, Diego Rial, Fernando Schultze, José Antonio Soriano, Leticia Vidal.¹

INTRODUCCION

La costa gallega es la más accidentada de la Península Ibérica, siendo su rasgo más característico la presencia de amplios valles fluviales inundados por el mar que se denominan rías. Una de las características oceanográficas más relevantes del medio marino adyacente a las rías gallegas son los afloramientos costeros, que consisten en la entrada de agua subsuperficial rica en sales nutrientes que da lugar a un incremento de su concentración en la capa superficial, iluminada, donde tiene lugar el desarrollo del fitoplancton. Este fenómeno es de una gran importancia por su efecto fertilizador y potenciador de la producción biológica y, en la costa oeste de Galicia, tiene lugar con vientos de componente norte, principalmente al final de la primavera, alcanzando su intensidad máxima en verano.

Esta es la razón de la gran productividad de las rías, que constituyen zonas transición entre los medios continental y oceánico, con elevada riqueza, complejidad y biodiversidad. Por ello, proporcionan diferentes usos como el turismo, la pesca o el cultivo de bivalvos en bateas y en bancos arenosos, que precisan una calidad medioambiental adecuada y aportan grandes beneficios económicos, por lo que se hace necesario un aprovechamiento sostenible de esos recursos. Por ejemplo, en el año

1. Centro Oceanográfico de Vigo. Instituto Español de Oceanografía (IEO). Subida Radio Faro, 50, 36390 Vigo. Galicia.

2016 la producción acuícola en Galicia superó las 250.000 toneladas (ca. 240.000 de mejillón) con un valor de producción de más de 190.000.000 € (Instituto Galego de Estadística 2016, <https://www.ige.eu>). Además, los archipiélagos de las islas Cíes, Ons, Sálvora y Cortegada, situados en las Rías Bajas (Vigo, Pontevedra y Arousa) fueron declarados Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia en junio de 2002 (*Ley 15/2002, de 1 de julio, por la que se declara el Parque Nacional marítimo-terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia*). Otras zonas protegidas son el espacio marino de la Costa de Ferrolterra-Valdoviño, el espacio marino de la Costa da Morte y el Banco de Galicia, y las Reservas Marinas de interés pesquero de la ría de Cedeira (A Coruña) y Os Miñarzos (Lira, A Coruña)

Por otro lado, la mayor parte de la población gallega se concentra en el litoral (>500 hab km⁻²), dando lugar a grandes núcleos urbanos y a la creación de áreas industriales de gran importancia (las rías de Vigo, Pontevedra, Arousa, A Coruña y Ferrol, concentran en sus riberas más del 40 % de la población gallega). Las actividades urbanas, agrícolas e industriales que tienen lugar en los márgenes de las rías pueden originar presiones e impactos que alteran su calidad ambiental. Las operaciones de dragado y la extracción de sólidos en los puertos, o la abrasión del fondo causada por la pesca comercial y el tráfico marítimo, causan daños físicos (Puerto de Vigo, Puerto de Ferrol, Puerto de Coruña, Golfo Ártabro, Costa de las Rías Bajas, Costa da Morte y Costa de Lugo).

La contaminación microbiana causada por vertidos de aguas residuales urbanas da lugar a un incremento de organismos patógenos que disminuyen la calidad de las aguas, con importantes consecuencias en la explotación de moluscos (ría de Vigo). Las actividades de tráfico marítimo y la acuicultura dan lugar a la entrada de especies alóctonas, que pueden causar cambios importantes en la estructura de las comunidades biológicas (Rías Bajas, Golfo Ártabro). Además, estas actividades generan sustancias químicas que pueden llegar al medio marino a través de las vías fluvial y atmosférica, aunque gran parte de las sustancias más peligrosas son vertidas directamente, bien de forma planificada (efluentes urbanos e industriales, dragados, limpieza de tanques de barcos o vertidos fueraborda) o accidentalmente.

Las rías actúan como filtros reteniendo una parte importante de los contaminantes que llegan a través de estas vías, y que pueden llegar a causar un descenso en la calidad del agua, y constituir un serio peligro para la vida marina. En general, los estudios realizados indican que las rías gallegas presentan un grado de contaminación bajo o moderado, y se

restringe a ciertas áreas localizadas en su parte interna. Estas zonas, además de presentar una menor tasa de renovación de agua, reciben los principales aportes fluviales, y se encuentran cerca de los núcleos urbanos y los complejos industriales. Por otra parte, los estudios realizados sugieren que, con la excepción de los ríos Lagares (ría de Vigo), Ulla (ría de Arousa) y Eume (ría de Betanzos), los aportes fluviales no son la principal fuente de contaminación en las rías.

LA CONTAMINACION EN LA RIA DE VIGO

La ría de Vigo es la ría gallega más poblada e industrializada. En la actualidad, la ciudad de Vigo cuenta con 292.817 habitantes y los ocho municipios que rodean la Ría suman un total de 411.428 habitantes (Instituto Galego de Estadística 2016, <http://www.ige.eu>). Las actividades industriales predominantes incluyen la construcción naval, la industria conservera, la fabricación de automóviles o la siderurgia. La intensa actividad del Puerto de Vigo, con un tráfico de mercancías superior a las 3.800.000 toneladas y un tráfico de más de 1.500 buques mercantes en el año 2016 (Puerto de Vigo 2016, www.apvigo.es), constituye también una fuente potencial de contaminación.

La influencia de estas actividades ha dado lugar a elevadas concentraciones de metales, hidrocarburos, y compuestos organoclorados, principalmente en el margen sur y en la parte interna de la Ría, mientras que en la zona portuaria se han registrado también concentraciones elevadas de tributilestano (TBT), utilizado como biocida en pinturas antiincrustantes (González y col. 2008, Viñas y col. 2009, Vidal-Liñán y col. 2010, Bellas y col. 2011). En concreto, en esta Ría existe un caso de contaminación crónica por plomo (Pb), que es el metal con el margen de seguridad más bajo en las rías gallegas, aunque en los últimos años se ha observado una disminución en el contenido de plomo de mejillón silvestre (*Mytilus galloprovincialis*) (Besada y col. 2008), que se podría atribuir en parte al desarrollo de combustibles sin plomo y a las mejoras en los tratamientos de las aguas residuales e industriales. Por otra parte, en los últimos años se han observado concentraciones de plomo que exceden los límites legales en volandeira (*Aequipecten opercularis*) de áreas extractivas localizadas en la parte interna de la Ría (González y col. 2008). Esto puede ser atribuido, al menos en parte, a la tendencia natural de esta especie a la acumulación de este elemento.

Desde principios de los años 90, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) ha desarrollado un programa de vigilancia de la contaminación marina en la ría de Vigo, con el objetivo de evaluar el estado del medio ambiente costero, determinar las tendencias de los contaminantes en el espacio y en el tiempo e identificar las fuentes potenciales de contaminación para proporcionar herramientas útiles para la toma de medidas y para prevenir problemas en el futuro. Las principales matrices analizadas son el mejillón de roca (*Mytilus galloprovincialis*) y los sedimentos marinos. El mejillón es el organismo que se emplea como indicador biológico para evaluar los niveles de contaminantes en los ecosistemas costeros debido a sus características de sedentarismo, amplia distribución, alto factor de concentración de contaminantes y facilidad de muestreo, entre otras. Los sedimentos reflejan el estado de contaminación de un área porque acumulan los contaminantes (tanto en suspensión como en disolución). Además, pueden actuar tanto como “sumidero” o como “fuente” de contaminantes. Son también el hábitat de infinidad de especies marinas, algunas de las cuales son de enorme interés ecológico o comercial.

A continuación, pasamos a describir los principales resultados obtenidos dentro del programa de seguimiento de la contaminación del IEO.

Metales pesados

Los metales forman parte de la corteza terrestre de forma natural y se encuentran presentes en los océanos, ríos y suelos. Algunos metales como Fe, Cu, Zn o Mn, son esenciales para los seres vivos, pero cuando su nivel supera ciertos umbrales resultan tóxicos. Existen otros elementos de los que no se tiene conocimiento de su necesidad para ninguna función metabólica y pueden resultar tóxicos incluso a concentraciones muy bajas (p. ej. Hg, Pb, Cd o As). Los metales son elementos no biodegradables y una de las consecuencias más graves de su persistencia es su acumulación a través de la cadena trófica. Los más preocupantes tanto para el ecosistema marino como para la salud humana por su toxicidad son, por este orden, Hg, Cd y Pb.

Analizando los datos del programa de vigilancia de la contaminación en la Ría de Vigo, se observa que las concentraciones de Pb y el Hg en mejillón de roca se van incrementando desde las zonas más externas de la Ría hacia las más internas, observándose también que los niveles son superiores en el margen sur de la Ría que en el norte. Aunque el patrón de distribución se ha mantenido a lo largo de los años estudiados, se ha producido una disminución de los valores de estos elementos debido a las diferentes medidas tomadas para reducir la contaminación (Figura 1).

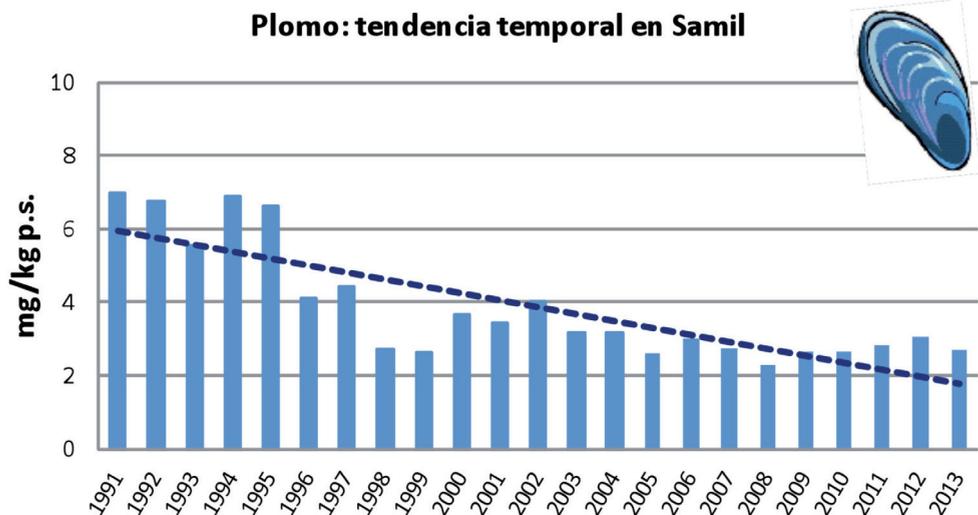


Figura 1. Concentración de plomo en mejillón de Samil en mg/kg peso seco.

Para el Cd, los niveles máximos se presentan en las zonas más externas de la Ría, en puntos alejados de las fuentes de contaminación. Esto es debido al intenso afloramiento costero existente en el área que incrementa los niveles de este elemento (Besada y col. 2014).

Para los sedimentos, el estudio de los principales metales (Pb, Hg y Cd), indica un aumento casi constante desde el mar abierto hasta el interior de la Ensenada de San Simón. La influencia de la mayor actividad industrial y portuaria del margen sur, puntos próximos a la ciudad de Vigo, se refleja en las concentraciones observadas (Quelle y col. 2011).

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs según sus siglas en inglés), son compuestos ubicuos en el medio ambiente, al que llegan como consecuencia de procesos naturales (escapes naturales de petróleo), pero sobre todo, como consecuencia de procesos antrópicos, ya que se generan siempre que hay combustión de materia orgánica como los incendios, la quema de combustibles fósiles o diferentes procesos industriales. El tipo de combustión y sus condiciones concretas determinan la composición final de los PAHs que alcanzarán el medio ambiente y finalmente el medio marino.

Los PAHs son considerados contaminantes prioritarios y aparecen en las listas de contaminantes seleccionados por los principales organismos de control del medio marino tanto a nivel europeo (Convenio OSPAR, Convenio de Barcelona, Directiva Marco de Agua y Directiva Marco sobre la Estrategia Marina) como internacional (p. ej. la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, US EPA). Una vez en el medio ambiente y debido a sus características físico-químicas y a su alta hidrofobicidad, tienden a asociarse a tejidos orgánicos o bien fijarse a la materia particulada y sedimentar. Debido a que son compuestos que también pueden tener un origen natural y que son componentes habituales en el medio, los organismos más evolucionados (vertebrados) disponen de mecanismos metabólicos para eliminarlos y no acumularlos en sus tejidos, pero esto no impide que se vean expuestos a sus efectos tóxicos (Douben, 2003). Se consideran compuestos tóxicos, mutagénicos y teratogénicos y se ha demostrado que pueden actuar como disruptores endocrinos, concretamente pueden presentar actividad antiestrogénica (Kanaki y col. 2007; Quante y col. 2011).

En la ría de Vigo se realizó un primer estudio completo sobre los niveles de PAHs en matrices marinas (sedimento y biota), presentado en 2002 (Viñas Diéguez, 2002). Los niveles más altos en sedimentos se encontraban en la zona cercana a La Guía y disminuían al alejarse de esta. Debido a que los PAHs tienden a asociarse a sedimentos de tamaño fino de partícula es, por tanto, más habitual encontrar niveles más elevados en fondos fangosos y concentraciones más bajas en fondos arenosos. Estudios recientes siguen mostrando los valores más elevados en la zona media-interna de la Ría (Pérez Fernández 2016). En algunos casos los valores encontrados superan los criterios ambientales que indican efectos tóxicos potenciales sobre los organismos marinos.

En cuanto al mejillón silvestre, los valores encontrados fueron de nuevo más elevados en las zonas cercanas a posibles fuentes de contaminación (parte interna de la Ría). En los últimos 15 años las concentraciones parecen estar disminuyendo aunque de forma muy gradual (Figura 2).

En todos los casos el origen de los PAHs en la ría de Vigo apunta a una fuente fundamentalmente pirolítica muy probablemente asociada a la quema de combustibles fósiles y actividades industriales.

Policlorobifenilos (PCBs)

Los policlorobifenilos (PCBs según sus siglas en inglés) constituyen una familia de contaminantes orgánicos persistentes cuya estabilidad química y térmica, baja inflamabilidad, baja presión de vapor y altas cons-

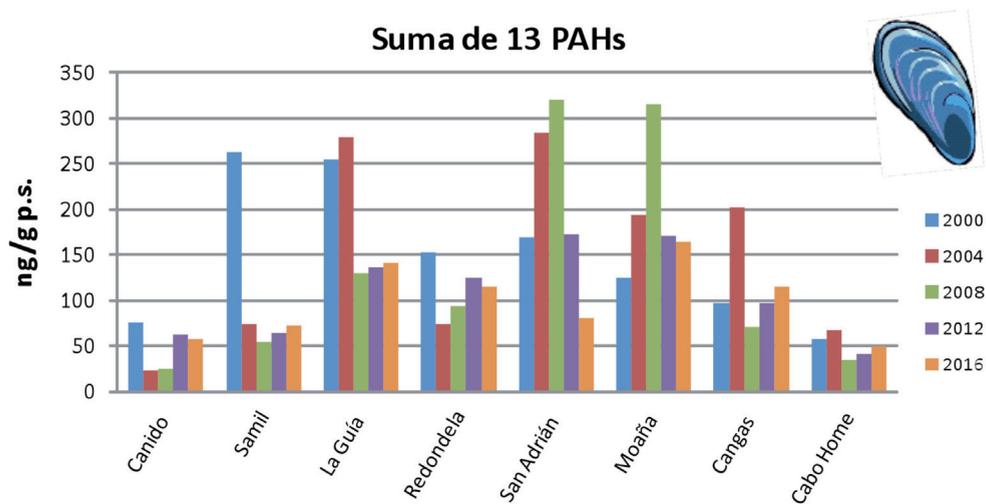


Figura 2. Suma de la concentración de 13 PAHs en mejillón en 8 puntos de la ría de Vigo.

tantes dieléctricas, los han hecho particularmente adecuados para múltiples aplicaciones industriales, tales como fluidos de aislamiento en transformadores y condensadores, plastificantes o aditivos en pinturas epoxi (Erickson 1997). Sin embargo, las mismas propiedades contribuyeron a su persistencia en el medio ambiente y a su distribución por todo el planeta, incluidas las regiones polares, y en todos los compartimentos ambientales (Tanabe y Tatsukawa 1986, Breivik y col. 2002, Rigét y col. 2010). Además, debido a su estabilidad química y su lipofilidad, los policlorobifenilos tienden a acumularse en los tejidos biológicos y a bioamplificarse en las redes tróficas. La exposición a policlorobifenilos se ha relacionado con una amplia gama de efectos tóxicos en animales y humanos, que incluyen alteraciones de comportamiento, cambios en el sistema inmunológico, alteración endocrina, alteración de la reproducción, neurotoxicidad, teratogénesis y carcinogenicidad (Safe 1984).

Las consecuencias ambientales de la liberación de policlorobifenilos, derivadas de su persistencia y alta toxicidad, provocaron su regulación en muchos países a finales de los años setenta (Erickson 1997). Como resultado, se observó una marcada disminución de las concentraciones ambientales de policlorobifenilos durante el decenio siguiente a estas regulaciones. Sin embargo, se ha registrado una disminución lenta o incluso concentraciones estables en las últimas dos décadas y siguen siendo una

preocupación ambiental importante (Solé y col. 1994, Szlinder-Richert y col. 2009, Carro y col. 2010, Macgregor y col. 2010, Diamond y col. 2010, Bellas y col. 2011). De hecho, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes reconoce que los policlorobifenilos constituyen un serio riesgo para la salud humana y el medio ambiente y, por lo tanto, deben ser eliminados en 2025 (Convenio de Estocolmo, <http://chm.pops.int>). En este contexto, es de suma importancia estudiar la eficacia de dichas políticas para reducir las concentraciones de policlorobifenilos en el medio ambiente. En particular, se debe prestar especial atención al medio marino, que se considera el sumidero final y principal de esas sustancias (Tanabe y Tatsukawa 1986).

Los niveles de PCBs tanto en sedimento como en mejillón en la ría de Vigo son similares a los de otras zonas con una industrialización y población similares (e.g. Olenycz y col. 2015). En general, los niveles de PCBs en mejillón son más elevados en la zona media e interna de la Ría, y algo más elevados en el margen sur con respecto al norte, ya que es donde se asienta la mayor actividad industrial y urbana en el área. No existe tendencia clara en cuanto a la evolución temporal de las concentraciones en esta zona, presentando niveles más o menos constantes a lo largo de la última década, posiblemente debido a la prohibición de su uso y a la baja degradación de estos compuestos una vez en el medio (Figura 3).

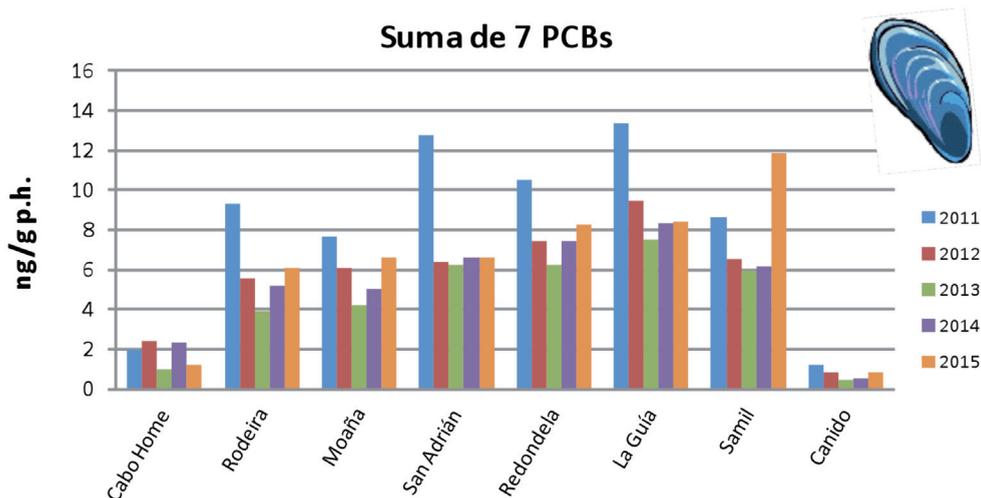


Figura 3. Suma de la concentración de 7 PCBs en mejillón en 8 puntos de la ría de Vigo.

En cuanto a los sedimentos, como es habitual, las concentraciones más altas de PCBs se encuentran en las zonas más cercanas a actividades industriales en general, y en este caso a actividades portuarias.

Polibromodifeniléteres (PBDEs)

Los polibromodifeniléteres o PBDEs son un conjunto de compuestos orgánicos artificiales de amplio uso por la industria textil y del plástico, como retardantes de llama y, por tanto, se usan para evitar la formación y propagación de incendios. Su uso ha sido muy amplio hasta que se constató que la presencia de estos compuestos en el medio provocaba efectos tóxicos sobre los organismos vivos incluyendo al ser humano. Se trata de compuestos reconocidos como disruptores endocrinos y, por tanto, afectan al equilibrio hormonal en los seres vivos provocando diferentes efectos, desde infertilidad y efectos sobre el correcto desarrollo hasta problemas de tiroides. Debido a su similitud estructural con algunas hormonas, cantidades muy pequeñas de estos compuestos son capaces de producir daños a los organismos, por lo que están siendo incluidos en las principales listas de contaminantes que deben ser evaluados en el medio ambiente (p. ej. Convenio OSPAR, Directiva Marco de Agua, Directiva Marco sobre la Estrategia Marina). Aunque a través de su uso, estos compuestos se aplican a tejidos o a plásticos, en último término, bien mediante la vía atmosférica o por vía directa, acaban llegando al medio ambiente. Debido a sus propiedades lipofílicas, en el medio pueden ser acumulados por los seres vivos y entrar en la cadena trófica, donde se acumulan y magnifican, o también pueden asociarse a partículas en suspensión para acabar finalmente depositándose en el sedimento del fondo marino.

Los valores de PBDEs en la ría de Vigo, no son elevados. Al igual que la mayoría de sustancias contaminantes, su distribución, tanto en sedimentos como en mejillón silvestre, presenta concentraciones más elevadas en la zona media e interna de la Ría, donde se asienta la mayor parte de la población y tienen lugar los principales aportes antrópicos. Los valores en la zona externa (Cabo Home y Canido) son muy bajos (Figura 4), similares a otras zonas alejadas de fuentes de contaminación.

Efectos biológicos de la contaminación

Centrándonos en el seguimiento biológico de la contaminación, existe una gran variedad de respuestas biológicas que pueden ser utilizadas potencialmente para establecer el vínculo entre la exposición a sustancias tóxicas y los efectos en los organismos. Los bioensayos son pruebas rápi-

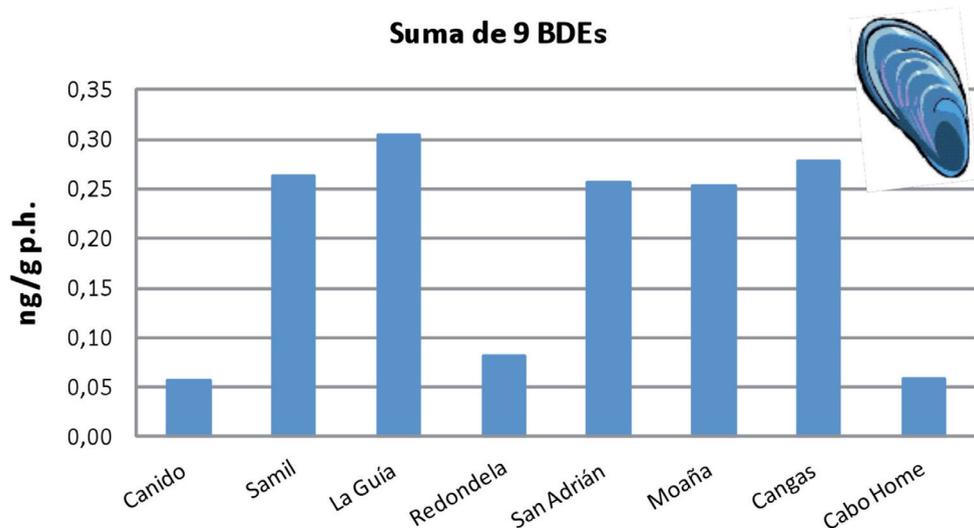


Figura 4. Suma de 9 BDEs en mejillón en 8 puntos de la ría de Vigo en el año 2011.

das y simples en las que una serie de individuos de una población se exponen a muestras tomadas del medio, en condiciones controladas, midiendo una variable biológica como respuesta (OECD 1998). Estas pruebas nos permiten establecer relaciones entre las concentraciones ambientales de los contaminantes y la respuesta que provocan en los organismos y pueden ser utilizados para demostrar la presencia de sustancias tóxicas, aunque éstas no puedan ser identificadas. De hecho el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES de acuerdo a sus siglas en inglés), considera los bioensayos con embriones de bivalvos y erizos de mar, dentro de las herramientas suficientemente robustas para ser incorporados en los programas de seguimiento y evaluación de la contaminación marina (ICES 1996, Beiras y col. 2012). El principio de estos bioensayos es que las fases embrionarias y larvarias son más sensibles que los adultos a los tóxicos, por eso se han utilizado frecuentemente como herramienta biológica rápida y sensible para evaluar la calidad del agua de mar, agua intersticial y lixiviados de sedimentos. Los gametos se obtienen mediante inducción térmica, química o disección de adultos maduros, se realiza una fertilización *in vitro* en una probeta, y se introducen los embriones fertilizados en recipientes con las muestras ambientales.

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos al incubar huevos fertilizados de erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) con lixiviados obteni-

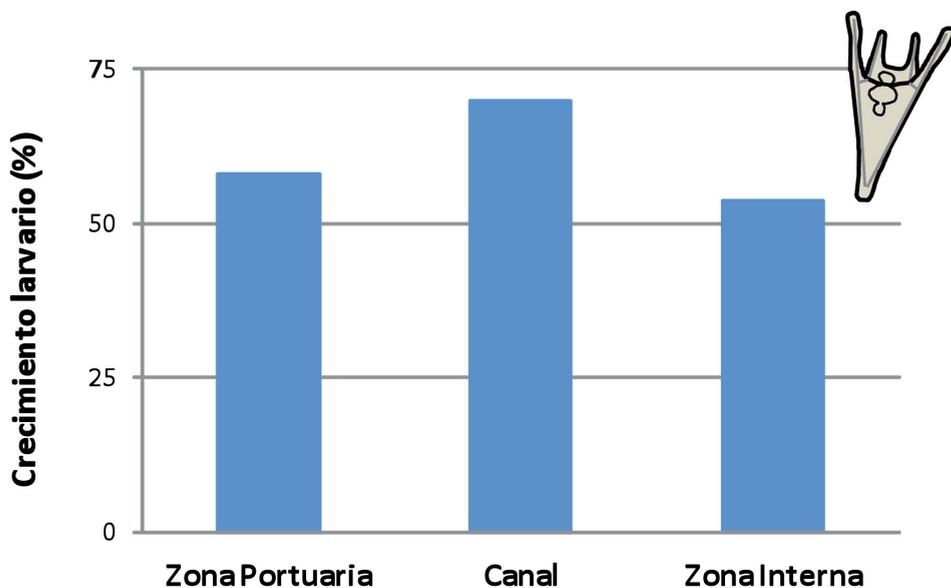


Figura 5. Crecimiento de larvas pluteus de erizo de mar después de 48 h de exposición de los huevos fertilizados a lixiviados de sedimentos submareales muestreados en la ría de Vigo.

dos de sedimentos muestreados en diferentes zonas de la ría de Vigo durante el periodo 2010-2012. Se puede observar que la toxicidad de las muestras es mayor en la zona portuaria, y en la parte interna de la ría, mientras que en el resto de zonas muestreadas (canal y zona central), la toxicidad es baja o ausente. En base a los datos obtenidos y de acuerdo con los criterios de Beiras y col. (2012), la calidad ambiental en la zona portuaria y en la parte interna sería baja o moderada, mientras que en la zona central y en el canal la calidad ambiental sería buena.

CONCLUSIONES

La evaluación de la contaminación marina en la ría de Vigo realizada hasta el momento dentro del programa de vigilancia de la contaminación marina del IEO, indica que la parte interna y el margen sur (principalmente la zona portuaria) de este estuario altamente productivo está contaminada por metales traza y contaminantes orgánicos. La evaluación de la toxicidad realizada con lixiviados de sedimentos utilizando embriones

de erizo de mar demuestran que esta contaminación presenta un riesgo ecológico potencial. Algunos contaminantes acumulados en los sedimentos pueden ser liberados debido a posibles procesos de resuspensión asociados con actividades como las operaciones de dragado o con causas naturales como la bioturbación o los temporales. Aunque la evolución de las concentraciones de los contaminantes estudiados indica, en general, una tendencia decreciente de la contaminación, hay que tener en cuenta que estos contaminantes representan una pequeña parte de los miles de sustancias que son emitidas al medio marino, y es necesario comenzar a medir la presencia y los efectos de contaminantes emergentes, para evaluar su riesgo ambiental, incluyendo los microplásticos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal técnico del Centro Oceanográfico de Vigo del IEO su asistencia en el muestreo, tratamiento y procesado de las muestras, en especial a M^a Dolores Pampillón y a Javier Valtierra.

REFERENCIAS

- BEIRAS, R., DURÁN, I., BELLAS, J., SÁNCHEZ-MARÍN, P. “Biological effects of contaminants: *Paracentrotus lividus* sea-urchin embryo test (SET) with marine sediment elutriates”. *ICES Techniques in Marine Environmental Sciences*, No. 51 (2012) 12 pp.
- BELLAS, J., GONZÁLEZ-QUIJANO, A., VAAMONDE, A., FUMEGA, J., SORIANO, J.A., GONZÁLEZ, J.J. “PCBs in wild mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the N-NW Spanish coast: Current levels and long-term trends during the period 1991-2009”. *Chemosphere*, 85 (2011) 533-541.
- BESADA, V., ANDRADE, J.M., SCHULTZE, F., FUMEGA, J., CAMBEIRO, B., GONZÁLEZ, J.J. “Statistical comparison of trace metal concentrations in wild mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in selected sites of Galicia and Gulf of Biscay (Spain)”. *Journal of Marine Science*, 72 (2008) 320-331.
- BESADA, V., SERICANO, J.L., SCHULTZE, F. “An assessment of two decades of trace metals monitoring in wild mussels from the Northwest Atlantic and Cantabrian coastal areas of Spain, 1991-2011”. *Environment International* 71 (2014) 1-12.

- BREIVIK, K., SWEETMAN, A., PACYNA, J.M., JONES, K.C. "Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners - a mass balance approach. 1. Global production and consumption". *Science of the Total Environment* 290 (2002) 181-98.
- CARRO, N., GARCÍA, I., IGNACIO, M., MOUTEIRA, A. "Spatial and temporal trends of PCBs (polychlorinated biphenyls) in mussel from Galician coast (1998-2008)". *Environment International* 36 (2010) 873-879.
- DIAMOND, M.L., MELYMUK, L., CSISZAR, S.A., ROBSON, M. "Estimation of PCB stocks, emissions, and urban fate: will our policies reduce concentrations and exposure?" *Environmental Science and Technology* 44 (2010) 2777-2783.
- DOUBEN, P.E.T. *PAHs: an ecological perspective. Ecological and Environmental Toxicology Series*. Wiley, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2003.
- ERICKSON, M.D. 1997. *Analytical Chemistry of PCBs*. Boca Raton, Florida, CRC Press, 1997.
- GONZÁLEZ J.J., ÁLVAREZ C., BEIRAS R., BESADA V., FUMEGA J., FRANCO M.A., GÓMEZ M., GONZÁLEZ-QUIJANO A., NUNES T., PREGO R., SORIANO J.A., VIÑAS L. "Contaminación". En: González-Garcés Santiso, A., Vilas Martín, F., Álvarez Salgado, X.A. (eds.) *La Ría de Vigo. Una aproximación integral al ecosistema marino de la Ría de Vigo*. Vigo, Instituto de Estudios Vigueses, 2008, pp 201-256.
- ICES. "Report of the ICES Advisory Committee on the Marine Environment, 1996". *ICES Cooperative Research Report* 217 (1996) 159 pp.
- KANAKI, M., NIKOLAOU, A., MAKRI, C.A., LEKKAS, D.F. "The occurrence of priority PAHs, nonylphenol and octylphenol in inland and coastal waters of Central Greece and the Island of Lesbos" *Desalination* 210 (2007) 16-23.
- MACGREGOR, K., OLIVER, I.W., HARRIS, L., RIDGWAY, I.M. "Persistent organic pollutants (PCB, DDT, HCH, HCB & BDE) in eels (*Anguilla anguilla*) in Scotland: Current levels and temporal trends". *Environmental Pollution* 158 (2010) 2402-2411.
- OECD. *Report of the OECD Workshop on Statistical Analysis of Aquatic Toxicity Data*. OECD Environmental Health and Safety Publications. Series on Testing and Assessment. No. 10. Paris, Organization for Economic Co-operation and Development, 1998, 133 pp.
- OLENYCZ, M., SOKOLOWSKI, A., NIEWINSKA, A., WOLOWICZ, M., NAMIESNIK, J., HUMMEL, H., JANSEN, J. "Comparison of PCBs and PAHs levels in European coastal waters using mussels from the *Mytilus edulis* complex as biomonitors". *Oceanologia* 57 (2015) 196-211.

- PÉREZ FERNÁNDEZ, B. *Establecimiento de valores background de PAHs y PAHs alquilados en sedimentos de la costa Atlántica Española*. Universidad de Vigo. Tesis Doctoral. 2016.
- QUANTE, M., EBINGHAUS, R., FLÖSER, G. *Persistent Pollution-Past, Present and Future School of Environmental Research-Organized by Helmholtz-Zentrum Geesthacht*. Springer Science & Business Media. Berlin, Springer-Verlag, 2011.
- QUELLE, C., BESADA, V., ANDRADE, J. M., GUTIÉRREZ, N., SCHULTZE, F., GAGO, J., GONZÁLEZ, J.J., 2011. "Chemometric tools to evaluate the spatial distribution of trace metals in surface sediments of two Spanish rías". *Talanta*, 87 (2011) 197-209.
- RIGÉT, F., BIGNERT, A., BRAUNE, B., STOW, J., WILSON, S. "Temporal trends of legacy POPs in Arctic biota, an update". *Science of the Total Environment*, 408 (2010) 2874-2884.
- SAFE, S. "Polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated biphenyls (PBBs): biochemistry, toxicology, and mechanism of action". *Critical Reviews in Toxicology* 13 (1984) 319-95.
- SOLE, M., PORTE, C., PASTOR, D., ALBAIGES, J. "Long-term trends of polychlorinated biphenyls and organochlorinated pesticides in mussels from the Western Mediterranean coast". *Chemosphere* 28 (1994) 897-903.
- SZLINDER-RICHERT, J., BARSKA, I., MAZERSKI, J., USYDUS, Z. "PCBs in fish from the southern Baltic Sea: Levels, bioaccumulation features, and temporal trends during the period from 1997 to 2006". *Marine Pollution Bulletin* 58 (2009) 85-92.
- TANABE, S., TATSUKAWA, R. "Distribution, behaviour and load of PCBs in the oceans". En: Waid J.S. (ed.). *PCBs and the Environment* Vol. 1. Boca Raton: Florida, CRC Press, 1986, pp. 143-161.
- VIDAL-LIÑÁN, L., BELLAS, J., CAMPILLO, J. A., BEIRAS, R. "Integrated use of antioxidant enzymes in mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for monitoring pollution in highly productive coastal areas of Galicia (NW Spain)". *Chemosphere*, 78 (2010) 265-272.
- VIÑAS, L., FRANCO, M. A., GONZÁLEZ, J. J. "Polycyclic aromatic hydrocarbon composition of sediments in the Ria de Vigo (NW Spain)". *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 57(2009), 42-49.
- VIÑAS DIÉGUEZ, L. *Evaluación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) por Cromatografía Líquida de Alta Eficacia (CLAE) en el Entorno Marino Gallego*. Universidad de Vigo. Tesis Doctoral. 2002.

ÍNDICE

<i>Prólogo: En el Centenario del Instituto Oceanográfico de Vigo</i> Alberto González-Garcés Santiso	7
---	---

<i>In Memoriam: “Alfonso Zulueta de Haz”</i> Gerardo González Martín	11
---	----

ARQUEOLOXÍA E ETNOGRAFÍA

<i>Achega sobre castros de Valadares descubertos en 1982.</i> Francisco Javier Fernández Nogueira.....	15
---	----

<i>La explotación de la sal en la antigüedad. Las instalaciones industriales de la costa de Oia</i> Fernando Javier Costas Goberna	31
---	----

<i>El fondeadero de naves oceánicas fenicias, griegas, púnicas y romanas de Vicos Caporum (Cabo de Vicos-Islas Cíes)</i> César M. González Crespán.....	57
--	----

HISTORIA

<i>La actividad pesquera en la ría de Vigo. Siglo XVI-XVII</i> Juan Juega Puig	95
---	----

<i>Apuntes para el curso en la ría de Vigo. Siglos XVI-XVII</i> Ramón Patiño Gómez	121
---	-----

<i>Críticas del padre Feijoo a las estructuras agropecuarias de su tiempo</i> Luis Rodríguez Ennes.....	161
--	-----

<i>El trienio liberal en la provincia de Vigo (1820-1823). (Vigo capital de de provincia)</i> Feliciano González Álvarez	193
---	-----

<i>Vigo capital de provincia Vigo, precedentes históricos y conclusión vía jurídica</i> Txema Tobajas Ramos	213
--	-----

<i>O último cruceiro do U566</i> Juan Carlos Salgado Rodríguez.....	225
--	-----

CIENCIAS FÍSICAS E NATURAIS

<i>Hacia una “economía azul” en las pesquerías gallegas de alta mar: investigaciones del Centro Oceanográfico de Vigo del IEO sobre los Ecosistemas Marinos Vulnerables del Océano Atlántico</i> Pablo Durán Muñoz, M ^a del Mar Sacau Cuadrado, Ana García-Alegre y José Luis del Río Iglesias.....	277
<i>La contaminación en la ría de Vigo</i> Juan Bellas, Lucía Viñas, Victoria Besada, María Ángeles Franco, María Inmaculada Alves, Jessica Bargiela, Bruno Cambeiro, María López, Begoña Pérez, Diego Rial, Fernando Schultze, José Antonio Soriano, Leticia Vidal	299
<i>Mareas Vermellas en Galicia</i> Francisco Rodríguez Hernández.....	313
<i>Microsimbiontes protistas marinos: Problemática y oportunidades en Galicia</i> Rosa I. Figueroa Pérez	341
VARIA	
<i>Traducir aspectos culturales para turistas y cruceristas: Vigo, un destino de caso</i> Rebeca Cristina López González	355
<i>Salvador Quintero Delgado, catedrático de instituto, escritor y poeta divulgador canario en Vigo</i> José Luis Mateo Álvarez	373
<i>Ángel Ilarri Gimeno. La verdad de Castrelos</i> M ^a Luisa Ilarri Junquera	393
<i>Las Traviesas de los años cincuenta</i> José Sánchez Reboredo.....	447
<i>Memoria año 2017</i> María Dolores Rivera.....	473
<i>Informe de la LXIV asamblea de la Confederación Española de Centros de Estudios Locales (CECEL), celebrada en Lleida desde el 22 al 24 de septiembre de 2017</i> Dolores Elena Durán.....	497
Información diversa	509
CURRÍCULO DOS AUTORES	521

