

Influencia metálica de un emisario submarino de Punta del Hidalgo, en el norte de Tenerife, Islas Canarias, España.

Elisabet Tamara Herrera¹, Enrique Lozano-Bilbao¹*, Gonzalo Lozano¹, Arturo Hardisson², Carmen Rubio², Dailos González-Weller³, Ángel J. Gutiérrez²

¹ Departamento de Biología Animal y Edafología y Geología, Unidad Departamental de Ciencias Marinas, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain

² Departamento de Obstetricia y Ginecología, Pediatría, Medicina Preventiva y Salud Pública, Toxicología, Medicina Legal y Forense y Parasitología, Universidad de La Laguna, 38200 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain

³ Servicio Público Canario de Salud, Laboratorio Central, Santa Cruz de Tenerife, Spain

*Corresponding author: lozaenr@gmail.com

Recibido: 15-enero-2020, revisado: 24-febrero-2020, aceptado 26-febrero-2020

Resumen

Influencia metálica de un emisario submarino de Punta del Hidalgo, en el norte de Tenerife, Islas Canarias, España.

En el presente trabajo se estudió la posible polución debido a la presencia de metales pesados en la zona del intermarel del Punta del Hidalgo. Para ello se recogieron 40 muestras de agua de los charcos de esta zona de muestreo. Las muestras se recogieron en botellas de agua en función de la distancia con respecto al emisario. Por este motivo, se dividió el área de muestreo en 3 zonas y se comparó con una zona control. Concretamente, se hizo una determinación 11 metales de gran importancia (Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Li, Ni, Pb, V y Zn) en estas muestra. Este procedimiento sirvió como herramienta para identificar las diferencias existentes entre las concentraciones de metales para las distintas zonas seleccionadas. Finalmente, los resultados obtenidos en el experimento se compararon con otros estudios realizados en distintos lugares del mundo para, de esta manera, deducir las posibles causas de la presencia de estos metales pesados. Además, esto convendría para cerciorarse de que el caso que nos concierne no tiene implicaciones que perjudiquen a la población y que, por lo tanto, no sea apto el baño en esta zona de la isla.

Palabras Clave: Intermareal, metales pesados, emisario, polución.

ABSTRACT

Metallic influence of an underwater emissary of Punta del Hidalgo, in the north of Tenerife, Canary Islands, Spain.

In the first instance, after obtaining 40 water samples from the intertidal pools of Punta del Hidalgo, the possible pollution due to the presence of heavy metals from this area was studied. In this experiment, the water bottles were collected according to the distance with respect to the sewage pipe. For this reason, the transect was divided into 3 zones and compared with a control zone. Specifically, an analysis was made of 11 heavy metals of great importance (Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Li, Ni, Pb, V and Zn). This procedure served as a tool to identify the differences between metal concentrations for the different selected areas. Finally, the results obtained in the experiment were compared with other studies carried out in different parts of the world, in order to deduce the possible causes of the presence of these heavy metals. In addition, this would be convenient to make sure that the case that concerns us doesn't have implications that harm the population and that, therefore, the bathing of the same in this area of the island is not suitable.

Keywords: Intertidal, heavy metals, sewage pipe, pollution.

Introducción

Los niveles naturales de metales pesados en ambientes marinos se han convertido recientemente en un problema potencial, dado el aumento de los contaminantes de actividades humanas, que han tenido un impacto considerable en las comunidades y organismos en estos ambientes [7, 15]. Estos contaminantes se extraen de los recursos minerales y entran en productos hechos por el hombre a través de

procesos primarios y secundarios y su posterior reciclaje. Durante estos procesos, una parte de estos metales se dispersa en el medio ambiente de diferentes maneras. La industria, el comercio, la agricultura, el turismo y la urbanización en áreas costeras se consideran fuentes continuas directas e indirectas de contaminantes [11, 20, 24, 25]. Los metales pesados constituyen uno de los principales contaminantes antropogénicos en las zonas costeras de todo el mundo [5, 10, 14, 21]. Estos metales representan un grave problema para la salud de los seres humanos, los organismos marinos y la salud de los ecosistemas, debido a su toxicidad, persistencia y bioacumulación. La contaminación del medio ambiente con metales tóxicos y los radionúclidos surgen como resultado de actividades humanas, principalmente industriales, pero fuentes como la agricultura y la eliminación de desechos también contribuyen a este proceso [6].

Se sabe que muchos de estos metales son tóxicos, carcinogénicos y mutagénicos para los humanos, y pueden contribuir a la degradación de los ambientes marinos al reducir la diversidad de organismos [9]. A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales pesados no son degradados biológicamente o químicamente, por lo que pueden ser acumulados en altas concentraciones en los tejidos de los organismos marinos. Una vez bioacumulados, estos metales pueden ser transferidos hacia niveles superiores de la red trófica, constituyendo eventualmente una amenaza para la salud humana [2, 3, 18].

Tradicionalmente, los emisarios submarinos han sido utilizados como sistema para la evacuación de las aguas residuales, depuradas o no, en plantas de tratamiento. Con este método se está promoviendo una evacuación que renuncia al posible aprovechamiento de un agua tratada y regenerada, en el primer caso, además de una contaminación que afecta a distintos aspectos del medio marino, desde la masa de agua en sus aspectos oceanográficos hasta la biota marina, en el segundo. Estos sistemas de emisión requieren, además, un riguroso seguimiento posterior a su instalación, que en muchos casos no se realizan, pudiendo afectar también al medio terrestre si se producen colapsos en el circuito en episodios de lluvias torrenciales o por simples averías en el tramo terrestre [22, 26, 27].

Este estudio tiene como principal objetivo dilucidar, tras haber consultado estudios comparativos, si existe o no contaminación por la presencia de metales pesados en la costa de Punta del Hidalgo. Además de determinar la influencia que conlleva el emisario sobre esa

posible contaminación del medio. Asimismo, en caso positivo de contaminación, los resultados obtenidos tras el experimento sirven como herramienta para identificar qué metales pesados tienen mayor relevancia. De esta forma, se pretende comprobar si estas aguas son perjudiciales para la salud de la población.

Material y métodos

Se realizó un muestreo del agua en la zona de charcos del intermareal de Punta del Hidalgo (28° 34' 5.17"N 16° 19' 35.45"W) (Fig. 1). Este estudio tuvo lugar en el mes de noviembre de 2018.

Para el diseño experimental, la zona de muestreo fue dividida en tres zonas a ambos lados del emisario, a las cuales se les denominó como: zona 1, zona 2 y zona 3. Estas zonas fueron estudiadas y comparadas con una zona control, libre de la influencia de dicho emisario. Se tomaron 10 botellas de agua de cada zona, obteniendo así, un tamaño muestral de 40 botellas para determinar su concentración de metales pesados, se tomaron los datos de salinidad de cada charco para extrapolar los resultados de la concentración de metales a su unidad correspondiente. Se realizó el mismo transecto en la zona de muestreo que utilizaron Lozano et al., [17].

Procesamiento de las muestras

Se midieron y desecaron en estufa 25 mL de agua de cada una de las 40 muestras, vertidas en pocillos de porcelana, a una temperatura de 70°C durante 24 horas.

El primer paso fue añadir a los pocillos de porcelana, ácido nítrico (HNO₃) al 1'5 % y remover la disolución con la ayuda de una varilla de vidrio, para disolver la sal anteriormente formada. Todas las disoluciones se enrasaron con más HNO₃ al 1'5 % hasta alcanzar los 25 mL [1].

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS Statistics v22.0. En cada análisis se llevó a cabo el mismo procedimiento para comprobar si los datos seguían una distribución normal, cumpliendo para ello que existiera normalidad y homogeneidad de varianzas, tomando P valor de 0,05.

Para comprobar la existencia o no de normalidad en los datos de concentración de metales pesados se realizaron los test de normalidad (Test de Kolmogorov-Smirnov) y de homogeneidad de las varianzas (Estadístico de Levene). Si los datos seguían una distribución normal se aplicó ANOVA, utilizando post hoc de Tukey (ya que había más de 2 grupos de muestras), si los datos seguían sin mostrar una distribución normal por lo que se recurrió a la

realización de pruebas no paramétricas utilizando el test estadístico de Kruskal-Wallis. Posteriormente, en el caso de que entre los datos existieran diferencias estadísticamente significativas, se procedió a realizar el test de U de Mann-Whitney, para comprobar entre qué tipos de muestras existían estas diferencias significativas [16].

Resultados

En la Tabla 1 se muestran los valores medios y desviaciones estándar para cada metal en cada zona de muestreo en la zona control (Z=0), zona 1 (Z=1), zona 2 (Z=2) y zona 3 (Z=3) (mg/kg peso húmedo). Densidades: Zona 1= 1.026 g/dm³; Zona 2= 1.025 g/dm³; Zona 3= 1.025 g/dm³; Zona control= 1.025 g/dm³. Como ninguno de los metales presentaron normalidad se procedió a realizar el test estadístico de Kruskal-Wallis (Tabla 2). En los metales en los que se rechazó la hipótesis nula (Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Li, Pb, V y Zn) se procedió a aplicar el test de U de Mann-Whitney (Tabla 3); para comprobar entre qué localidades existían diferencias significativas respecto a la concentración de metales.

Como se puede observar en la Tabla 3, el Cd es el único metal que no presenta diferencias significativas entre las zonas. El Al y el Ni tienen mayor grado de disparidad entre las zonas 1-2 y 1-3. Además, los elementos B y Pb comparten diferencias importantes entre las zonas 0-1, 1-2 y 1-3. En el caso del Cr se manifiesta mayor diferencia cuando se compara con toda la zona 0. Por el contrario, el Cu representa diferencias significativas en lo que corresponde a la zona 2.

Como elementos con mayores diferencias entre todas las zonas (a excepción de la comparativa de las zonas 2-3) se destacan el Fe y el Zn; y así como, a excepción de las zonas 1-3, se puede encontrar al Li. Por último, para el V sólo existen diferencias significativas entre las zonas 0-1 y 1-2. A partir de estos datos, por una parte, se puede deducir que la comparación de zonas 1-2 es la que representa mayor disparidad de concentración de los metales pesados, con tan solo dos elementos que no tienen diferencias destacables (Cd y Cr). Por otra parte, las zonas 2 y 3 tienen el menor grado de diferencias significativas (Fig. 2).

	Al	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Li	Ni	Pb	V	Zn
0	0,493	1,862	0,001	0,022	0,025	0,530	0,053	0,062	0,003	0,005	0,068
	± 0,158	± 0,626	± 0,000	± 0,014	± 0,008	± 0,249	± 0,004	± 0,042	± 0,002	± 0,003	± 0,037
1	0,725	3,011	0,001	0,008	0,036	0,282	0,084	0,109	0,012	0,010	0,209
	± 0,393	± 0,345	± 0,001	± 0,002	± 0,012	± 0,120	± 0,016	± 0,093	± 0,009	± 0,003	± 0,095
2	0,405	1,978	0,001	0,007	0,015	0,150	0,044	0,030	0,003	0,010	0,030
	± 0,149	± 0,247	± 0,000	± 0,002	± 0,003	± 0,071	± 0,008	± 0,017	± 0,001	± 0,015	± 0,02
3	0,367	1,878	0,001	0,010	0,037	0,163	0,082	0,041	0,005	0,016	0,022
	± 0,153	± 0,283	± 0,000	± 0,017	± 0,014	± 0,057	± 0,036	± 0,026	± 0,003	± 0,023	± 0,02

Tabla 1. Valores promedio y desviaciones estándar de la concentración de metales pesados para cada zona de muestreo (mg/kg peso húmedo).

	Al	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Li	Ni	Pb	V	Zn
Sig.	,019*	,000*	,223	,002*	,000*	,000*	,000*	,010*	,009*	,017*	,000*
asintótica											
*P<0,05											

Tabla 2. Tabla ANOVA de una vía (Test de Kruskal-Wallis).

	0-1	0-2	0-3	1-2	1-3	2-3
Al	,280	,190	0,89	,019*	,005*	,579
Cd	,912	,190	0,063	,421	,280	,579
B	,000*	,796	,218	,000*	,000*	,529
Cr	,001*	,001*	,009*	,846	,089	,165
Cu	,052	,001*	,105	,001*	,971	,000*
Fe	,011*	,000*	,000*	,007*	,015*	,280
Li	,000*	,011*	,015*	,000*	,280	,000*
Ni	,165	,063	,280	,002*	,023*	,315
Pb	,019*	,315	,353	,003*	,035*	,143
V	,007*	,684	,218	,005*	,631	,105
Zn	,000*	,011*	,003*	,000*	,000*	,280

*P<0,05

Tabla 3. Tabla ANOVA (Test de U de Mann-Whitney)

Discusión

Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio, se podría destacar que las medias de concentración de metales pesados tienen sus valores más altos en la zona 1 (emisario) y van disminuyendo según se aleja del punto de descarga del emisario. En dicha zona, los metales que tienen mayor rango de concentración, con respecto a las otras zonas, son: Al, B, Li, Ni, Pb y Zn (Tabla 1). Sin embargo, la zona con menor concentración media de metales pesados es la zona 2. Asimismo, este hecho se debería principalmente, según la comparación con otros estudios, a los aportes antropogénicos que han tenido lugar a lo largo del tiempo. No obstante, estos valores no son tan altos como para declarar que la zona no sea apta para el baño y perjudique gravemente la salud de la población. En Varanasi (India), en donde se analizaron suelos y vegetales. El estudio concluye que la irrigación por aguas residuales tratadas o no tratadas ha aumentado la cantidad de metales pesados. La concentración de cadmio en el agua de riego se encontró por encima del límite permisible establecido por la OMS para el riego de tierras agrícolas en los sitios de Dinapur y Lohta. Las concentraciones de metales pesados en las plantas muestran variaciones espaciales y temporales significativas. Cd, Pb y Ni superaron los límites permisibles por la India, mientras que Zn y Cu estaban dentro de los límites en la porción comestible de *Beta vulgaris*. Además, la concentración de Cr superaba el límite permisible en el sitio de Lohta, recibiendo efluentes de industrias basadas en Cr. Los resultados del presente estudio sugieren incluso

que las concentraciones de Zn, Cr y Mn en las plantas están influenciadas por variaciones estacionales; mientras que Cd, Cu, Pb y Ni no mostraron ningún cambio en el patrón de captación debido a las variaciones estacionales [13].

Un estudio muy reciente en la Patagonia, concretamente en el Canal de Beagle, llevó a cabo un análisis del agua de mar de seis metales (fracción soluble) de las muestras para determinar los factores de concentración (FQ). Así, se concluyó que la especiación de metales en el agua de mar y, por lo tanto, su bioacumulación, depende de varios factores, como el protocolo de muestreo, las condiciones ambientales y fisicoquímicas, la salinidad, las sustancias húmicas, la red trófica, la dureza del agua, etc. Por otro lado, el fenómeno de la bioacumulación no refleja inmediatamente la polución aguda en las áreas estudiadas sino, principalmente, la historia de la misma [4].

Paralelamente, se hizo una investigación en el estuario de Port Jackson (Australia), y como se esperaba, las concentraciones de metales pesados, obtenidas en el estuario, fueron mayores que las concentraciones de Cu, Cd, Zn y Ni observadas para aguas abiertas y costeras australianas. Esto indica claramente un aporte derivado antrópicamente de metales en las aguas estuarinas. Sin embargo, para todos los metales, las concentraciones observadas estuvieron por debajo de los límites de referencia para la calidad del agua recreativa, el principal uso de las aguas estuarinas. La relación elemental de Zn: Cd se ha utilizado como indicador de la entrada antropogénica a las aguas estuarinas y costeras [8]



Figura 1: Zonación de los charcos del intermareal de Punta del Hidalgo en función a la distancia del emisario (Mapa obtenido de Grafcan).

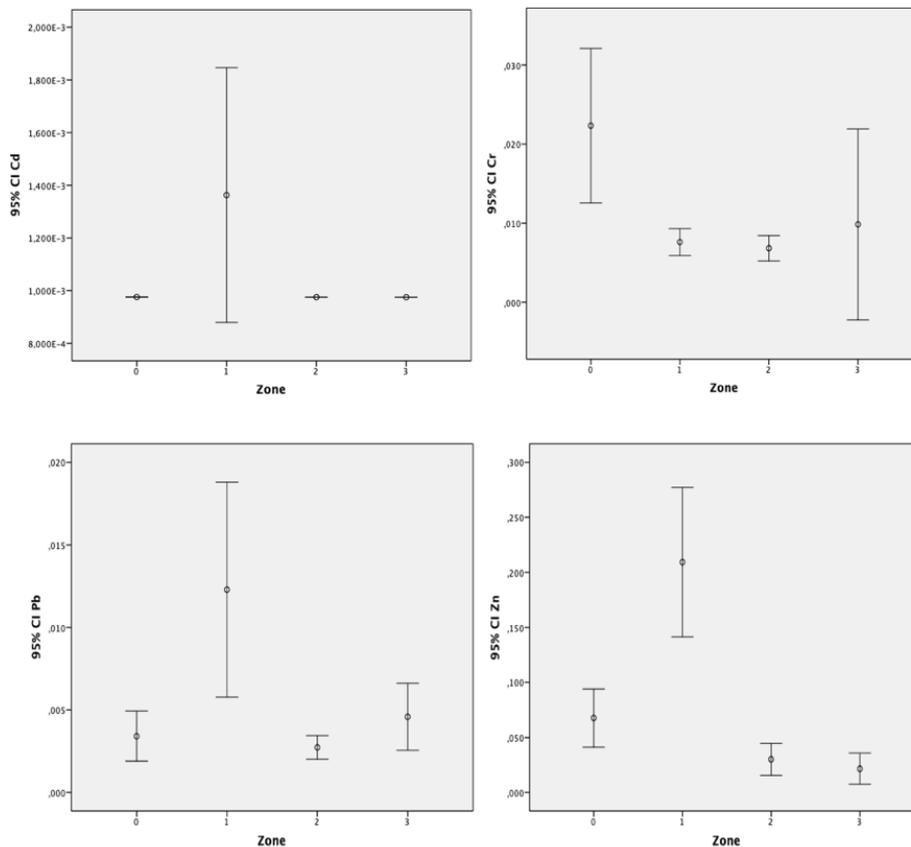


Figura 2. Concentración de los metales pesados (Cd, Cr, Pb y Zn) por zona (mg/kg).

Otro estudio que apoya la influencia antropogénica en la contaminación por metales pesados se realizó en el puerto de Alejandria (Egipto). En este territorio objeto de estudio, se ha incrementado la actividad industrial drásticamente en los últimos 20 años. Las concentraciones de muchos metales pesados fueron mucho más altas en comparación con el

análisis realizado hace una década en el sedimento de Western Harbour (4 veces para Cd, 11 veces para Cu, 8 veces para Mn y 75 veces para Zn). Este gran aumento en la concentración de metales pesados en los sedimentos superficiales fue probablemente causado por las actividades portuarias e industriales cada vez mayores durante este

período y la descarga continua de efluentes agrícolas e industriales al puerto. Los niveles más altos de As, Cd, Cu, Mn, Ni, V, Sn, Cr y Zn en la cuenca del Arsenal, y en las regiones de Boathouse, el emblema de El Mahmoudiya y el Ship Lift, se deben principalmente a la presencia de las principales fuentes de aportes por metales y actividades humanas intensivas. Las concentraciones de la mayoría de los metales pesados en la mayoría de las muestras de sedimentos estaban por encima de los umbrales que se consideraban seguros para los organismos vivos. Altos niveles de metales pesados podrían producir efectos perjudiciales sobre los organismos bentónicos. Aunque la bioacumulación de metales pesados no se investigó en este estudio, las altas concentraciones de sedimentos de metales pesados en el puerto occidental de Alejandría podrían producir una acumulación en el sistema biológico y producir efectos adversos para la salud [19].

En Dinamarca, unos investigadores estudiaron una estrategia para la eliminación de metales pesados. Se utilizó la remediación electrodiálítica para eliminar los metales pesados de los sedimentos portuarios contaminados con anóxicos. La eliminación más alta obtenida fue de 98% de Cd, 78% de Zn, 65% de Pb y 44% de Cu a 1.0mA / cm². En los sedimentos anóxicos, los metales suelen estar presentes como sulfuros metálicos inmóviles. Sin embargo, el sedimento se oxidó parcialmente cuando se mezcló por primera vez en la celda electrodiálítica y, además, durante los experimentos electrodiálíticos, cambiaron la especiación del metal y la disponibilidad. La suspensión de sedimentos se oxidó después de 7 días de remediación y esto no dependió de la velocidad de agitación. La acidificación de los sedimentos se observó en todos los experimentos electrodiálíticos, incluido un experimento sin corriente aplicada. Por esta razón, parecía crucial, para el potencial de remediación de todos los metales, mantener el sedimento en suspensión para obtener un pH bajo en el sedimento. Para las condiciones operativas, también se concluyó que es importante mantener todos los sedimentos en suspensión para evitar depósitos y niveles de alto voltaje [12]

También se investigaron las fuentes de metales pesados en una planta de tratamiento de aguas residuales en Estocolmo. Se determinó que las fuentes pueden ser bienes reales, como por ejemplo: escurrimiento de techos, desgaste de neumáticos, alimentos o actividades, grandes empresas, lavacoche. Las fuentes se

identificaron al conocer el contenido de metales en varios productos y las emisiones de productos a aguas residuales o aguas pluviales. Las fuentes de aguas residuales y aguas pluviales se clasificaron para permitir la comparación con otras investigaciones y mediciones. Las categorías fueron hogares, agua de drenaje, negocios, sedimentos de tuberías (todos transportados en aguas residuales), deposición atmosférica, tráfico, materiales de construcción y sedimentos de tuberías (transportados en aguas pluviales). Los resultados muestran que fue posible rastrear las fuentes de metales pesados para algunos metales como Cu y Zn (110 y 100% encontrados, respectivamente), así como Ni y Hg (70% encontrado). Otras fuentes de metales aún son poco conocidas o subestimadas (Cd 60%, Pb 50%, Cr 20% conocido). Las mayores fuentes de Cu resultaron ser el agua del grifo y los techos. Para Zn las mayores fuentes fueron material galvanizado y lavados de autos. En el caso de Ni, las fuentes radicaban en los productos químicos utilizados en la WTP y el agua potable en sí. Y finalmente, para Hg, la fuente de emisión más dominante fue la amalgama en los dientes. Para Pb, Cr y Cd, donde las fuentes eran menos comprendidas, los mayores contribuyentes de todos fueron el lavado de autos. Los resultados estimados de las fuentes de este estudio se compararon con las mediciones realizadas anteriormente. La comparación muestra que la contribución medida de los hogares es mayor que la estimada (excepto Hg), lo que lleva a la conclusión de que las fuentes de agua de alcantarillado de los hogares aún no se conocen bien o que las fuentes conocidas están subestimadas. [23]. Es importante resaltar que el vertido del emisario submarino presente en la parcela de estudio es un factor determinante para que se acumulen metales pesados en el medio marino. De igual manera, la actividad humana ha contribuido a aumentar el contenido de estos elementos durante los últimos años. En cambio, estos niveles medios de metales pesados no se consideran tan significativos como para confirmar que no sea apto el baño en esta zona y que, por ello, perjudique gravemente la salud de la población.

Conclusiones

Cabe destacar que existe alta concentración por metales pesados en la zona de charcos del intermareal de Punta del Hidalgo. Los metales pesados con mayores concentraciones son: B, seguido de Al y, a su vez, de Fe. Sin embargo, destacamos que el Cd es el metal que aparece en menor concentración.

Adicionalmente, los resultados obtenidos mostraron que hay diferencias significativas entre las zonas de estudio. Siendo la comparación de zonas 1-2 la que representa mayor disparidad de concentración, con tan solo dos elementos que no tienen diferencias destacables (Cd y Cr). Por otra parte, las zonas 2-3 tienen el menor grado de diferencias significativas

Paralelamente a estas hipótesis, es importante resaltar que el vertido del emisario submarino presente en la parcela de estudio es un factor determinante para que se acumulen metales pesados en el medio marino. De igual manera, la actividad humana ha contribuido a aumentar el contenido de estos elementos durante los últimos años.

En cambio, estos niveles medios de metales pesados no se consideran tan significativos como para confirmar que no sea apto el baño en esta zona y que, por ello, perjudique gravemente la salud de la población.

Bibliografía

1. Afonso, A., Gutiérrez, Á.J., Lozano, G., González-Weller, D., Lozano-Bilbao, E., Rubio, C., Caballero, J.M., Revert, C., Hardisson, A. Metals in *Diplodus sargus cadenati* and *Sparisoma cretense*—a risk assessment for consumers. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018; doi:10.1007/s11356-017-0697-4
2. Aral, H., Vecchio-Sadus, A. Toxicity of lithium to humans and the environment—A literature review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2008; 70: 349-356.
3. Bonsignore, M., Salvagio Manta, D., Mirto, S., Quinci, E.M., Ape, F., Montalto, V., Gristina, M., Traina, A., Sprovieri, M. Bioaccumulation of heavy metals in fish, crustaceans, molluscs and echinoderms from the Tuscan coast. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2018; 162:554-562.
4. Conti, M.E., Tudino, M.B., Grazia Finoina, M., Simone, C., Stripeikis, J. Managing complexity of marine ecosystems: From the monitoring breakdown structure (MBS) to the baseline assessment. Trace metal concentrations in biomonitors of the Beagle Channel, Patagonia (2005-2012). Elsevier, *Ecological Indicators.* 2019; 104: 296-305.
5. Cowie, R.H., Holland, B.S. Dispersal is fundamental to biogeography and the evolution of biodiversity on oceanic islands. *J. Biogeogr.* 2006; 33: 193-198.
6. DeForest, D.K., Brix, K. V., Adams, W.J. Assessing metal bioaccumulation in aquatic environments: The inverse relationship between bioaccumulation factors, trophic transfer factors and exposure concentration. *Aquat. Toxicol.* 2007; 84: 236-246.
7. Genthe, B., Kapwata, T., Le Roux, W., Chamier, J., Wright, C.Y. The reach of human health risks associated with metals/metalloids in water and vegetables along a contaminated river catchment: South Africa and Mozambique. *Chemosphere.* 2018; 199: 1-9.
8. Hatje, S. C. Apte, L. T. Hales, G.F. Birch. Dissolved trace metal distributions in Port Jackson estuary (Sydney Harbour), Australia. *Science Direct, Marine Pollution Bulletin.* 2006; 46 (2003): 719-730.
9. Hosono, T., Su, C.C., Delinom, R., Umezawa, Y., Toyota, T., Kaneko, S., Taniguchi, M. Decline in heavy metal contamination in marine sediments in Jakarta Bay, Indonesia due to increasing environmental regulations. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2011; 92: 297-306.
10. Huang, L., Pu, X., Pan, J.F., Wang, B. Heavy metal pollution status in surface sediments of Swan Lake lagoon and Rongcheng Bay in the northern Yellow Sea. *Chemosphere.* 2013; 93: 1957-1964.
11. King, T.J. *Bad Habits and Prosthetic Performances: Negotiation of Individuality and Embodiment of Social Status in Australian Shark Fishing* Author (s): Tanya J . King Published by: The University of Chicago Press Stable. 2017; URL : <http://www.jstor.org/stable/20479464> 63, 537-560.
12. Kirkelund, G.M., Ottosen, L.M., Villumsen, A. Electrolytic remediation of harbor sediment in suspension-Evaluation of effects induced by changes in stirring velocity and current density on heavy metal removal and pH. Elsevier, *Journal of Hazardous Materials.* 2009; 169: 685-690.
13. Kumar Sharma, R., Agrawal, M., Marshall, F. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Science Direct, Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2005; 66 (2007): 258-266.
14. Lozano-Bilbao, E., Alcázar-Treviño, J., & Fernández, J. J. Determination of $\delta^{15}\text{N}$ in *Anemonia sulcata* as a pollution bioindicator. *Ecological Indicators.* 2018; 90: 179-183.
15. Lozano-Bilbao, Enrique, Gutiérrez, Á.J., Hardisson, A., Rubio, C., González-Weller, D., Aguilar, N., Escánez, A., Espinosa, J.M., Canales, P., Lozano, G. Influence of the submarine volcanic eruption off El Hierro (Canary Islands) on the mesopelagic

- cephalopod's metal content. *Mar. Pollut. Bull.* 2018a; 129: 474-479.
16. Lozano-Bilbao, Enrique, Lozano, G., Gutiérrez, Á.J., Rubio, C., Hardisson, A. Mercury, cadmium, and lead content in demersal sharks from the Macaronesian islands. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018b; 25: 21251-21256.
 17. Lozano, E., Alcázar, J., Bardera, G., Sánchez, A., Marí, S.M., Alduán, M. Bioindicadores de contaminación en relación a un emisario submarino en Punta del Hidalgo (Tenerife , islas Canarias). *Rev. Acad. Canar. Cienc.* 2016; 28: 133-142.
 18. Ma'or, Z., Halicz, L., Portugal-Cohen, M., Russo, M.Z., Robino, F., Vanhaecke, T., Rogiers, V. Safety evaluation of traces of nickel and chrome in cosmetics: The case of Dead Sea mud. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2015; 73: 797-801.
 19. Mostafa, A.R., Barakat, A.O., Qian, Y., Wade, T.L. & Yuan, D. An Overview of Metal Pollution in the Western Harbour of Alexandria, Egypt. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal.* 2004; 13: 299-311.
 20. Pragst, F., Stieglitz, K., Runge, H., Runow, K.-D., Quig, D., Osborne, R., Runge, C., Ariki, J. High concentrations of lead and barium in hair of the rural population caused by water pollution in the Thar Jath oilfields in South Sudan. *Forensic Sci. Int.* 2017; 274: 99-106.
 21. Ruilian, Y., Xing, Y., Zhao, Y., Hu, G., Tu, X. Heavy metal pollution in intertidal sediments from Quanzhou Bay, China. *J. Environ. Sci.* 2008; 20: 664-669.
 22. Sánchez-Marín, P., Santos-Echeandía, J., Nieto-Cid, M., Álvarez-Salgado, X.A., Beiras, R. Effect of dissolved organic matter (DOM) of contrasting origins on Cu and Pb speciation and toxicity to *Paracentrotus lividus* larvae. *Aquat. Toxicol.* 2010; 96: 90-102.
 23. Sorme, L., & Lagerkvist, R. Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. Elsevier, *The Science of the Total Environment.* 2002; 298: 131-145.
 24. Verlecar, X.N., Desai, S.R., Sarkar, A., Dalal, S.G. Biological indicators in relation to coastal pollution along Karnataka coast, India. *Water Res.* 2006; 40: 3304-3312.
 25. Wang, W. X. Interactions of trace metals and different marine food chains. *Marine Ecology Progress Series.* 2002; 243: 295-309.
 26. Whyte, A. L., Hook, G. R., Greening, G. E., Gibbs-Smith, E., & Gardner, J. P. Human dietary exposure to heavy metals via the consumption of greenshell mussels (*Perna canaliculus* Gmelin 1791) from the Bay of Islands, northern New Zealand. *Science of the Total Environment.* 2009; 407 (14): 4348-4355.
 27. Xu, Z., Xu, J., Yin, H., Jin, W., Li, H., He, Z. Urban river pollution control in developing countries. *Nat. Sustain.* 2019; 2: 158-160.