

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.55101>

Microplásticos en la sardina *Sardinella aurita* (Teleostei: Clupeidae) en Sucre, Venezuela

Juan José López-Marcano^{1*};  <https://orcid.org/0000-0001-6368-4364>

Edgar Alexander García Marcano²;  <https://orcid.org/0000-0003-4057-5514>

Ivis Marina Fermín²;  <https://orcid.org/0000-0002-5255-6276>

1. Departamento de Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela; juanjj5826@gmail.com (*Correspondencia)
2. Departamento de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela; tukani82@gmail.com, ivismarina@gmail.com

Recibido 13-V-2023. Corregido 10-VII-2023. Aceptado 06-X-2023.

ABSTRACT

Microplastics in the sardine *Sardinella aurita* (Teleostei: Clupeidae) in Sucre, Venezuela

Introduction: The increasing presence of plastics in aquatic ecosystems has been considered as an emerging global environmental problem. Studies have shown that microplastics can be ingested by a variety of aquatic organisms. The natural variability and importance of the sardine resource are sufficient reasons to evaluate the presence of these particles in stomach contents, and thus generate information about the ingestion implications of these emerging contaminants.

Objective: To evaluate the presence of microplastics in the stomach contents of sardines and their correlation with the physiological and reproductive condition of the fish studied.

Methodology: We evaluated a total of 800 sardines between April and May 2022. We measured total length and weight, and determined the condition factor and the gonadosomatic index. We removed the digestive tract and weighed the stomach both empty and full, as well as the stomach contents to determine the repletion and emptiness index. We correlated the determined variables with the abundance of microplastics. We extracted microplastics and characterized them physically.

Results: The filling index presented monthly differences with an average of 0.311. The average vacancy index was 0.276. The average abundance of microplastics was 3 066 items, with monthly differences and interaction with respect to sex and a frequency of appearance of 70.125 %, with a total of 2 402 fibers and 57 fragments. Black fibers were the most abundant (947 items). Low and positive correlations were found between the abundance of microplastics, the gonadosomatic index and the weight of the organisms.

Conclusions: These results cannot be conclusive as to the consequences caused by this emerging pollutant. Further study is necessary, including laboratory tests with standardized methodologies.

Key words: pollution; marine litter; global problems; nutrition.

RESUMEN

Introducción: La creciente presencia de plásticos en los ecosistemas acuáticos ha sido considerada como un problema ambiental emergente global. Existen estudios que han demostrado que los microplásticos pueden ser ingeridos por una variedad de organismos acuáticos. La variabilidad natural e importancia del recurso sardina, son razones suficientes para evaluar la presencia de estas partículas en el contenido estomacal, y así generar información acerca de las implicaciones de ingestión de estos contaminantes emergentes.



Objetivo: Evaluar la presencia de microplásticos en el contenido estomacal de la sardina y su correlación con la condición fisiológica y reproductiva de los peces estudiados.

Metodología: Se evaluaron un total de 800 sardinas, entre abril y mayo del 2022. Se midieron las variables morfométricas longitud total y peso, se determinó el factor de condición y el índice gonadosomático. Se extrajo el tracto digestivo y se determinó el peso del estómago lleno y vacío, además del peso del contenido estomacal para determinar el índice de repleción y vacuidad. Las variables determinadas se correlacionaron con la abundancia de microplásticos. El contenido estomacal fue procesado para extraer los microplásticos y caracterizarlos de forma física.

Resultados: El índice de repleción presentó diferencias mensuales; su promedio fue de 0.311. El índice de vacuidad promedio fue de 0.276. La abundancia de microplásticos promedio fue 3 066 ítems, con diferencias mensuales e interacción con respecto al sexo y una frecuencia de aparición de 70.125 %, con un total de 2 402 fibras y 57 fragmentos. Las fibras negras fueron las más abundantes (947 ítems). Encontramos correlaciones bajas y positivas entre la abundancia de microplásticos, el índice gonadosomático y el peso de los organismos.

Conclusiones: Estos resultados no pueden ser concluyente con respecto a las consecuencias causadas por este contaminante emergente. Mas estudios son necesarios, incluyendo ensayos de laboratorios con metodologías estandarizadas.

Palabras clave: contaminación; basura marina; problemática global; alimentación.

INTRODUCCIÓN

La producción y uso de microplásticos ha aumentado exponencialmente desde la década de 1950 hasta alcanzar más de 320 millones de toneladas en 2015. Se estima que la producción superará los 1 000 millones de toneladas en 2050 (PlasticsEurope, 2016). Los microplásticos provienen de diversas fuentes, y han sido definidos como partículas de plástico de menos de 5 mm (Ory et al., 2018), se clasifican en dos categorías generales: Los microplásticos primarios, que se fabrican intencionalmente de un cierto tamaño, tales como los granulados, polvos y abrasivos domésticos e industriales. Los microplásticos secundarios, provenientes de degradación de materiales más grandes, sea por su fragmentación en microplásticos (como bolsas de plástico, materiales de empaque de alimentos y cuerdas, por ejemplo) o las emisiones de microplásticos durante el transporte terrestre, la fuente más importante es la abrasión de los neumáticos de automóviles (Lusher et al., 2017).

La creciente presencia de plásticos en los ecosistemas acuáticos ha sido considerada como un problema ambiental emergente global (Stock et al., 2020; UNEP, 2011), especialmente por su posible interferencia en las redes tróficas (Provencher et al., 2015).

Los plásticos o sus fragmentos se encuentran ampliamente distribuidos por el medio terrestre y pueden ser transportados por diversos medios (viento, escorrentía) y llegar a los sistemas acuáticos, tanto al mar como a hábitats lóticos y lénticos (Thompson et al., 2009). Existe cierta preocupación acerca del impacto que las distintas formas, tamaños o composición de los plásticos puede tener sobre la biota acuática (Thompson et al., 2004), por lo que es importante conocer su procedencia, prevalencia y abundancia en estos sistemas (Collard et al., 2019). Una vez los plásticos llegan a los sistemas acuáticos, dependiendo de su densidad, pueden flotar y mantenerse en la columna de agua, o hundirse y acumularse en los sedimentos. En cualquier caso, estos plásticos continúan su proceso de erosión, dando lugar a fragmentos más pequeños que se acumulan en los sedimentos o quedan en suspensión en la columna de agua (Wendt-Pothhoff & Gabel, 2020).

Existen estudios que han demostrado que los fragmentos de plásticos y microplásticos pueden ser ingeridos, intencionada o accidentalmente, por una amplia variedad de grupos taxonómicos acuáticos, como crustáceos (*Daphnia magna*, *Gammarus pulex* y *Notodromas monacha*), oligoquetos (*Lumbriculus variegatus*), moluscos (*Potamopyrgus antipodarum* y *Mytilus edulis*), peces (*Gobio gobio*)

(Rosenkranz et al., 2009; Wagner et al., 2014), además de aves, tortugas y mamíferos marinos (Provencher et al., 2015; Teuten et al., 2009).

No obstante, los peces están en los últimos eslabones de la cadena trófica de sistemas acuáticos continentales y marinos, y tienen un papel destacado en la transferencia de energía entre niveles tróficos, así que los estudios centrados en la ingestión de microplásticos pueden tener relevancia en estos hábitats. La ingestión y acumulación de fragmentos de plásticos pueden generar alteraciones fisiológicas y metabólicas en los organismos (Boyero et al., 2020). Estudios como el de Da Costa & Malafaia (2020), demuestran que los peces son capaces de ingerir hasta 1.26 partículas de microplásticos/g de contenido estomacal, y que su acumulación puede alcanzar el nivel trófico superior y desencadenar cambios de comportamiento, concretamente falta de agregación social defensiva y reducción de la evaluación de riesgo. Por lo antes mencionado es sumamente importante estudiar la presencia de estos contaminantes dentro de la cadena trófica marina, empezando por los eslabones más bajos como lo son los pequeños pelágicos como la sardina y anchoas.

La sardina, *Sardinella aurita*, es un pequeño pez pelágico que está distribuida en el Atlántico, desde el sur-oeste de África hasta el sur de España y en el Mediterráneo. También se encuentra desde la costa este de América del Norte hasta el sur de Brasil. En el Indo Pacífico se localiza en el área sur de China, Malasia y alrededores del Archipiélago de Indonesia. En la mayoría de estas regiones esta especie es explotada por importantes pesquerías, fundamentalmente artesanales. Así mismo, las poblaciones importantes de *S. aurita* se encuentran en zonas de surgencia costera (Huq, 2003).

El recurso sardinero de Venezuela representa la pesquería más importante del país en aguas jurisdiccionales, en cuanto a volumen de producción se refiere. Se captura en la región nororiental y en zonas exclusivamente costeras. Este recurso representa una importante fuente de empleo en las diferentes fases de captura, procesamiento y comercialización (Huq, 2003).

La variabilidad natural e importancia económica, social y ecológica de la Sardina, se consideran razones importantes para que se mantenga un seguimiento de la especie, que incluye estudios biológicos-pesqueros, que generen información actualizada sobre este recurso. Si a esto le sumamos la creciente problemática global causada por la contaminación plástica en nuestros mares, se puede considerar necesario evaluar la presencia de microplásticos en el contenido estomacal de la especie, para así obtener información que pueda ser incluida dentro del enfoque ecosistémico de gestión pesquera de la especie, resaltando las posibles implicaciones sanitarias que pueden ocurrir si existe transferencia en la trama trófica de estos contaminantes hacia los humanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de muestras: el periodo de muestreo empezó en abril del 2022 y tuvo una duración de 8 meses, culminando en noviembre del mismo año. Los meses de enero a marzo y diciembre, se excluyeron por ser el periodo de veda de la especie. Los ejemplares fueron obtenidos en la Lonja Pesquera de Cumaná (10°28'24.11" N - 64°11'25.04" W) y el Mercado de Pescadores de San Antonio del Golfo (10°26'33.25" N - 63°47'22.13" W), ambas localidades pertenecen al estado Sucre, y son centros de acopios, lo que dificulta determinar las zonas de capturas, imposibilitando el análisis por localidad de los resultados (Fig. 1). Es importante resaltar, que la población de sardina en el nororiente del país es considerada como un solo stock. Se analizaron un total de 100 ejemplares mensualmente, en el Laboratorio para Estudios de microplásticos del Instituto Oceanográfico de Venezuela. Las muestras se mantuvieron refrigeradas con la ayuda de un congelador a -20 °C hasta su procesamiento.

Preparación del área, materiales y equipos de trabajo: el agua utilizada para el lavado de las muestras y preparación de los reactivos fue destilada y filtrada con de papel filtro de borosilicato de 4.5 µm de porosidad y 4.7 mm



Fig. 1. Locación de la lonja pesquera de Cumaná y el mercado de pescadores de San Antonio del Golfo. / **Fig. 1.** Location of the Cumaná fish market and the Gulf of San Antonio fishermen's market.

de diámetro, un equipo de kitasato y una bomba de vacío de 25.5" Hg - 60 psi, para evitar la contaminación por plásticos exógenos de las muestras. El área de trabajo se limpió con Metanol al 70 % filtrado de la misma forma que el agua empleada. Además, se utilizaron materiales de vidrio o metal para evitar la contaminación de microplásticos.

En el área de trabajo se mantendrá una placa de Petri descubierta, con agua destilada filtrada, esta cumplirá la función de blanco, será revisada todos los días al terminar los análisis, de contener partículas de microplásticos, sus iguales se excluirán del conteo general basados en similitud (forma y color).

Análisis de microplásticos en el contenido estomacal: se extrajo el tracto digestivo de los peces, el tracto digestivo se pesó antes y después de la extracción de su contenido, con la ayuda de una balanza granataria con una precisión de ± 0.001 g, para establecer de maneras gravimétrica, por diferencia, el peso húmedo del estómago y del contenido estomacal (Hyslop, 1980).

El tracto digestivo se diseccionó de manera perpendicular y se procedió a extraer todo su contenido con la utilización de espátulas y un lavado, con agua destilada, vertiendo el líquido resultante en viales rotulados para su posterior digestión y filtrado (Bucol et al., 2020).

Se siguió el protocolo establecido por Lusher & Hernandez-Milian (2018) con modificaciones, en el proceso de filtración. Para la digestión de las muestras se utilizó una solución de KOH al 10 % p/v, (previamente filtrada), en una proporción de 4:1 (KOH: muestra), incubando los preparados a 60 °C en una estufa, durante 24 horas y fueron agitadas cada 8 horas utilizando agitadores de vidrio por 2 minutos. Destacamos, que la reacción producida por el KOH, permite confirmar que las partículas estudiadas luego de la digestión, no sean de origen natural calcáreo o de compuestos semi-sintéticos a base de celulosa.

Terminada la digestión se procedió a filtrar con papel filtro de borosilicato de 4.5 μ m de porosidad y 4.7 mm de diámetro, un equipo de kitasato y una bomba de vacío de 25.5" Hg - 60 psi. Finalmente, los filtros fueron secados

a temperatura ambiente por un mínimo de 48 horas.

Se utilizó una lupa estereoscópica con aumento de 2 y 4X, para inspeccionar visualmente cada papel de filtro, y se tomó registro fotográfico de lo encontrado empleando un sistema de video integrado de una cámara digital conectada a un microscopio estereoscópico y una computadora portátil con software de video, se utilizó el programa AmScope para el análisis posterior de las fotografías.

Para la caracterización visual de microplásticos se estableció un rango entre 5 mm y 0.001 mm, se siguieron los criterios de Lusher et al. (2013). Se tomaron registros numéricos de abundancia de la forma (fibra “plástico delgado o fibroso, y recto”, fragmento “partícula de plástico duro e irregular”, *film* “plástico endeble plano y delgado” o *pellet* “partícula de plástico duro y redondeado”) y color (Sruthy & Ramasamy, 2017).

La frecuencia de ocurrencia (FO) de los microplásticos presentes en el contenido estomacal se midió, adaptando la fórmula de Frecuencia de Aparición de un componente alimenticio en porcentaje (Hyslop, 1980). Aplicando la escala, que distingue tres categorías: FO < 10 % Accidental, 10 % < FO < 40 % Poco Común y FO > 40 % Común.

$$FO = \frac{n}{N} * 100$$

Donde:

n: número de estómagos donde se encontró microplásticos en el contenido estomacal.

N: el número total de los tractos o estómagos analizados.

Índice repleción (IR): indicó la condición de llenado del estómago, tomando en cuenta la escala propuesta por Franco & Bashirullah (1992), IR < 0.5 Estómago Vacío, 0.5 < IR < 1 Estómago Medio Lleno y IR > 1 Estómagos Llenos. Se expresa con la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{PCE}{P} * 100$$

Donde:

PCE: es el peso del contenido estomacal.

P: es el peso del pez.

Índice de vacuidad (IV): es el porcentaje de estómagos vacíos en el total de los organismos muestreados y se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$IV = \frac{NEV}{NEE} * 100$$

Donde:

NEV: es el número de estómagos vacíos.

NEE: es el número de estómagos examinados.

Análisis morfométricos: para correlacionar la presencia de microplásticos con algunas variables morfométricas, se le midió a cada ejemplar, la longitud total LT (cm), con la ayuda de un ictiómetro de un ± 0.1 cm de precisión, y el peso total (g) con la utilización de una balanza digital con una exactitud de ± 0.1 g. Con estas variables, a su vez, se determinó el factor de condición de los ejemplares, se utilizó el índice de Fulton (K), utilizando la relación volumétrica en función del peso, ya que permite no solo comparar peces de las mismas longitudes, sino también determinar el grado de bienestar o robustez (Ricker, 1975).

$$k = 100 * (P/LT^3)$$

Donde:

P: es el peso del pez.

LT: longitud total.

Además, se extrajeron las gónadas de los ejemplares y fueron pesadas con la utilización de una balanza granataria con una precisión de ± 0.001 g, para estimar el índice gonádico (IG) según la relación descrita por Tsikliras & Antonopoulou (2006).

$$IG = \frac{PG}{P} * 100$$

Donde:

PG: corresponde al peso de la gónada

P: es el peso del pez.

Para comprobar si existen diferencias mensuales y/o entre sexos para los datos índice de repleción y abundancia de microplásticos, se utilizaron análisis de varianza multivariados con base en permutaciones (PERMANOVA)



para someter a prueba la hipótesis nula (Anderson & Robinson, 2003; Anderson et al., 2008). Posteriormente a aquellos PERMANOVA donde hubo diferencia significativa al menos en uno de los factores evaluados, se realizó una prueba de comparaciones pareadas múltiples Pair-wise test para así detectar diferencias entre pares de grupos (Anderson et al. 2008).

Se realizó una correlación de rangos de Spearman (Zar, 1974), entre los datos longitud total, peso, factor de condición, índice gonadosomático, y la abundancia de microplásticos, para determinar si existe algún tipo de relación mensual entre estas variables.

La construcción y manejo de las bases de datos se hicieron mediante la utilización del programa Excel del paquete Office de Microsoft para Windows. Las pruebas estadísticas, modelos, gráficos exploratorios y demás rutinas se desarrollaron utilizando el Software Libre R v4.2.2, bajo la interfaz gráfica R Studio (R Core Team, 2016).

RESULTADOS

Índice de repleción: el Promedio del índice de repleción en el periodo de muestreo fue 0.311, valor que entra dentro del rango de estómagos vacíos. Esta variable alcanzó una medida máxima de 2.221 y un mínimo de

0.003. Los factores estudiados no presentaron interacciones ($P > 0.05$). Se encontraron diferencias significativas en los meses de muestreo ($P < 0.05$; Fig. 2). Con respecto al sexo, el índice de repleción no presentó diferencias ($P > 0.05$). Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, con relación a los meses de muestreo, se denotó la formación de grupos entre los meses abril-junio, abril-agosto, abril-octubre, mayo-noviembre, junio-agosto, agosto-octubre y agosto-noviembre (Tabla 1).

Índice de vacuidad: el Promedio del índice de vacuidad durante el periodo de muestreo

Tabla 1

Prueba *a posteriori* del índice de repleción por el factor mes. **Table 1.** A posteriori test of the repletion rate by month factor.

	Abr								
Abr	x	May							
May	***	x	Jun						
Jun	-	***	x	Jul					
Jul	***	***	***	x	Ago				
Ago	-	**	-	***	x	Sep			
Sep	***	***	***	***	***	x	Oct		
Oct	-	***	*	***	-	***	x	Nov	
Nov	**	-	***	***	-	***	**	x	

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$ y - = sin diferencias significativas.

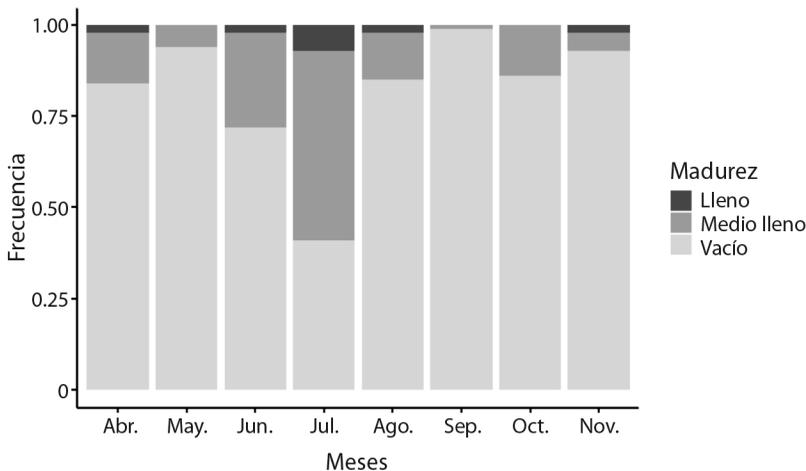


Fig. 2. Frecuencia de estómagos vacíos, medios llenos y llenos de los individuos de *Sardinella aurita*. / **Fig. 2.** Frequency of empty, half-full and full stomachs of *Sardinella aurita* individuals.

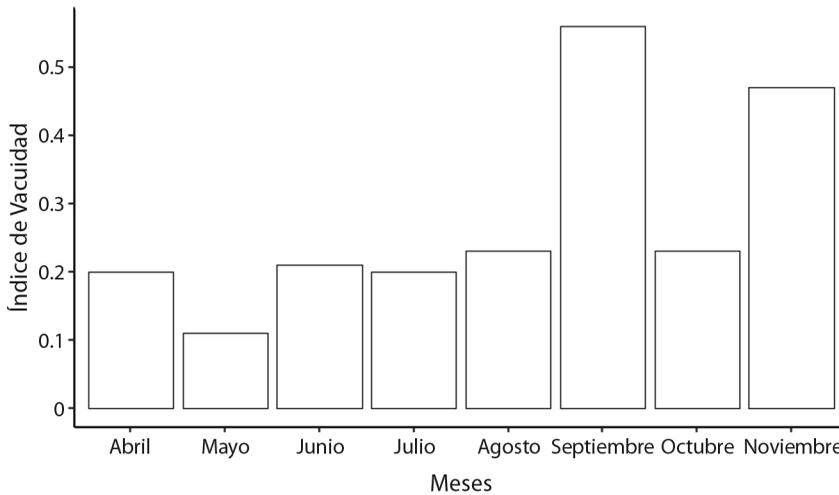


Fig. 3. Índice de vacuidad que representa el número de estómagos vacíos de los individuos de *Sardinella aurita*. / **Fig. 3.** Vacuity index representing the number of empty stomachs of *Sardinella aurita* individuals.

Tabla 2

Prueba *a posteriori* de la abundancia de microplásticos por el factor mes para machos. **Table 2.** A *posteriori* test of the abundance of microplastics by month factor for males.

Abr										
Abr	x	May								
May	-	x	Jun							
Jun	-	-	x	Jul						
Jul	-	-	-	x	Ago					
Ago	-	-	***	-	x	Sep				
Sep	**	***	-	**	***	x	Oct			
Oct	-	**	-	-	-	-	x	Nov		
Nov	-	-	-	-	-	*	-	x		

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$ y - = sin diferencias significativas.

Tabla 3

Prueba *a posteriori* de la abundancia de microplásticos por el factor mes para hembras. **Table 3.** A *posteriori* test of microplastic abundance by month factor for females

Abr										
Abr	x	May								
May	**	x	Jun							
Jun	-	-	x	Jul						
Jul	-	**	-	x	Ago					
Ago	-	*	-	-	x	Sep				
Sep	-	**	-	-	-	x	Oct			
Oct	*	***	**	-	**	-	x	Nov		
Nov	-	**	-	-	-	-	-	x		

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$ y - = sin diferencias significativas.

fue de 0.276, obteniendo el valor mayor o número de estómagos en septiembre 0.560 y el menor en mayo 0.110 (Fig. 3).

Abundancia de microplásticos y frecuencia de ocurrencia: el Promedio de la abundancia de microplásticos en el periodo de muestreo fue 3.066 ítems, alcanzando un conteo máximo de 58 partículas en un organismo en el mes de noviembre. Los factores estudiados presentaron interacciones significativas ($P < 0.05$). Esto

quiere decir, que la abundancia de microplásticos presenta una dinámica temporal diferente para cada sexo. Por su parte, la frecuencia de ocurrencia de los microplásticos dentro del contenido estomacal de las sardinas fue de 70.125 %, porcentaje que coloca a estos ítems dentro de la categoría de comunes. Al realizar la prueba *a posteriori* Pair-wise, se denotó la formación de grupos amplios entre los meses para los datos de esta variable entre sexo (Tabla 2, Fig. 4, Tabla 3, Fig. 5, Tabla 4, Fig. 6).

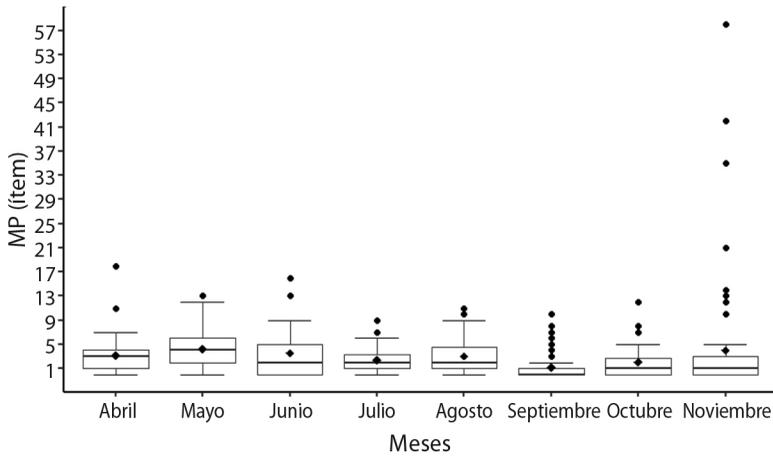


Fig. 4. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en el contenido estomacal de los individuos machos de *Sardinella aurita*. / **Fig. 4.** Abundance of microplastics in number of items present in the stomach contents of male individuals of *Sardinella aurita*.

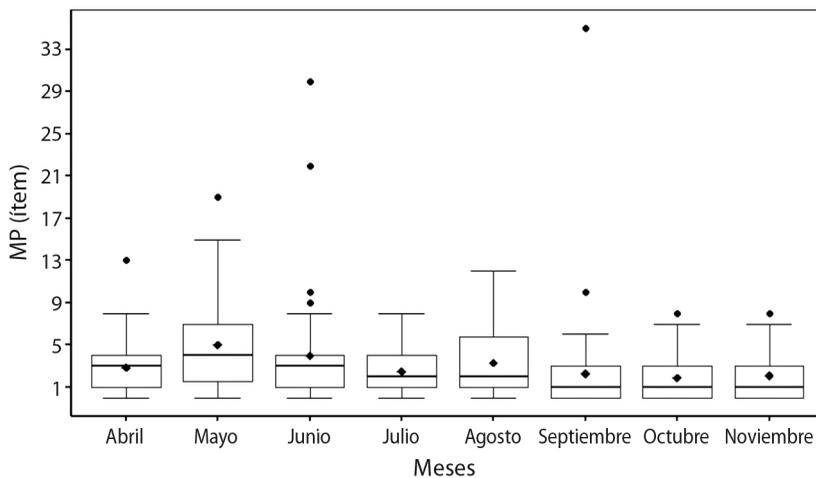


Fig. 5. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en el contenido estomacal de los individuos hembras de *Sardinella aurita*. / **Fig. 5.** Abundance of microplastics in number of items present in the stomach contents of female individuals of *Sardinella aurita*.

Correlaciones: existen correlaciones altamente positivas entre las variables longitud total, peso y factor de condición. Con respecto al índice gonadosomático, este presentó correlaciones positivas bajas con las variables longitud total, peso y factor de condición. La abundancia de microplásticos, presentó correlaciones positivas, aunque muy bajas con las variables peso e índice gonadosomático (Fig. 7).

Caracterización física de los microplásticos: en los 800 ejemplares estudiados, se contabilizaron un total de 2 459 partículas de microplásticos, de las cuales 2 402 fueron fibras y 57 fueron fragmentos, ambas clasificaciones dentro del espectro multicolor. Las fibras de color negro fueron las más abundantes dentro de todo el periodo de muestreo (947 ítems), mientras que las fibras marrones y púrpuras

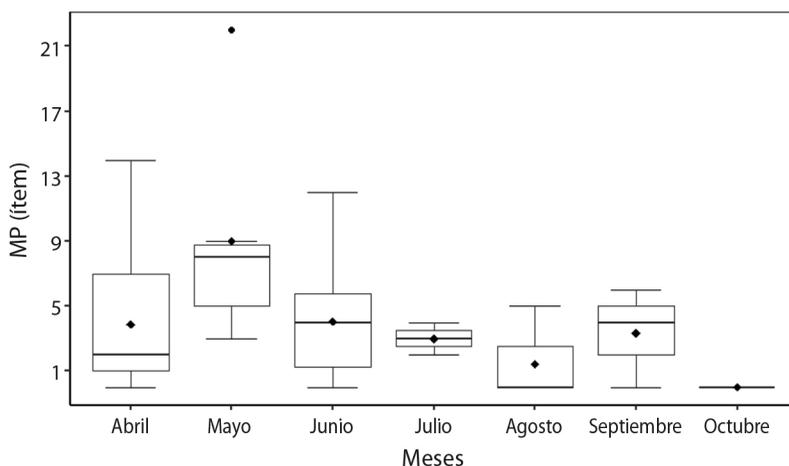


Fig. 6. Abundancia de microplásticos en número de ítem presentes en el contenido estomacal de los individuos indiferenciados de *Sardinella aurita*. / **Fig 6.** Abundance of microplastics in number of items present in the stomach contents of undifferentiated individuals of *Sardinella aurita*.

Tabla 4

Prueba *a posteriori* de la abundancia de microplásticos por el factor mes para indeterminados. / **Table 4.** A posteriori test of microplastic abundance by the month factor for indeterminates

Abr		May		Jun		Jul		Ago		Sep		Oct		Nov	
Abr	x														
May	*	x													
Jun	-	*	x												
Jul	-	-	-	x											
Ago	-	**	-	-	x										
Sep	-	-	-	-	-	x									
Oct	-	-	-	-	-	-	x								
Nov	-	-	-	-	-	-	-	x							

* = $P < 0.05$, ** = $P < 0.01$, *** = $P < 0.001$ y - = sin diferencias significativas.

junto a los fragmentos de color negro, fueron los menos abundantes en el muestreo, alcanzando un (1) ítem cada uno. Cabe destacar, que los microplásticos registrados, con respecto al tamaño, se encontraban dentro del rango de microplásticos (Fig. 8, Fig. 9).

DISCUSIÓN

La frecuencia de ocurrencia y el promedio de microplásticos encontrados en este trabajo son similares a los conseguidos por Iannacone

et al. (2021), quienes reportaron la presencia de microplásticos en todos los peces muestreados de distintas especies de importancia comercial para el Perú. De igual forma denotan, en concordancia con nuestro estudio, que las fibras fueron las partículas más comunes y que el color negro estuvo entre las tres principales clasificaciones por color, esquema que nos podría indicar que son las fibras el tipo de microplásticos mayormente disponible para el consumo de los peses. Las fibras de microplásticos presentan propiedades similares a las esponjas, pueden concentrar contaminantes hasta un millón de veces su concentración en el agua de mar (Takada, 2013), lo cual hace que su amplia distribución y abundancia sea realmente preocupante. Además del desprendimiento directo de la ropa y de las actividades relacionadas con el turismo, las fibras también pueden resultar del lavado a máquina de telas sintéticas (Hernández et al., 2017). Estas microfibras pueden ingresar al medio ambiente a través de descargas de efluentes del tratamiento de aguas residuales (Murphy et al., 2016). Es importante resaltar la posibilidad de que estas fibras provengan de la actividad pesquera propia de la extracción de los organismos muestreados, motivado al desgates de las artes de pesca. Collard et al., 2019, con respecto a la abundancia de fibras

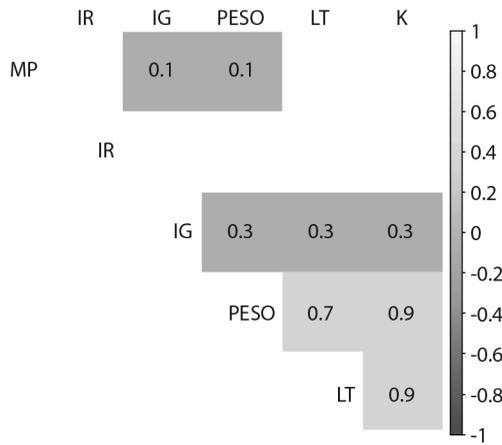


Fig 7. Correlaciones entre las variables longitud total (LT), peso (Peso), factor de condición (K), índice gonadosomático (IG), índice de repleción (IR) y abundancia de microplásticos (MP). / **Fig. 7.** Correlaciones entre las variables longitud total (LT), peso (Peso), factor de condición (K), índice gonadosomático (IG), índice de repleción (IR) y abundancia de microplásticos (MP).

en las muestras analizadas, obtuvieron que en la sardina (*Sardinops sagax*), el 82.9 % de los reportes fueron fibras.

La variación en la abundancia de microplásticos mensuales en el contenido estomacal, puede ser un indicador altamente relacionado con la disponibilidad de las partículas en el

ambiente, que se puede ver afectada por factores como la profundidad, distancia a la costa, desembocaduras de ríos, centros poblados, puntos de pesca y entre otros (Bermúdez-Guzmán, et al. 2020). En nuestro estudio podemos denotar, que existe una similitud entre el patrón de la abundancia de microplásticos y el peso de los organismos, esta relación nos permite concluir que la ingesta de estas partículas en el nororiente del país, puede estar influenciado por la disponibilidad de alimento en las épocas de surgencia costera, esto también se puede evidenciar con la relación que existe entre el número de estómagos vacíos y los mayores reportes de partículas en noviembre, lo que podría indicar que la disminución de alimento, aumenta la posibilidad de ingesta de microplásticos. Aun así, es difícil determinar si el aumento de la abundancia de microplásticos se debe a que los organismos están filtrando más alimentos en la época más productiva, o al efecto propio del viento en esta época que trae consigo mayor número de partículas.

Otro punto importante que se debe considerar, y que además abre un nuevo abanico de investigaciones futuras, es la diferenciación que existe entre la abundancia de estos ítems con respecto al sexo, esto puede revelar a que la especie presenta hábitos alimenticios diferentes para cada sexo.

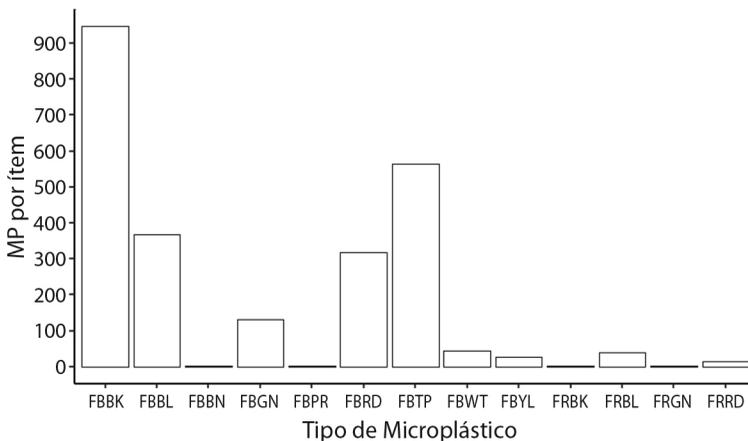


Fig. 8. Microplásticos registrados y clasificados físicamente por forma y color. (Fibras = FB y Fragmentos = FR; Negro = BK, Azul = BL, Marrón = BN, Verde = GN, Púrpura = PR, Rojo = RD, Transparente = TP, Blanco = WT y Amarillo = YL). / **Fig. 8.** Microplastics recorded and physically classified by shape and color. (Fibers = FB and Fragments = FR; Black = BK, Blue = BL, Brown = BN, Green = GN, Purple = PR, Red = RD, Transparent = TP, White = WT and Yellow = YL).

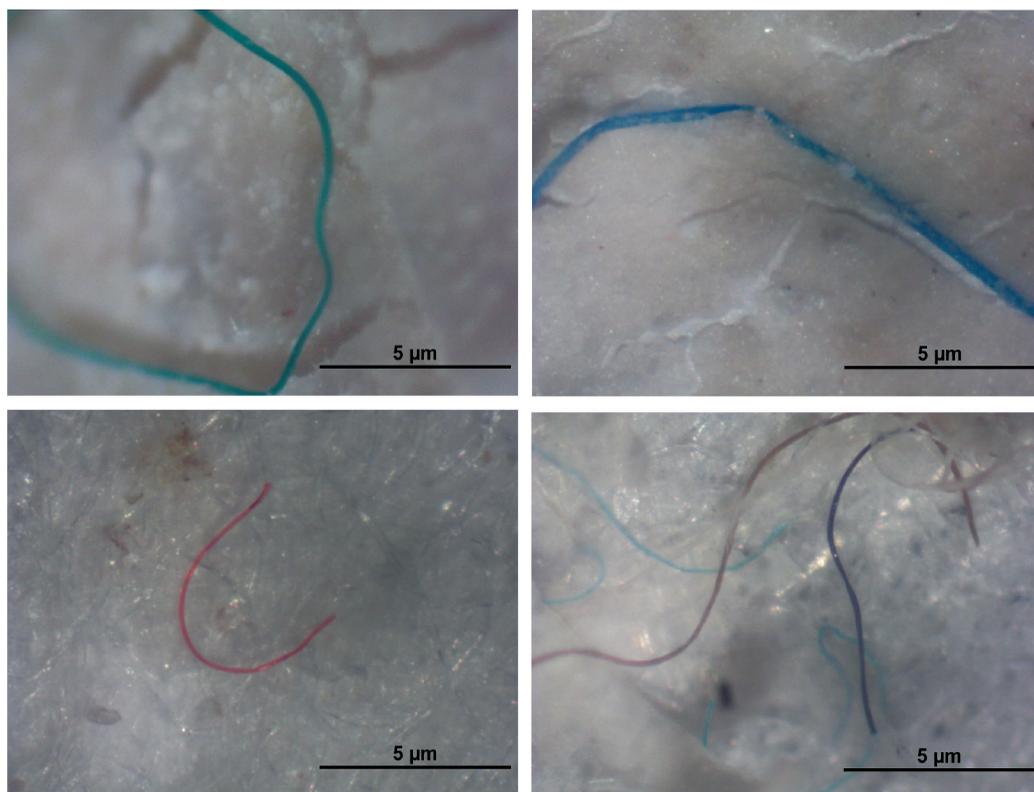


Fig. 9. Fotografías representativas de los microplásticos encontrados en el contenido estomacal de los individuos de *Sardinella aurita*. En las fotos podemos observar múltiples fibras de distintos colores (escala: 5 µm). / **Fig. 9.** Representative photographs of the microplastics found in the stomach contents of *Sardinella aurita* individuals. In the photos we can observe multiple fibers of different colors (scale: 5 µm).

Los patrones presentados en este trabajo de investigación, acerca de la abundancia de microplásticos encontrados en el contenido estomacal de la sardina, podrían referenciar que la especie podría ser utilizada en otras zonas como un organismo indicador de la contaminación plástica. Es importante resaltar que la especie es un pequeño pelágico muy abundantes con una amplia distribución.

Con respecto a la correlación que existe entre la abundancia de microplásticos en el contenido estomacal con el peso de los organismos, no podemos clarificar qué consecuencias podría generar. Iannacone et al. (2021), reportaron una correlación similar en la especie *Mugil cephalus*, comportamiento que abre las puertas a otros estudios por ser este tema de

investigación muy desconocido. Pazos et al. (2017), también obtuvieron asociación entre las variables longitud total y peso, con los microplásticos en el tracto digestivo en peces costeros de agua dulce del estuario del Río de la Plata.

La correlación positiva que existe entre el índice gonadosomático, la longitud total y el peso, es más evidente en el mes de mayo, donde esta correspondencia es indicativa de organismos con alto grado de madurez y mayor tamaño, lo que es de esperarse por la preparación metabólica previa de los individuos para la época reproductiva (Izquierdo & Fernández-Palacios, 2004).

Las medidas morfométricas reportadas en este trabajo de investigación, para el año en cuestión, denotaron una baja condición



morfológica de los organismos. Según López-Marcano (2023), quien evaluó aspectos pesqueros de la especie, esto puede deberse a una sobre explotación del recurso, aunque no descarta los efectos de calentamiento global y la contaminación plástica en los organismos.

Los índices de repleción y vacuidad están inversa y estrechamente relacionados, su comportamiento puede ser explicado por el propio hábito alimenticio de la especie, la sardina presenta alimentación plantónica sin preferencia o selectividad alimenticia por especie alguna (Cellamare & Gómez, 2007). En el nororiente de Venezuela, este comportamiento se ve influenciado por la época de surgencia, en los meses cuya disponibilidad de alimento es mayor el número de estómagos vacíos será menor y el índice de repleción será mayor. Es importante mencionar que, en este estudio, fueron muy pocos los estómagos que se encontraron completamente llenos, lo que indicaría el metabolismo rápido de la especie.

En los organismos cuyos estómagos se caracterizaron según el índice de repleción como vacíos, o aquellos que entraron dentro del índice de vacuidad, la presencia de microplásticos fue menor, incluso llegando a no presentar registros, esto podría indicar que existe una alta probabilidad de que los microplásticos este siendo excretados efectivamente por los individuos. Aunque está claro que muchas especies de peces comerciales ingieren microplásticos, sabemos poco sobre su impacto en la fisiología de los peces y su consumo (Lusher et al., 2017). Por su parte, Mazurais et al., 2015, han propuesto que es posible la obstrucción gástrica. Sin embargo, se ha observado que los microplásticos ingeridos en el rango de 3 y 5 mm, pasan directamente a través del sistema digestivo y son excretado (Dos Santos & Jobling, 1991). El problema puede ser generado por las partículas inferiores al rango de microplásticos, se han reportado que partículas más pequeñas (< 600 μm) son trasladadas desde el tracto digestivo a los tejidos hepáticos del salmonete gris (*Mugil cephalus*) (Avio et al., 2015). Además, se aislaron microplásticos en

branquias, hígado y tracto digestivo de la cebra danio (*Danio rerio*), que causó inflamación, oxidación, estrés y alteración del metabolismo energético (Lu et al., 2016). Este aspecto es de tener en consideración, ya que las partículas plásticas encontradas eran realmente pequeñas, entre los rangos de nano y microplásticos.

Debemos resaltar, que existe la transferencia trófica de microplásticos, proceso mediante el cual se consume una presa que contiene microplásticos por un depredador (Batel et al., 2016), este asunto, es realmente preocupante, ya que nuestra especie de estudio es base fundamental de la cadena trófica marina del nororiente venezolano, y su afectación podría generar graves implicaciones ecológicas y económicas.

Las correlaciones entre los microplásticos y las condiciones fisiológicas de los organismos no son claras ni concluyentes, lo que nos indica la necesidad de aumentar los ensayos de toxicidad en laboratorios, utilizando metodologías estandarizadas. Además, desde el punto de vista ecosistémico pesquero, se demuestra la necesidad de promover medidas de conservación que disminuyan la contaminación plástica ocasionada por la industria, es importante regular los tiempos de vida útiles de las artes de pesca, para así evitar lo más posible el desprendimiento de fibras por la fricción generadas en las manobras. También se debe resaltar la importancia de extraer todo el tracto digestivo de la especie para su consumo, y así evitar la transferencia de estas partículas hacia el hombre por vía trófica.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al grupo de investigación sobre “Plásticos y Microplásticos en Ambientes y Organismos Marinos”, del Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente, por todo el apoyo logístico y técnico para la realización de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- Anderson, M. & Robinson, J. (2003). Generalized discriminant analysis based on distances. *Australian & New Zealand Journal of Statistics*, 45(1), 301–318.
- Anderson, M., Gorley, R., & Clarke, K. (2008). *Permanova+for primer: guide to software and statistical methods*. Plymouth.
- Avio, G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2015). Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: first observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, 111(1), 18–26.
- Batel, A., Linti, F., Scherer, M., Erdinger, L., & Braunbeck, T. (2016). The transfer of benzo [a] pyrene from microplastics to *Artemia nauplii* and further to zebrafish via a trophic food web experiment-CYP1A induction and visual tracking of persistent organic pollutants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 35(7), 1656–1666.
- Bermúdez-Guzmán, L., Alpizar-Villalobos, C., Gatgens-García, J., Jiménez-Huezo, G., Rodríguez-Arias, M., Molina, U., Villalobos, J., Paniagua, S. A., Vega-Baudrit, J. R., & Rojas, K. (2020). Microplastic ingestion by a herring *Opisthonema* sp., in the Pacific coast of Costa Rica. *Regional Studies in Marine Science*, 38(1), 101367.
- Boyer, L., López-Rojo, N., Bosch, J., Alonso, A., Correa-Araneda, F., & Pérez, J. (2020). Microplastics impair amphibian survival, body condition and function. *Chemosphere*, 244, 125500.
- Bucol, L., Romano, E., Cabcan, S., Siplona, L., Madrid, G., Bucol, A., & Polidoro, B. (2020). Microplastics in marine sediments and rabbitfish (*Siganus fuscescens*) from selected coastal areas of Negros Oriental, Philippines. *Marine Pollution Bulletin*, 150(1), 110685.
- Cellamare, M., & Gómez, A. (2007). Alimentación de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeidae) en el sureste de la isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 46(1), 23–36.
- Collard, F., Gasperi, J., Gabrielsen, G., & Tassin, B. (2019). Plastic particle ingestion by wild freshwater fish: A critical Review. *Environmental Science & Technology*, 53(22), 12974–12988.
- Da Costa, A., & Malafaia, G. (2020). Ingestion of microplastics induces behavioral disorders in mice: a preliminary study on the effects of trophic transfer through tadpoles and fish. *Journal of Hazardous Materials*, 401(1), 123263.
- Dos Santos, J., & Jobling, M. (1991). Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: emptying and retention of indigestible solids. *Journal of Fish Biology*, 38(2), 187–197.
- Franco, L., & Bashirullah, K. (1992). Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco – Estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 10(2), 219–238.
- Hernandez, E., Nowack B., & Mitrano, D. M. (2017). Polyester textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. *Environmental Science & Technology*, 51, 7036–7046.
- Huq, M. (2003). Estado del conocimiento biológico pesquero de la sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) en el Oriente de Venezuela. En Fréon, P., & Mendoza, J. (Eds.), *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el Oriente de Venezuela: una síntesis* (pp. 331–356). IRD Editions, Colloques et Séminaires.
- Hyslop, E. (1980). Stomach contents analysis a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17(1), 411–429.
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma M., & Alvaríño, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2), 1–15.
- Izquierdo, M., & Fernández-Palacios, H. (2004). Importancia de la nutrición en la reproducción de peces. *ITEA*, 100(3), 289296.
- López-Marcano, J. (2023). *Estudio de la presencia de microplásticos en el contenido estomacal y branquias de la sardina, Sardinella aurita Valenciennes, 1847 (Teleostei: Clupeidae), y evaluación de su dinámica reproductiva, durante la época de pesca del año 2022, en el estado sucre, Venezuela* (Tesis de maestría). Universidad de Oriente, Venezuela.
- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., & Ren, H. (2016). Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (*Danio rerio*) and Toxic Effects in Liver. *Environmental Science & Technology*, 50(7), 4054–4060.
- Lusher, A. L., Hollman, P. C. H., & Mendoza-Hill, J. J. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. FAO



- Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 615, Rome, Italy.
- Lusher, A., & Hernandez-Milian, G. (2018). Microplastic extraction from marine vertebrate digestive tracts, regurgitates and scats: A protocol for researchers from all experience levels. *Bio-protocol*, 8(1), 1–12.
- Lusher, A., McHugh, M., & Thompson, R. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67, 94–99.
- Mazurais, D., Ernande, B., Quazuguel, P., Severe, A., Huelvan, C., Madec, L., Mouchel, O., Soudant, P., Robbens, J., Huvet, A., & Zambonino-Infante, J. (2015). Evaluation of the impact of polyethylene microbeads ingestion in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Marine Environmental Research*, 112(A), 78–85.
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. (2016). Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environmental Science & Technology*, 50(1), 5800–5808.
- Ory, N., Gallardo, C., Lenz, M., & Thiel, M. (2018). Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish. *Environmental Pollution*, 240(1), 566–573.
- Pazos, R., Maiztegui, T., Colautti, D., Paracampo, A., & Gómez, N. (2017). Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1), 85–90.
- PlasticsEurope. (2016). Plastics - the Facts 2016. <http://www.plasticseurope.org/>
- Provencher, J., Bond, A., & Mallory, M. (2015). Marine birds and plastic debris in Canada: a national synthesis and a way for forward. *Environmental Reviews*, 23(1), 1–13.
- R Core Team. (2016). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ricker, W. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin - Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1–382.
- Rosenkranz, P., Chaudry, Q., Stone, V., & Fernandes, T. (2009). A comparison of nanoparticle and fine particle uptake by *Daphnia magna*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(10), 2142–2149.
- Sruthy, S., & Ramasamy, E. (2017). Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: the first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environmental Pollution*, 222, 315–322.
- Stock, F., Kochleus, C., Spira, D., Brennholt, N., Bänsch-Baltruschat, B., Demuth, S., & Reifferscheid, G. (2020). Plastic in aquatic environments -Results of an international survey. *Fundamental and Applied Limnology*, 194(1), 67–76.
- Takada, S. (2013). International pellet watch: Studies of the magnitude and spatial variation of chemical risks associated with environmental plastics. En J. Gabrys, G. Hawkins, & M. Michael (Eds.), *Accumulation: The Material Politics of Plastic* (pp. 184–207). Routledge.
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., Ogata, Y., ... Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 2027–2045.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 304, 838.
- Thompson, R., Swan, S., Moore, C., & Vom Saal, F. (2009). Our plastic ages. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 1973–1976.
- Tsikliras, A., & Antonopoulou, E. (2006). Reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the north-eastern Mediterranean. *Scientia Marina*, 70(2), 281–290.
- UNEP. (2011). *UNEP Year book. Emerging issues in our global environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. <http://hdl.handle.net/>
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeyer, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urbatzka, R., Vethaak, A. D., Winther-Nielsen, M., & Reifferscheid, G. (2014). Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe*, 26, 12.
- Wendt-Potthoff, K., & Gabel, F. (2020). Plastic in freshwater ecosystems. *Fundamental and Applied Limnology*, 194(1), 33–35.
- Zar, H. (1974). *Bioestatistical analysis*. Prentice Hall. Biological Sciences Series.