

CONTAMINACIÓN POR MICROPLÁSTICOS EN *Cynoscion* spp, *Opisthonema libertate* Y *Mugil cephalus* DEL PACÍFICO ORIENTAL TROPICAL

MICROPLASTIC POLLUTION IN *Cynoscion* spp, *Opisthonema libertate* AND *Mugil cephalus* FROM THE TROPICAL EASTERN PACIFIC

Andrés Leonardo Bailón Macías, Carlos Luis Banchón Bajaña

Carrera de Ingeniería Ambiental. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, vía Calceta-El Morro, Ecuador

Email: andres_bailon@espa.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
30/06/2023

Aceptado:
06/09/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista
ESPAMCIENCIA
14(2):91-97

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espaencia.v14i2.402

Resumen

Los microplásticos generan una problemática grave en los mares, amenazando la vida marina, contaminando el agua y afectando a los ecosistemas. Su acumulación y consumo por parte de los organismos marinos tiene consecuencias negativas en toda la cadena alimentaria. En función de esto, el presente trabajo evaluó la contaminación por microplásticos en *Cynoscion* spp, *Opisthonema libertate* y *Mugil cephalus*, especies de alto y bajo calado del Pacífico Oriental Tropical de Ecuador. Dentro de los resultados obtenidos, se destaca la presencia de formas y colores de polímeros plásticos en *M. cephalus* capturado a un bajo calado de hasta 1,8 metros de profundidad. Se detectó la presencia de 449 unidades de polímeros plásticos de un total de 36 muestras de *M. cephalus*, lo cual representa una ocurrencia del 83%. En contraste, la ocurrencia más baja fue del 0% para *Cynoscion* spp y 6% para *O. libertate*, en alto calado de hasta 9,1 metros de profundidad. En especies de bajo calado, la presencia de microplásticos puede estar relacionada con su mayor cercanía a fuentes de contaminación, como zonas costeras urbanizadas o actividades humanas intensivas. Sin embargo, la ausencia de microplásticos en especies de alto calado puede indicar una menor exposición o una capacidad de filtración más eficiente.

Palabras clave: Corvina, pinchagua, lisa, contaminación marina, contaminantes recalcitrantes.

Abstract

Microplastics create serious problems in the seas, threatening marine life, polluting water and affecting ecosystems. Its accumulation and consumption by marine organisms has negative consequences throughout the food chain. Based on this, the present work evaluated the contamination by microplastics in *Cynoscion* spp, *Opisthonema libertate* and *Mugil cephalus*, species of high and low depth of the Eastern Tropical Pacific in Ecuador. Among the results obtained, the presence of shapes and colors of plastic polymers in *M. cephalus* captured at a shallow depth of up to 1.8 meters stands out. The presence of 449 units of plastic polymers was detected out of a total of 36 samples of *M. cephalus*, which represents an occurrence of 83%. In contrast, the lowest occurrence was 0% for *Cynoscion* spp and 6% for *O. libertate*, in deep drafts up to 9.1 meters deep. In shallow-draft species, the presence of microplastics may be related to their greater proximity to sources of pollution, such as urbanized coastal areas or intensive human activities. However, the absence of microplastics in deep-water species may indicate lower exposure or more efficient filtering capacity.

Keywords: Corvina, pinchagua, mullet, marine pollution, recalcitrant pollutants.

INTRODUCCIÓN

Hasta 12,7 millones de toneladas métricas de residuos plásticos terrestres de 192 países costeros contaminan el océano (Amelia *et al.*, 2021; Andrady *et al.*, 2022). Desechos menos 5 mm se definen como microplásticos y llegan al medio ambiente marino como fuentes primarias (pellets, microesferas) o secundarias (fragmentación de desechos plásticos mayores en fibras, fragmentos, gránulos y películas) (Bajt, 2021; Compa *et al.*, 2018). Estas diminutas partículas son fácilmente confundidas con alimentos por peces y otros animales marinos, poniendo en riesgo su salud. Los cuales, al bioacumularse, amenazan la capacidad de los océanos para proporcionar servicios ecosistémicos esenciales (Barboza *et al.*, 2019; Van Truong & beiPing, 2019; Worm *et al.*, 2017). Más del 90% de las aves marinas y más de la mitad de las tortugas marinas ingieren plástico, confundiéndolo con alimento; esto representa un riesgo grave de inanición debido al volumen indigestible de plástico y a su confusión con medusas (Barboza *et al.*, 2019; Chassignet *et al.*, 2021). Especies como *Ariopsis felis* y *Centropomus pectinatus* tienen altas concentraciones de microplásticos en sus tractos gastrointestinales debido a su hábitat de alimentación en el lecho marino, receptor potencial de desechos plásticos (Sánchez-Hernández *et al.*, 2021).

Los microplásticos también afectan a las especies de corvinas (*Cynoscion* spp.), un grupo de peces ampliamente distribuido en el Pacífico Tropical Oriental, evidenciando su presencia en esta región marina (Naidoo *et al.*, 2020; Pegado *et al.*, 2018; Shruti *et al.*, 2021). En el tracto digestivo de *Cynoscion acoupa*, se detectaron restos de plástico, siendo el 97% de esos restos filamentos plásticos de menos de 5 mm, con colores que correspondían al 41% azul, 21% morado, 15% negro, 14% blanco y 6% rojo (Ferreira *et al.*, 2016). *Opisthonema libertate*, comúnmente conocido como sardina, es un pez pelágico que es comercialmente importante en el Pacífico Tropical Oriental. En el Golfo de Nicoya, Costa Rica, se descubrió que el 96% de los peces analizados están contaminados con microplásticos, lo que indica que estos contaminantes también afectan a los peces en esa área (Bermúdez-Guzmán *et al.*, 2020; Vega-Corrales, 2010).

Mugil cephalus, conocido como lisa, es otra especie de pez comercialmente importante en el Pacífico, donde se determinó la presencia de microplásticos en un 60% de las lisas silvestres muestreadas en Hong Kong (Cheung *et al.*, 2018). Estudios refieren que las lisas acumulan microplásticos en sus tractos gastrointestinales y branquias (Barletta *et al.*, 2019; Garcés-Ordóñez *et al.*, 2020; Ortega-Borchardt *et al.*, 2023). Los microplásticos causan daño físico al tracto digestivo de los organismos marinos, lo que reduce la eficiencia de la alimentación y las tasas de crecimiento. Los microplásticos actúan como vectores de sustancias químicas tóxicas como PCB y

DDT, representando amenazas para la biota debido a daños físicos por ingestión y liberación de aditivos, y sustancias químicas persistentes y bioacumulativas (Desforges *et al.*, 2014; Díaz-Mendoza *et al.*, 2020).

En función de la problemática expuesta, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la presencia de microplásticos en especies marinas de alto y bajo calado, de la costa sur de Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo

Durante el periodo de abril a junio de 2023, se muestrearon un total de 105 ejemplares de diferentes especies marinas en la zona de Puerto Bolívar, provincia del Oro, Ecuador. A una profundidad de captura de 9,1 metros, se muestrearon 30 unidades de lisas (*Mugil cephalus*), 30 unidades de cachemas (*Cynoscion* spp) y 18 unidades de pinchaguas (*Opisthonema libertate*), las cuales fueron capturadas por embarcaciones industriales de red de cerco. De bajo calado, *Cynoscion* spp fue capturada a 1,8 metros. Adicionalmente, se recolectaron 36 unidades de pinchaguas (*Opisthonema libertate*) provenientes de embarcaciones artesanales de las costas de Puerto Bolívar (Ecuador), las cuales se comercializan en menor escala entre los habitantes de la zona.

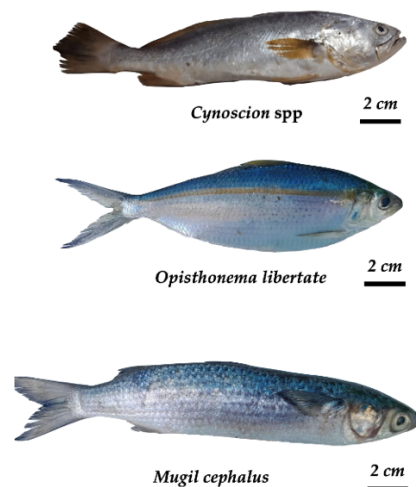


Figura 1. Especies marinas objeto de estudio.

Procesamiento de muestras

Para cada muestra, se tomaron medidas precisas del peso total y longitud a la horquilla, con una precisión de 0,1 gramos y 0,1 centímetros, respectivamente (Lusher *et al.*, 2013; Romeo *et al.*, 2015; Wiczorek *et al.*, 2018). Con el fin de analizar los contenidos estomacales e intestinales de las muestras, se procedió a realizar una disección ventral

para extraer dichos órganos. Los pesos de los estómagos e intestinos se registraron con una balanza electrónica de precisión marca Shine, redondeando al valor más cercano de 0,1 gramos. Posteriormente, las muestras obtenidas fueron almacenadas en un refrigerador a una temperatura de -20°C para mantener el tejido en óptimas condiciones, en espera de los siguientes procedimientos a realizar.

La digestión con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) se llevó a cabo con base en el protocolo descrito por Jaben *et al.* (Lusher *et al.*, 2013). Las porciones de estómago e intestino extraídas se colocaron en recipientes limpios de vidrio de un litro. Y digerido para separar el plástico del tejido. Aproximadamente 400 ml de peróxido de hidrógeno al 50 % se añadió para digerir la materia orgánica y los recipientes cerrados durante 24 a 72 h. La solución disuelta se retuvo al terminar la digestión.

La filtración y separación por densidad de partículas plásticas por solución salina (NaCl), siguió los métodos sugeridos por Jabeen *et al.* (Lusher *et al.*, 2013). Aproximadamente 800 mL de solución saturada de NaCl (1,2 g/mL) se añadió al vaso de precipitados para que flotara aumentando la densidad de la solución. La solución fue revuelta y mezclada, y luego se mantuvo durante la noche, lo que permitió la separación y flotación de los plásticos restos de la solución tisular disuelta debido a las diferencias de densidad. A continuación, la solución fue el vacío. Filtrado a través de papel de filtro Whatman Grado 1 (tamaño de poro de $11\ \mu\text{m}$, Whatman plc, Maidstone, Reino Unido). Los filtros se almacenaron en placas de petri limpias que se taparon después de la filtración y se prepararon para observación microscópica.

Los filtros se observaron bajo un estereomicroscopio (Shawshank, China), y las partículas plástico fueron observadas, identificadas visualmente y capturadas por una cámara para los registros. Los tipos de los artículos de plástico se clasificaron según las características físicas descritas por (Li *et al.*, 2016) incluyendo las fibras, que presentaban formas alargadas y esbeltas; fragmentos, que aparecieron como escombros incompletos de plástico más grande; y láminas, que son capas delgadas de plástico grandes, y aquellos con tamaños mayores de 5 mm se consideraron mesoplásticos. Las dimensiones más largas (medidas en mm) y también se registraron los colores de los artículos de plástico identificados. Además, el plástico identificado los artículos se asignaron a las clases de tamaño que utilizaron Romeo *et al.* (2015); Artículos de menos de 2 mm se enumeraron como microplásticos pequeños, mientras que los artículos de entre 2 y 5 mm se enumeraron como microplásticos.

Todo el equipo, incluidos el material de vidrio y el aparato de disección, se enjuagó tres veces con agua desionizada para evitar la contaminación. La solución salina y el peróxido de hidrógeno se filtrado con papel de filtro

Whatman Grado 1 (tamaño de poro de $11\ \mu\text{m}$) antes de su uso. Batas y guantes de laboratorio fueron usados durante el proceso del experimento. Además, las muestras se cubrieron inmediatamente cuando no en uso. Se colocó papel filtro empapado con agua desionizada en el ambiente del laboratorio para recolectar la contaminación atmosférica de fondo. No se detectaron artículos de plástico del aire de fondo.

Análisis estadístico

Los datos recopilados fueron analizados por SPSS 21 (IBM, Nueva York, NY, EE. UU.). porque los datos de plástico en abundancia en este estudio no se acercan a una distribución normal, en las muestras se usó la prueba U de Mann-Whitney para demostrar las diferencias en la abundancia de plástico entre peces de bajo calado y peces de alto calado en términos de número de plástico ingerido y tamaño promedio de artículo de plástico encontrado por individuo. Además, se realizó un análisis de correlación para examinar la relación entre la abundancia de plástico y las características físicas de los peces muestreados. La abundancia de microplástico se presentó en términos de tamaño promedio de cada microplástico y número de microplástico. Por individual, mientras que las características físicas de los peces, incluían el peso corporal, horquilla longitud y peso total del intestino y el estómago.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados reportados en el Gráfico 1 para las especies marinas de alto calado de hasta 9,1 metros de profundidad, en función del número y tamaño del plástico, se observó que en las 30 especies de *Cynoscion* spp no se encontraron plásticos en las porciones de estómago e intestino; es decir, hubo un 0% de ocurrencia de encontrar microplásticos en esta especie marina.

Mientras que, en 5 de las 30 especies de *M. cephalus* se encontraron hasta 6 partículas de plásticos de color verde y azul. En este caso, hubo una ocurrencia de 17% de encontrar microplásticos en *M. cephalus*.

De las 18 especies de *O. libertate* capturadas a alto calado, solo se encontró partículas de color negro de hasta 2 mm de tamaño, en una muestra. Esto representa una ocurrencia del 6%.

En general, los resultados muestran baja presencia de microplásticos en especies marinas de alto calado según tamaño, longitud, peso y peso de los órganos de las especies analizadas en esta zona del Pacífico Sur Tropical.

Para el bajo calado, se capturaron 36 muestras de *Opisthonema libertate* y se encontró un total de 449 unidades. Esto representa una ocurrencia del 83% de encontrar microplásticos en esta especie de bajo calado.

Partículas menores de 0,5 mm, se encontraron hasta 391 unidades de varios colores (azul, rojo, amarillo, y negro) en las 36 muestras. Para tamaños entre 0,5 y 1,0 mm, se encontraron hasta 56 unidades de microplásticos. Para partículas entre 1 y 2 mm se encontraron apenas 2 unidades.

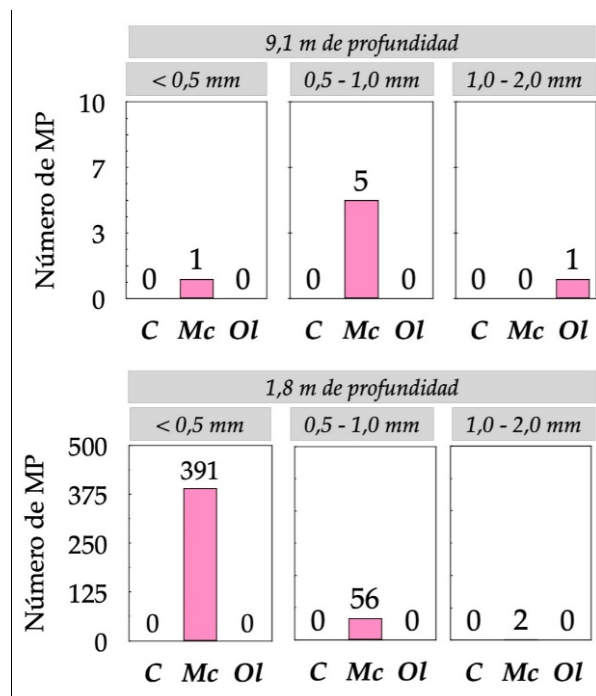


Gráfico 1. Conteo de microplásticos en cada especie a diferentes profundidades. Donde, C = *Cynoscion spp*, Mc = *M. cephalus*, Ol = *Opisthonema libertate*.

Diferentes estudios realizados en las costas del Pacífico han demostrado la presencia de microplásticos en diferentes niveles de la cadena trófica (Bermúdez-Guzmán *et al.*, 2020). Por ejemplo, se ha demostrado la presencia de microplásticos en peces de Japón, Chile, Estados Unidos; no obstante, en países como Perú, Colombia y Panamá no se han detectado microplásticos (Bermúdez-Guzmán *et al.*, 2020).

Altos porcentajes de ocurrencia de hasta 60% han sido encontrados en muestras de *M. cephalus* en Hong Kong (Cheung *et al.*, 2018). En otros estudios, se ha detectado altos niveles de ocurrencia de plásticos en *G. denudatum* (100%), *S. beanii* (93%), y *L. macdonaldi* (75%) (Wieczorek *et al.*, 2018).

En Ecuador, los microplásticos estarían siendo incorporados al sistema de corrientes ecuatoriales (Orayeva, 2020). Un claro ejemplo es la acumulación de microplásticos en el giro Subtropical del Pacífico Sur (SPSG), debido a que los desechos plásticos que son arrojados cercanos a las costas se incorporan al sistema de

corrientes de Humboldt siendo arrastrados y fragmentados hasta llegar a este punto de acumulación (Eriksen *et al.*, 2013).

Los peces consumen microplásticos, que se acumulan en su sistema digestivo y luego llegan a los seres humanos a través de la cadena alimentaria, generando preocupación debido a posibles efectos negativos en la salud por sustancias químicas tóxicas o aditivos presentes (Parlamento Europeo, 2018). Para contrarrestar efectos de la contaminación de microplásticos, Ecuador marca hito en Transición Ecológica con Reserva Marina de 8 millas costeras. De esta forma, se protegerá manglares, arrecifes, corales, islas y cañones submarinos (MAE, 2023).

En la siguiente figura, como parte del presente estudio, se aprecian formas y colores de los polímeros plásticos encontrados en *M. cephalus*.

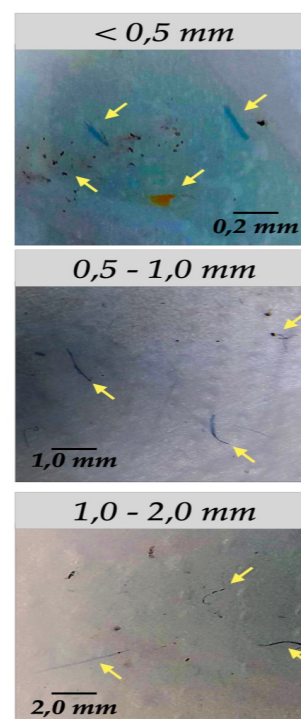


Figura 1. Estereomicroscopía de microplásticos en muestras de *M. cephalus* a 1,8 metros de profundidad.

En cuanto a características físicas de las especies marinas como longitud y peso (Cuadros 1 al 4), se observa que *M. cephalus* tuvo una longitud promedio de 414,4 mm y un peso promedio de 554,9 g. *O. libertate* tuvo una longitud promedio de 321,1 mm y un peso promedio de 332,3 g. *Cynoscion spp* tuvo una longitud promedio de 331,1 mm y un peso promedio de 354,4 g.

Según el peso de los órganos, se observa que el peso promedio del eviscerado (órgano sin contenido) fue de

313,9 g para *Cynoscion* spp, 456,6 g para *M. cephalus* y 302,9 g para *O. libertate*.

El peso promedio del estómago fue de 5,3 g para *Cynoscion* spp, 13,4 g para *M. cephalus* y 5,4 g para *O. libertate*.

Cuadro 1. Parámetros de peso, longitud y profundidad de captura de alto calado para *Cynoscion* spp

Parámetros	Rango	Promedio
Longitud de la especie (mm)	302 - 345	331,1
Peso de la especie (g)	325,5 – 367,5	354,4
Peso de eviscerado (g)	297,6 – 325,4	313,9
Peso de estómago (g)	4,4 – 6,3	5,3
Profundidad de captura (m)	9,1	9,1
Número de especies	30	

Cuadro 2. Parámetros de peso, longitud y profundidad de captura de alto calado para *Mugil cephalus*

Parámetros	Rango	Promedio
Número de microplásticos	1 - 6	1,2
Tamaño (mm)	0,2 – 1,0	0,6
Longitud de la especie (mm)	401 - 435	414,4
Peso de la especie (g)	543,5 – 567,5	554,9
Peso de eviscerado (g)	442,9 – 468,5	456,6
Peso de estómago (g)	11,3 – 16,5	13,4
Profundidad de captura (m)	7,3	7,3
Número de especies	30	

Cuadro 3. Parámetros de peso, longitud y profundidad de captura de alto calado para *Opisthonema libertate*

Parámetros	Rango	Promedio
Número de microplásticos	0 - 1	0,5
Tamaño (mm)	1,0 – 2,0	1,5
Longitud de la especie (mm)	301 - 335	321,1
Peso de la especie (g)	280,1 – 364,5	332,3
Peso de eviscerado (g)	252,4 - 331	302,9
Peso de estómago (g)	4,6 – 6,7	5,4
Profundidad de captura (m)	9,1	9,1
Número de especies	18	

Cuadro 4. Parámetros de peso, longitud y profundidad de captura de bajo calado para *Cynoscion* spp

Parámetros	Rango	Promedio
Longitud de la especie (mm)	256 - 295	277,7
Peso de la especie (g)	158,6 – 215,6	184,5
Peso de eviscerado (g)	140,6 – 190,3	162,9
Peso de estómago (g)	3,1 – 5,2	4,12
Profundidad de captura (m)	1,8	1,8
Número de especies	36	

CONCLUSIONES

Ocurrencia de 17% de encontrar microplásticos en *M. cephalus* para alto calado, lo que equivale a aprox. 9,1

metros de profundidad de captura; y para la misma especie, para bajo calado de hasta 1,8 metros, la ocurrencia fue de 83% de encontrar microplásticos en esta especie de bajo calado. En cambio, en ninguna de las muestras analizadas de *Cynoscion* spp se encontraron plásticos; es decir, hubo un 0% de ocurrencia en esta especie marina de alto calado. Estos resultados resaltan la importancia de considerar las características específicas de las especies y sus hábitats al estudiar la contaminación por microplásticos. La presencia de microplásticos en especies de bajo calado puede estar relacionada con su mayor proximidad a fuentes de contaminación, como zonas costeras urbanizadas o actividades humanas intensivas. Por otro lado, la ausencia de microplásticos en especies de alto calado puede indicar una menor exposición o una capacidad de filtración más eficiente por parte de estas especies. Se recalca la necesidad de investigar efectos de la contaminación por microplásticos en diferentes especies y hábitats marinos, así como implementar medidas de mitigación y gestión adecuadas para abordar este creciente problema ambiental.

LITERATURA CITADA

- Amelia, T. S. M., Khalik, W. M. A. W. M., Ong, M. C., Shao, Y. T., Pan, H.-J., & Bhubalan, K. 2021. Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8(1):12. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00405-4>
- Andrady, A. L., Barnes, P. W., Bornman, J. F., Gouin, T., Madronich, S., White, C. C., Zepp, R. G., & Jansen, M. A. K. 2022. Oxidation and fragmentation of plastics in a changing environment; from UV-radiation to biological degradation. *Science of The Total Environment*, 851:158022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158022>
- Bajt, O. 2021. From plastics to microplastics and organisms. *FEBS Open Bio*, 11(4):954-966. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13120>
- Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C. G., Barros, T. L., Kershaw, P. J., & Guilhermino, L. 2019. Macroplastics Pollution in the Marine Environment. *En World Seas: An Environmental Evaluation*. 305-328. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00019-X>
- Barletta, M., Lima, A. R., & Costa, M. F. 2019. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Science of the Total Environment*, 651:1199-1218.
- Bermúdez-Guzmán, L., Alpízar-Villalobos, C., Gatgens-García, J., Jiménez-Huezo, G., Rodríguez-Arias, M.,

- Molina, H., Villalobos, J., Paniagua, S. A., Vega-Baudrit, J. R., & Rojas-Jimenez, K. 2020. Microplastic ingestion by a herring *Opisthonema* sp. In the Pacific coast of Costa Rica. *Regional Studies in Marine Science*, 38:101367. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101367>
- Chassignet, E. P., Xu, X., & Zavala-Romero, O. 2021. Tracking Marine Litter With a Global Ocean Model: Where Does It Go? Where Does It Come From? *Frontiers in Marine Science*, 8:667591. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.667591>
- Cheung, L., Lui, C., & Fok, L. 2018. Microplastic Contamination of Wild and Captive Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4):597. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040597>
- Compa, M., Ventero, A., Iglesias, M., & Deudero, S. 2018. Ingestion of microplastics and natural fibres in *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) and *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) along the Spanish Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin*, 128: 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.009>
- Desforges, J.-P. W., Galbraith, M., Dangerfield, N., & Ross, P. S. 2014. Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1-2): 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.035>
- Díaz-Mendoza, C., Mouthon-Bello, J., Pérez-Herrera, N. L., & Escobar-Díaz, S. M. 2020. Plastics and microplastics, effects on marine coastal areas: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(32):39913-39922. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10394-y>
- Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A., & Rifman, S. 2013. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1): 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.021>
- Ferreira, G. V. B., Barletta, M., Lima, A. R. A., Dantas, D. V., Justino, A. K. S., & Costa, M. F. 2016. Plastic debris contamination in the life cycle of Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*) in a tropical estuary. *ICES Journal of Marine Science: Journal Du Conseil*, 73(10): 2695-2707. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw108>
- Garcés-Ordóñez, O., Mejía-Esquivia, K. A., Sierra-Labastidas, T., Patiño, A., Blandón, L. M., & Espinosa Díaz, L. F. 2020. Prevalence of microplastic contamination in the digestive tract of fishes from mangrove ecosystem in Cispatá, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 154:111085. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111085>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223):768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Li, J.; Qu, X.; Su, L.; Zhang, W.; Yang, D.; Kolandhasamy, P.; Li, D.; Shi, H. 2016. Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environ. Pollut.* 214:177–184
- Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1):94-99. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>
- MAE (Ministerio de Ambiente del Ecuador). 2023. El presidente Guillermo Lasso anuncia la creación de las primeras 8 millas marítimas del Ecuador como Reserva Marina a lo largo del perfil costero continental. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Recuperado: <https://www.ambiente.gob.ec/el-presidente-guillermo-lasso-anuncia-la-creacion-de-las-primeras-8-millas-maritimas-del-ecuador-como-reserva-marina-a-lo-largo-del-perfil-costero-continental/>
- Naidoo, T., Sershen, Thompson, R. C., & Rajkaran, A. 2020. Quantification and characterisation of microplastics ingested by selected juvenile fish species associated with mangroves in KwaZulu-Natal, South Africa. *Environmental Pollution*, 257:113635. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113635>
- Orayeva, J. 2020. Ecuador: Un estudio de más de 10 años realizado en cooperación con el OIEA analiza la polución por microplásticos en el océano Pacífico tropical oriental. IAEA - Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares. Recuperado: <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/ecuador-estudio-microplasticos-pacifico-oriental>
- Ortega-Borchardt, J. Á., Ramírez-Álvarez, N., Ríos Mendoza, L. M., Gallo-Reynoso, J. P., Barba-Acuña, I. D., García-Hernández, J., Égido-Villarreal, J., & Kubenik, T. 2023. Detection of microplastic particles in scats from different colonies of California sea lions (*Zalophus californianus*) in the Gulf of

- California, Mexico: A preliminary study. *Marine Pollution Bulletin*, 186:114433. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114433>
- Pegado, T. D. S. E. S., Schmid, K., Winemiller, K. O., Chelazzi, D., Cincinelli, A., Dei, L., & Giarrizzo, T. 2018. First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 133:814-821. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.035>
- Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., & Fossi, M. C. 2015. First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 95(1): 358-361. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.048>
- Sánchez-Hernández, L. J., Ramírez-Romero, P., Rodríguez-González, F., Ramos-Sánchez, V. H., Márquez Montes, R. A., Romero-Paredes Rubio, H., Sujitha, S. B., & Jonathan, M. P. 2021. Seasonal evidences of microplastics in environmental matrices of a tourist dominated urban estuary in Gulf of Mexico, Mexico. *Chemosphere*, 277:130261. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130261>
- Shruti, V. C., Pérez-Guevara, F., & Kutralam-Muniasamy, G. 2021. The current state of microplastic pollution in the world's largest gulf and its future directions. *Environmental Pollution*, 291:118142. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118142>
- Parlamento Europeo. 2018. Microplásticos: Causas, efectos y soluciones. Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181116STO19217/microplasticos-causas-efectos-y-soluciones>
- Van Truong, N., & beiPing, C. 2019. Plastic marine debris: Sources, impacts and management. *International Journal of Environmental Studies*, 76(6):953-973. <https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1662211>
- Vega-Corrales, L. A. 2010. Evaluación poblacional del stock explotable del complejo *OPISTHONEMA* (PISCES: CLUPEIDAE) en el golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 2: 83. <https://doi.org/10.15359/revmar.2.7>
- Wieczorek, A. M., Morrison, L., Croot, P. L., Allcock, A. L., MacLoughlin, E., Savard, O., Brownlow, H., & Doyle, T. K. 2018. Frequency of Microplastics in Mesopelagic Fishes from the Northwest Atlantic. *Frontiers in Marine Science*, 5:39. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00039>
- Worm, B., Lotze, H. K., Jubinville, I., Wilcox, C., & Jambeck, J. 2017. Plastic as a Persistent Marine Pollutant. *Annual Review of Environment and Resources*, 42(1):1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060700>
- Yang, D.; Shi, H.; Li, L.; Li, J.; Jabeen, K.; Kolandhasamy, P. 2015. Microplastic pollution in table salts from China. *Environ. Sci. Technol*, 49:13622-13627