



## The Biologist (Lima)



LETTER TO EDITOR / NOTA AL EDITOR

### ECOTOXICOLOGICAL RISK POTENTIAL DUE TO HYDROCARBONS IN THE COASTAL-MARINE ECOSYSTEM OF VENTANILLA, CALLAO-PERU: PART - I

### POTENCIAL DE RIESGO ECOTOXICOLÓGICO POR HIDROCARBUROS EN EL ECOSISTEMA COSTERO-MARINO DE VENTANILLA, CALLAO-PERÚ: PARTE - I

George Argota Pérez<sup>1\*</sup> & José Iannacone<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno, Perú. [george.argota@gmail.com](mailto:george.argota@gmail.com)

<sup>2</sup> Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú. [joseiannacone@gmail.com](mailto:joseiannacone@gmail.com)

<sup>3</sup> Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú.

<sup>4</sup> Carrera de Ingeniería Ambiental. COEPERU- Coastal Ecosystems of Peru Research Group Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.

\*Corresponding author: [george.argota@gmail.com](mailto:george.argota@gmail.com)

George Argota Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>

José Iannacone: <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

## ABSTRACT

The purpose of the study was to describe the ecotoxicological potential for hydrocarbons in the coastal-marine ecosystem of Ventanilla, Callao-Peru. It is mentioned that petroleum hydrocarbons, when adsorbed on particulate materials, sediments, and the tissues of aquatic fauna, cause an ecological imbalance. Likewise, liver damage and gills of fish are produced, affecting growth and productivity in biomass. The effects can be acute (eg mortality, necrosis, mutagenicity, suffocation) and chronic (eg biomagnification processes and loss of biodiversity). A conservative type ecotoxicological risk prediction was made using the Gecotoxic® computer program where the environmental analysis descriptor indicated a high type rating (81%), while the environmental effect descriptor was also high prediction, but at 100%. It is concluded that various parameters must be evaluated to consider the risks to human health, such as equivalent potency concentration, matrix sweep value, lifetime carcinogenic risk model, maximum daily consumption, and toxic equivalency factors. In the same way, it must understand several questions in the dynamics of reversibility for the affected areas and among which are mentioned: 1<sup>st</sup>) what invertebrate organisms can be considered as future indicators of coastal-marine environmental quality, 2<sup>nd</sup>) how will the fauna evolve? macrobenthic? 3<sup>rd</sup>) in what time will the trophic interaction be restored? 4<sup>th</sup>) which threatened or endangered species were affected? and 5<sup>th</sup>) how much is the economic impact on traditional fishing communities?

**Keywords:** aquatic fauna – ecotoxicological risk – coastal-marine ecosystem – ecological disaster – oil

doi:10.24039/rtb20222011321

## RESUMEN

El propósito del estudio fue describir el potencial ecotoxicológico por hidrocarburos en el ecosistema costero-marino de Ventanilla, Callao-Perú. Se menciona, que los hidrocarburos de petróleo al adsorberse en los materiales particulados, sedimentos y los tejidos de la fauna acuática ocasionan un desequilibrio ecológico. Asimismo, se producen daños hepáticos y las branquias de los peces, afectación en el crecimiento y la productividad en biomasa. Los efectos pueden ser agudos (ej.: mortalidad, necrosis, mutagenicidad, asfixia) y crónicos (ej.: procesos de biomagnificación y pérdida de la biodiversidad). Se realizó una predicción de riesgo ecotoxicológico de tipo conservadora mediante el programa computacional Gecotoxic<sup>®</sup> donde el descriptor de análisis ambiental indicó calificación de tipo alta (81 %), mientras que, el descriptor de efecto ambiental igualmente fue de predicción alta, pero al 100 %. Se concluye, que deben evaluarse diversos parámetros para considerar los riesgos a la salud humana como son: concentración equivalente de potencia, valor de barrido de matriz, modelo de riesgo carcinogénico de por vida, máximo consumo diario y factores de equivalencia tóxica. De igual modo, debe entenderse diversas preguntas en la dinámica de reversibilidad para las zonas afectadas y entre las que se mencionan: 1<sup>to</sup>) ¿qué organismos invertebrados pueden considerarse como futuros indicadores de la calidad ambiental costero-marina, 2<sup>do</sup>) ¿cómo evolucionará la fauna macrobentónica? 3<sup>ro</sup>) ¿en qué tiempo se restablecerá la interacción trófica?, 4<sup>to</sup>) ¿cuáles especies amenazadas o en peligro de extinción se afectaron? y 5<sup>to</sup>) ¿cuánto es la repercusión económica sobre las comunidades pesqueras tradicionales?

**Palabras clave:** ecosistema costero-marino – desastre ecológico – fauna acuática – petróleo – riesgo ecotoxicológico

## INTRODUCCIÓN

La Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, indicó, que el 15 de enero de 2022, ocurrió en la localidad de Ventanilla, Callao-Perú, un derrame de petróleo durante las operaciones de descarga que realizó el Buque Tanque Mare Doricum en las instalaciones del Terminal Multiboyas N° 2 y que pertenece a la Refinería La Pampilla S.A.A., a cargo de Repsol. Más de 10 mil barriles de petróleo se derramaron y alrededor de 7 139 571 m<sup>2</sup> de mar se afectó, incluyéndose 24 playas entre Ventanilla y Chancay. El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP) mencionó, que el desastre afectó la vida silvestre de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras y la Zona Reservada Ancón (SPDA, 2022).

El petróleo comprende hidrocarburos, metales pesados y otros compuestos químicos que resultan peligrosos en el medio ambiente (Caja-Molina & Iannacone, 2021; Chilvers *et al.*, 2021). Las principales causas de contaminación en los mares y océanos con hidrocarburos de petróleo (HP) se deben a las catástrofes por derrames y/o fugas de tuberías durante las actividades en alta mar, así

como en las zonas de descargas y cercanas a las costas donde los HP pueden depositarse y adsorberse en los materiales particulados, sedimentos y los tejidos de la biota (Ventikos & Sotiropoulos, 2014; Duran & Cravo, 2016; Ma *et al.*, 2020 Zhang *et al.*, 2020;), debido a la hidrofobicidad y lipofilicidad que muestran los HP (Rojo *et al.*, 2014).

La hidrosfera marina se considera el último sumidero de diversos contaminantes (Li *et al.*, 2020), y ante la exposición a HP se producen daños a la salud pública (Jafarabadi *et al.*, 2020), los ecosistemas y en la propia biota pues ocurren reacciones metabólicas adversas y desequilibrios hormonales. Entre los efectos principales a corto plazo se encuentran la mortalidad por necrosis aguda, mutagenicidad, hipotermia, asfixia, ahogamiento y la pérdida de tejidos (Desforges *et al.*, 2016). Asimismo, prevalecen el dominio de especies que metabolizan y/o secuestrar los factores de estrés del petróleo por cuanto, la dinámica ecológica sobre la red trófica se altera y los procesos de biomagnificación justifican el daño por transferencia hacia los niveles superiores (Harvey *et al.*, 2014; Arias *et al.*, 2016; Catania *et al.*, 2018).

En el caso de los peces marinos se genera un daño histopatológico en el hígado y las branquias (Adams *et al.*, 2003; Giacalone *et al.*, 2004), se afecta el crecimiento y la productividad (Sun *et al.*, 2016). Cuando, los ecosistemas costeros-marinos están contaminados por HP y se evidencian actividades de pesca, entonces se requiere para garantizar la seguridad ecológica marina y la salud pública, el monitoreo y la evaluación del riesgo ante el consumo de pescado (Wang *et al.*, 2017; Yu *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020; Quispe-Villanueva, 2022; Soares *et al.*, 2022).

Para considerar, los riesgos a la salud humana deben evaluarse, al menos los parámetros siguientes:

- 1) concentración equivalente de potencia: PEC (Nisbet & LaGoy, 1992)
- 2) valor de barrido de matriz (USEPA, 1992; Fairey *et al.*, 1997)
- 3) modelo de riesgo carcinogénico de por vida: por sus siglas en inglés - ILCR (USEPA, 1992)

- 4) máximo consumo diario (CR) (USEPA, 1992; Yu *et al.*, 2019)
- 5) factores de equivalencia tóxica: por sus siglas en inglés - FET (Vuorinen *et al.*, 2006)

Según, las informaciones consultadas y disponibles en fuentes secundarias, una predicción de riesgo ecotoxicológico de tipo conservadora (ante la ausencia de datos científicos no incorporados) mediante el programa computacional Gecotoxic® (Argota *et al.*, 2019), puede ilustrar un riesgo ecotoxicológico alto de 81 % durante el incidente ambiental por el derrame de petróleo (Figura 1).

De manera independiente, a las actividades de limpieza del HP en el ecosistema y ante la evidencia de aves con presencia de HP en su plumaje (King *et al.*, 2021) y peces muertos o desplazados de su nicho ecológico (Grosell & Pasparakis, 2021), entonces se esperaría un efecto ambiental inmediato que es igual de alto, pero al 100 % (Figura 2).

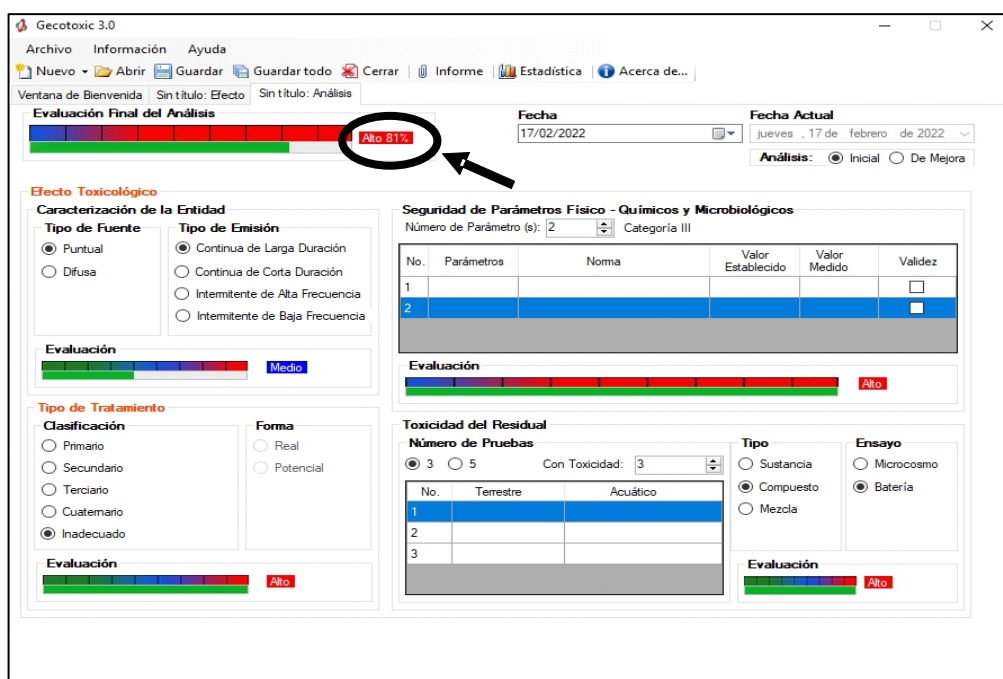
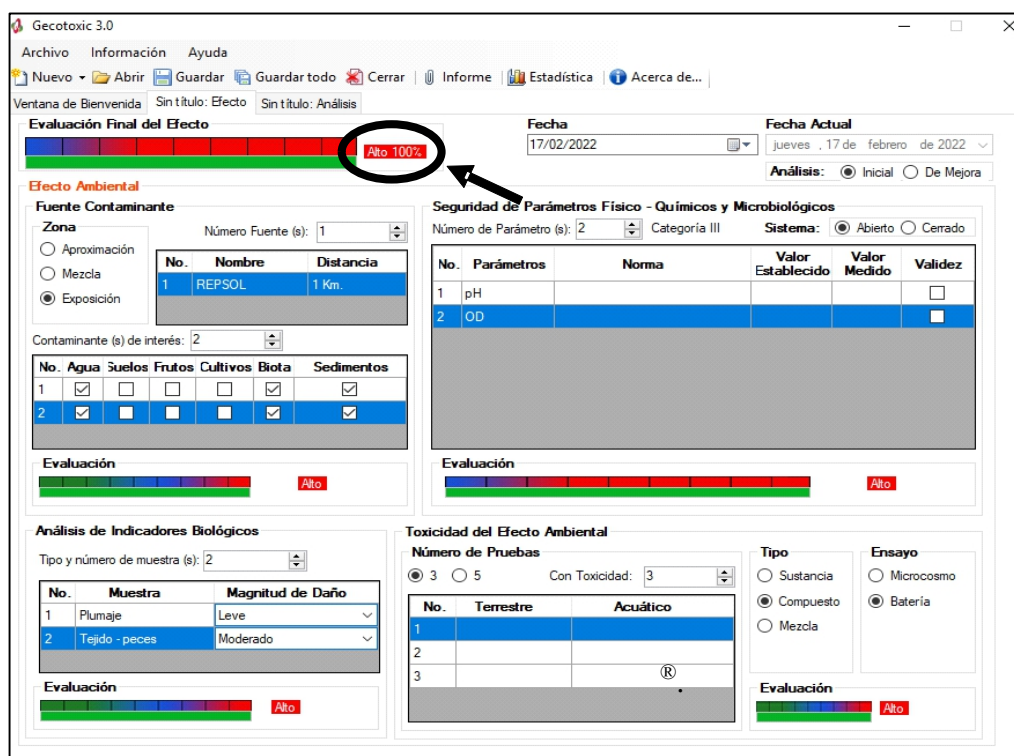


Figura 1. Predicción de riesgo ecotoxicológico ante el análisis ambiental transcurrido el derrame de petróleo mediante el programa computacional Gecotoxic®.



**Figura 2.** Predicción de riesgo ecotoxicológico ante el efecto ambiental transcurrido el derrame de petróleo mediante el programa computacional Gecotoxic®.

Se concluye, que los derrames de petróleo al destruir los ecosistemas costeros-marinos (McLachlan & Defeo, 2018; Aponte *et al.*, 2022), la biota se afecta por la exposición tan elevada a los hidrocarburos y el perjuicio se manifiesta ante la producción baja de fitoplancton debido a la reducción penetrante de la luz solar en la columna de agua, la variación del pH, la reducción de la concentración de oxígeno, la disminución en la disponibilidad de alimentos entre otros factores (Yim *et al.*, 2020). Finalmente, la exposición al petróleo en el medio acuático, provoca la limitación sobre la capacidad natatoria de la fauna acuática y la depredación, se reduce el apareamiento y la reproducción y aparecen efectos subletales en la abundancia y diversidad de especies (Weiss, 2014; Aponte *et al.*, 2022), por cuanto, la evaluación de los impactos crónicos (a largo plazo), es de importancia extraordinaria para entender, cómo evoluciona la biodiversidad marina (Yuewen & Adzigbli, 2018).

Dado el desastre ecológico, podrían considerarse en la dinámica de reversibilidad para las zonas afectadas, algunas interrogantes:

- 1) ¿Qué organismos invertebrados pueden considerarse como futuros indicadores de la calidad ambiental costero-marina?
- 2) ¿Cómo evolucionará la fauna macrobentónica?
- 3) ¿En qué tiempo se restablecerá la interacción trófica?
- 4) ¿Cuáles especies amenazadas o en peligro de extinción se afectaron?
- 5) ¿Cuánto es la repercusión económica sobre las comunidades pesqueras tradicionales?

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, S.M.; Greeley, M.S.; Law, J.M.; Noga, E.J. & Zelikoff, J.T. 2003. Application of multiple sublethal stress indicators to assess the health of fish in Pamlico Sound following extensive flooding. *Estuaries*, 26: 1365-1382.
- Aponte, H.; Torrejón-Magallanes, J. & Pérez, A. 2022. Marea negra en el Perú: reflexiones

- sobre un derrame de petróleo en el Pacífico sudamericano. *South Sustainability*, 3: e44.
- Argota, P.G.; Carbonell, M.A.C. & Rodríguez, A.M. 2019. *GECOTOXIC – Certificado de Registro de Programas Ordenador. No. Partida Registral: 01025-2019*. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Lima, Perú.
- Arias, A.H.; Souissi, A.; Roussin, M.; Ouddane, B. & Souissi, S. 2016. Bioaccumulation of PAHs in marine zooplankton: an experimental study in the copepod *Pseudodiaptomus marinus*. *Environmental Earth Sciences*, 75: 1-9.
- Caja-Molina, A.V. & Iannacone, J. 2021. Evaluación del riesgo ambiental por petróleo crudo en las especies acuáticas *Lemna minor*, *Daphnia magna* y *Danio rerio*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176): 777-794.
- Catania, V.; Cappello, S., Di Giorgi, V., Santina, S., Di Maria, R., Mazzola, A., Vizzini, S. & Quatrini, P. 2018. Microbial communities of polluted sub-surface marine sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 131: 396-406.
- Chilvers, B.J.; Morgan, K.J. & White, B.J. 2021. Sources and reporting of oil spills and impacts on wildlife 1970-2018. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 754-762.
- Desforges, J.W.; Sonne, C.; Levin, M.; Siebert, U.; Guise, S.D. & Dietz, R. 2016. Immunotoxic effects of environmental pollutants in marine mammals. *Environment International*, 86: 126-139.
- Duran, R. & Cravo, L.C. 2016. Role of environmental factors and microorganisms in determining the fate of polycyclic aromatic hydrocarbons in the marine environment. *Federation of European Microbiological Societies-Microbiology Reviews*, 40: 814-830.
- Fairey, R.; Taberski, K.; Lamerdin, S.; Johnson, E.; Clark, R.P.; Downing, J.W.; Newman, J. & Petreas, M. 1997. Organochlorines and other environmental contaminants in muscle tissues of sportfish collected from San Francisco Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 34: 1058-1071.
- Giacalone, A.; Gianguzza, A.; Mannino, M.R.; Orecchio, S. & Piazzese, D. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of marine coastal lagoons in Messina, Italy. Extraction and GC/MS analysis, distribution and sources. *Polycyclic aromatic hydrocarbons*, 24: 135-149.
- Grosell, M. & Pasparakis, C. 2021. Physiological responses of fish to oil spills. *Annual Review of Marine Science*, 13: 137-160.
- Harvey, H.R.; Taylor, K.A.; Pie, H.V. & Mitchelmore, C.L. 2014. Polycyclic aromatic and aliphatic hydrocarbons in Chukchi Sea biota and sediments and their toxicological response in the Arctic cod, *Boreogadus saida*. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 102: 32-55.
- Jafarabadi, A.R.; Mashjoo, S.; Bakhtiari, A.R. & Jadot, C. 2020. Dietary intake of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from coral reef fish in the Persian Gulf - human health risk assessment. *Food Chemistry*, 329: 1-33.
- King, M.D.; Elliott, J.E. & Williams, T.D. 2021. Effects of petroleum exposure on birds: A review. *Science of The Total Environment*, 755: 142834.
- Li, Y.L.; Lohmann, R.; Zou, X.Q.; Wang, C.L. & Zhang, L. 2020. Air-water exchange and distribution pattern of organochlorine pesticides in the atmosphere and surface water of the open Pacific Ocean. *Environmental Pollution*, 265: 1-29.
- Ma, Y.X.; Sun, Y.R.; Li, Y.K.; Zheng, H.Y. & Mi, W.Y. 2020. Polycyclic aromatic hydrocarbons in benthos of the northern Bering Sea Shelf and Chukchi Sea Shelf. *Journal of Environmental Sciences*, 97: 194-199.
- Mclachlan, A. & Defeo, O. 2018. *The Ecology of Sandy Shores*, Third ed. Academic Press, pp. 560.
- Nisbet, I.C. & LaGoy, P.K. 1992. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 16: 290-300.
- Quispe-Villanueva, M.S. 2022. Más tránsito de hidrocarburos en nuestro mar: ponen en peligro nuestros alimentos de origen marino. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 9: 125-131.

- Rojo, N.E.; Oliva, M.; Sales, D. & Perales, J.A. 2014. Feral finfish, and their relationships with sediments and seawater, as a tool for risk assessment of PAFIs in chronically polluted environments. *Science of the Total Environment*, 470: 1030-1039.
- Soares, M.O.; Teixeira, C.E.P.; Bezerra, L.E.A.; Rabelo, E.F.; Castro, I.B. & Cavalcante, R.M. 2022. The most extensive oil spill registered in tropical oceans (Brazil): the balance sheet of a disaster. *Environmental Science and Pollution Research*, doi: 10.1007/s11356-022-18710-4.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental: SPDA. 2022. *Derrame de petróleo en la costa peruana: puntos claves para entender el desastre ambiental*. <https://www.actualidadambiental.pe/derrame-de-petroleo-en-ventanilla-puntos-claves-para-entender-el-desastre-ambiental/>
- Sun, R.X.; Lin, Q.; Ke, C.L.; Du, F.Y.; Gu, Y.G.; Cao, K.; Luo, X.J. & Mai, B.X. 2016. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments and marine organisms from the Daya Bay, South China. *Marine Pollution Bulletin*, 103: 325-332.
- USEPA. 1992. Guidelines for Exposure Assessment. Risk Assessment Forum. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Ventikos, N.P. & Sotiropoulos, F.S. 2014. Disutility analysis of oil spills: graphs and trends. *Marine Pollution Bulletin*, 81: 116-123.
- Vuorinen, P.J.; Keinänen, M.; Vuontisjarvi, H.; Barsiene, J.; Broeg, K.; Forlin, L.; Gercken, J.; Kopecka, J.; Koehler, A.; Parkkonen, J.; Pempkowiak, J. & Schiedek, D. 2006. Use of biliary PAH metabolites as a biomarker of pollution in fish from the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 53: 479-487.
- Wang, C.L.; Zou, X.Q.; Zhao, Y.F.; Li, Y.L.; Song, Q.C.; Wang, T. & Yu, W.W. 2017. Distribution pattern and mass budget of sedimentary polycyclic aromatic hydrocarbons in shelf areas of the Eastern China Marginal Seas. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122: 4990-5004.
- Weiss, J.S. 2014. *Physiological, developmental and behavioral effects of marine pollution*. Springer, pp. 459.
- Yim, U.H.; Hong, S.; Lee, C.; Kim, M.; Jung, J.H.; Ha, S.Y. & Yu, O.H. 2020. Rapid recovery of coastal environment and ecosystem to the Hebei Spirit oil spill's impact. *Environment International*, 136: 1-9.
- Yu, Z.L.; Lin, Q.; Gu, Y.G.; Du, F.Y.; Wang, X.H.; Shi, F.Q.; Ke, C.L.; Xiang, M.D. & Yu, Y.J. 2019. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in wild marine fish from the coastal waters of the northern South China Sea: risk assessment for human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180: 742-748.
- Yuewen, D. & Adzighli, L. 2018. Assessing the impact of oil spills on marine organisms. *Journal of Oceanography and Marine Research*, 6: 1-7.
- Zhang, C.C.; Li, Y.L.; Wang, C.L.; Feng, Z.Y.; Hao, Z.; Yu, W.W.; Wang, T. & Zou, X.Q. 2020. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in marine organisms from two fishing grounds, South Yellow Sea, China: bioaccumulation and human health risk assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 153: 1-9.

Received January 31, 2021.  
Accepted February 18, 2022.