

Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú

Microplastics in marine fishes of economic importance in Lima, Peru

José Iannacone^{1,2,3,7}, Fabiola Principe³, David Minaya³, Grober Panduro^{4,5}, Mario Carhuapoma⁶, Lorena Alvariano³

RESUMEN

Se evaluó los microplásticos (MP) presentes en cinco peces de importancia económica en el Perú: *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) (Sciaenidae) «lorna», *Isacia conceptionis* (Cuvier, 1830) (Haemulidae) «cabinza», *Scartichthys gigas* (Steindachner, 1876) (Blenniidae) «borrachito», *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) (Mugilidae) «lisa» y *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) (Scombridae) «caballa». El contenido estomacal y branquial de cada pez fue sometido a digestión con KOH al 10%, seguido por un proceso de filtración para la búsqueda de MP. Los MP fueron clasificados por color y por forma. La contaminación por MP encontrados en el tracto digestivo de *S. gigas* presentaron valores mayores que los encontrados en las otras cuatro especies. No se observaron diferencias en la cantidad de MP registrados en las branquias entre especies. Solo se observó una correlación positiva entre la longitud corporal de *I. conceptionis* y MP del tracto digestivo/pez, y entre el peso de *M. cephalus* y MP del tracto digestivo/pez. El azul, negro y blanco fueron los colores dominantes de los MP a nivel del tracto digestivo, y el azul, negro y fucsia en las branquias. A nivel del tracto digestivo, los tipos de MP fueron fibra, fragmento y film y en branquias solo se hallaron fibras.

Palabras clave: ambiente marino, contaminación, microplásticos, perciformes, tracto digestivo

¹ Laboratorio de Parasitología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

² Laboratorio de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, Coastal Ecosystems of Peru Research Group (COEPERU), Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

³ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Escuela Universitaria de Posgrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú

⁴ Negocios Amazónicos Sustentables EIRL, Pucallpa, Perú

⁵ Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú

⁶ Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

⁷ E-mail: joseiannacone@gmail.com

Recibido: 3 de agosto de 2020

Aceptado para publicación: 9 de enero de 2021

Publicado: 24 de abril de 2021

ABSTRACT

The microplastics (PM) present in five fish species of economic importance in Peru were evaluated: *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) (Sciaenidae) «Lorna drum», *Isacia conceptionis* (Cuvier, 1830) (Haemulidae) «Cabinza grunt», *Scartichthys gigas* (Steindachner, 1876) (Blenniidae) «Giant blenny», *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) (Mugilidae) «flathead grey mullet» and *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) (Scombridae) «Chub mackerel». The stomach and gill contents of each fish were digested with 10% KOH, followed by a filtration process to search for PM. The MPs were classified by color and by shape. The contamination by PM found in the digestive tract of *S. gigas* presented higher values than those found in the other four species. No differences were observed in the amount of MP recorded in the gills between species. A positive correlation was only observed between the body length of *I. conceptionis* and MP of the digestive tract/fish, and between the weight of *M. cephalus* and MP of the digestive tract/fish. Blue, black and white were the dominant colours of MP in the digestive tract, and blue, black and fuchsia in gills. At the level of the digestive tract, the types of PM were fibre, fragments and film and in gills only fibres were found.

Key words: digestive tract, marine environment, microplastics, perciform, pollution

INTRODUCCIÓN

Los microplásticos (MP) son partículas sólidas sintéticas o de matriz polimérica, de forma regular o irregular, menores a 5 mm e insolubles en agua (Frias y Nash, 2019). Estas partículas resultan de la liberación directa de plásticos, de pellets de diferentes tamaños utilizados para diversos fines en productos de cuidado personal, agentes de limpieza, cosméticos, etc. (Barboza *et al.*, 2019; Bucol *et al.*, 2020). Los MP pueden ser productos de un proceso de fragmentación lenta generado por energías mecánicas y radiación solar que ocurren en el ambiente (Auta *et al.*, 2017; Pozo *et al.*, 2019). Durante la degradación del MP, se pueden liberar sustancias químicas que generan un impacto negativo en los organismos y ecosistemas al cual están expuestos (Royer *et al.*, 2018; Bucol *et al.*, 2020).

La presencia de MP en diferentes ecosistemas del planeta son de preocupación mundial debido a la contaminación que gene-

ran al medio ambiente, especialmente al ambiente marino (GESAMP, 2016), dado que se encuentran desde las aguas superficiales hasta el lecho marino y desde zonas costeras hasta los polos (Bergmann *et al.*, 2017; Cincinelli *et al.*, 2017; Maes *et al.*, 2017; Mu *et al.*, 2019; Savoca *et al.*, 2019). Dichas partículas por su pequeño tamaño y densidad relativamente baja contribuyen a su transporte (Cózar *et al.*, 2017; Barboza *et al.*, 2019) y distribución mundial (Cózar *et al.*, 2014; Suaria *et al.*, 2016; Auta *et al.*, 2017), pudiendo permanecer durante muchos años en el ambiente (Strungaru *et al.*, 2018; Barboza *et al.*, 2019) posibilitando la contaminación de una amplia variedad de organismos acuáticos, incluidas especies utilizadas comúnmente en la dieta humana (Gallo *et al.*, 2018; Barboza *et al.*, 2018).

El conocimiento de los posibles efectos de los MP sobre la biota marina se ha incrementado durante la última década (Cole *et al.*, 2011; Barboza *et al.*, 2019). La presencia de estas partículas de MP puede afectar a los seres vivos de diversas formas, prin-

principalmente: a) al ser ingeridos, b) transferirse a lo largo de la cadena trófica e c) interactuar en la incorporación de otros contaminantes (Codina-García *et al.*, 2013). La ingestión de desechos plásticos puede causar lesiones internas y bloqueo del tracto gastrointestinal (Lönnerstedt y Eklöv, 2016), además de interferir con la mecánica de alimentación (Wang *et al.*, 2019, 2020a). Los riesgos toxicológicos a través de la transferencia de la cadena alimentaria y la bioacumulación puede representar un peligro para los seres humanos (Bucol *et al.*, 2020).

Un amplio espectro de organismos marinos, tales como los corales, moluscos, peces, aves, tortugas e incluso cetáceos, pueden ingerir MP, o bien incorporarlos mediante la ingesta de presas (Anderson *et al.*, 2016; Bucol *et al.*, 2020). McGoran *et al.* (2017) mencionan que la cantidad de MP encontrados en el tracto digestivo de peces de ambientes acuáticos es elevada; sin embargo, Davison y Asch (2011) encontraron en una incidencia de 9.2% de MP en el tracto digestivo de 114 peces mesopelágicos; por lo que se deduce que la ingestión de MP por peces se encuentra influenciada por diversos factores, incluido el nivel de contaminación de MP local, la estrategia de alimentación de cada especie de pez y otros factores ambientales (Romeo *et al.*, 2015; Battaglia *et al.*, 2016; Bucol *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020a,b).

En el Perú se tiene pocos estudios de MP relacionado al ambiente marino. Por ejemplo, en bivalvos (De-la-Torre *et al.*, 2019b, Valencia-Velasco *et al.*, 2020), arena de playas marinas (Purca y Henostroza, 2017; Iannacone *et al.*, 2019; De-la-Torre *et al.*, 2020) y en peces (Ory *et al.*, 2018; De-la-Torre, 2019a).

El objetivo de este estudio fue evaluar los MP en peces marinos, *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) (Sciaenidae) «lorna», *Isacia conceptionis* (Cuvier, 1830) (Haemulidae) «cabinza», *Scartichthys gigas* (Steindachner, 1876) (Blenniidae) «borrachi-

to», *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) (Mugilidae) «lisa» y *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) (Scombridae) «caballa» de importancia económica en Lima, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio y Peces

Los peces fueron adquiridos semanalmente entre enero y febrero de 2019 de tres vendedores por fecha del terminal pesquero de Villa María del Triunfo (Lima), Perú. Se consiguieron 100 ejemplares de peces marinos de importancia económica, distribuidos en 20 individuos por especie: *S. deliciosa* «lorna», *I. conceptionis* «cabinza», *S. gigas* «borrachito», *M. cephalus* «lisa» y *S. japonicus* «caballa». Los especímenes fueron transportados al laboratorio en contenedores con geles de refrigeración (-20 °C) para su evaluación. Los peces fueron calificados según su hábitat, rol trófico y profundidad en armonía con la información disponible (Stergiou y Karpouzi, 2002; Hayden *et al.*, 2019; Froese y Pauly, 2020).

Extracción de Órganos

Se obtuvieron medidas morfométricas de cada uno de los peces, tales como talla en base a la longitud total LT (cm) y el peso (g). Se extrajo el tracto digestivo y las branquias. El tracto digestivo se cortó longitudinalmente en secciones de 2 cm y se vertió en viales rotulados para su almacenamiento en refrigeración a -20 °C y posterior procesamiento para la obtención de MP (Bucol *et al.*, 2020).

Microplásticos

Se siguió el protocolo establecido por Lusher y Hernandez-Milian (2018) con modificaciones, en el proceso de filtración. El área de trabajo fue limpiada con etanol al 70% filtrado con un papel filtro de 2.5 µm de porosidad (Whatman grado 42). Se utilizaron guantes de nitrilo y se emplearon materiales de

vidrio o metal para evitar la contaminación de MP. El agua utilizada para el lavado de las muestras y preparación de reactivos fue filtrada con papel filtro de 2.5 μm de porosidad.

Para la digestión de las muestras se utilizó una solución de KOH al 10%, previamente filtrada (2.5 μm), en una proporción de 4:1 (KOH: muestra). Las muestras fueron incubadas a 60 °C durante 24 h con agitación continua a 45 rpm. Terminada la digestión se procedió a filtrar con una bomba de vacío usando un filtro de porosidad de 6 μm WhatmanTM N.º 3. Finalmente, el filtro fue secado a 60 °C.

Para la caracterización visual de MP se siguió los criterios de Lusher *et al.* (2013, 2016). 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») (Sruthy y Ramasamy, 2017) y color (azul, fucsia, verde, negro y blanco). Se utilizó un estereoscopio y microscopio para inspeccionar visualmente cada papel filtro, y se tomó registro fotográfico de lo encontrado.

Análisis Estadístico

Se determinó el grado de asociación mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r_p) y Spearman (r_s) entre la LT y peso del pez *vs* el número de ítems de MP por especie de pez evaluado. Previamente se verificó la normalidad con las pruebas de Shapiro-Wilk ($n < 50$) y la prueba de Homogeneidad de Varianzas de Levene; seleccionando así, la correlación de tipo paramétrica (Pearson, r_p) o no paramétrica (Spearman, r_s) adecuada. Para determinar si hay diferencias entre las especies estudiadas con relación a la cantidad de MP en el tracto digestivo y en las branquias, la LT y el peso, fue empleada la prueba de Kruskal-Wallis (H) con su estadístico Tukey, el cual determinó el nivel de diferencias entre las cinco especies

de peces marinos. Fue utilizada la prueba de t de Student para comparar el número de ítems de MP de tracto digestivo, branquias, LT y peso con relación al sexo por cada especie de pez. Para todo el proceso de datos se empleó el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v. 22 para Windows 10. Se calculó para todos los casos un valor de significancia de alfa de 0.05.

RESULTADOS

Los datos biométricos de los peces y la cantidad total de MP encontrados en el tracto digestivo y branquias por especie se muestran en el Cuadro 1. Se notó la presencia de MP en el 100% de los peces. Se observaron diferencias entre las medidas biométricas de los peces, siendo la LT y el peso de *S. japonicus* y *M. cephalus* mayores que las otras tres especies ícticas. Con relación a los MP encontrados en el tracto digestivo, *S. gigas* presentó valores mayores que *I. conceptionis* y *M. cephalus*, y estos a su vez fueron diferentes a *S. deliciosa* y *S. japonicus*. No se observaron diferencias en la cantidad de MP registrados en las branquias entre especies (Cuadro 1).

El Cuadro 2 muestra una correlación positiva entre la talla de *I. conceptionis* y MP de tracto digestivo/pez. De igual manera se vio una asociación positiva entre el peso de *M. cephalus* y los MP del tracto digestivo/pez. Para el resto de las peces no se vio asociación entre la talla y el peso, y los MP del tracto digestivo/pez. Tampoco se vio asociación entre la talla y el peso y MP de las branquias/pez. Asimismo, tampoco hubo diferencia significativa al comparar los peces por sexo dentro de especie entre las partículas de MP por tracto digestivo y branquias, LT y peso (Cuadro 3).

El Cuadro 4 señala que a nivel del tracto digestivo, el MP azul, negro y blanco fueron los tres colores dominantes en las cinco especies de peces marinos. De igual forma, los

Cuadro 1. Datos ecológicos, biométricos y cantidad de microplástico (MP) en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú

Especie	Hábitat	Valor trófico*	Profundidad (m)	Peso (g)	LT (cm)	MPTTd	MPTb	MPd	MPb
<i>Sciaena deliciosa</i>	Bento-pelágica	3.5±0.4	0-50	246.2 ± 120.8 ^b	27.3± 5.3 ^b	294	214	14.7± 10.1 ^a	10.7± 6.5 ^a
<i>Isacia conceptionis</i>	Bento-pelágica	2.9±0.4	0-50	163.6 ± 26.1 ^a	23.6± 1.5 ^a	579	196	29.0± 9.3 ^b	9.8± 4.7 ^a
<i>Scartichthys gigas</i>	Bentónica	3.0±0.4	0-10	156.8± 40.6 ^a	22.5± 2.2 ^a	878	264	43.9± 14.2 ^c	13.2± 8.0 ^a
<i>Scomber japonicus</i>	Pelágica	3.4±0.1	0-100	497.6± 62.4 ^c	32.9± 3.0 ^c	350	171	17.5± 6.3 ^a	8.6± 6.2 ^a
<i>Mugil cephalus</i>	Bento-pelágica	2.5±0.2	0-120	443.9± 84.7 ^c	34.4± 1.8 ^c	691	209	34.6± 11.8 ^b	10.4± 3.9 ^a
Kruskall-Wallis (H)				70.71	65.82			61.51	5.83
P				<0.05	<0.05			<0.05	>0.05

(± DE): Desviación estándar, LT: Longitud total del pez, MPTTd: Microplástico total de tracto digestivo, MPTb: Microplástico total de branquias, MPd: Promedio de MP de tracto digestivo, MPb: Promedio de MP de branquias

p=significancia. *=valor trófico según lo señalado por Froese y Pauly (2020) en base a lo propuesto por Stergiou y Karpuzi (2002) y Hayden *et al.* (2019)

Los valores del valor trófico entre >2.1 y <2.9 indican que es una especie onmívora con preferencias por material vegetal y entre >2.9 y <3.7 señalan que es una especie onmívora con preferencias por material animal

Cuadro 2. Correlación de Pearson (r) entre cantidad de microplásticos (MP) vs longitud total (LT) y peso en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú

Especie	Tracto digestivo				Branquias			
	LT		Peso		LT		Peso	
	r	p	r	p	r	p	r	P
<i>Sciaena deliciosa</i>	-0.28	0.23	-0.27	0.24	-0.19	0.41	-0.21	0.38
<i>Isacia conceptionis</i>	0.49	0.03	0.29	0.22	0.02	0.92	0.12	0.60
<i>Scartichthys gigas</i>	0.34	0.14	0.20	0.40	0.25	0.29	0.09	0.67
<i>Scomber japonicus</i>	-0.08	0.72	-0.24	0.32	0.07	0.76	-0.23	0.33
<i>Mugil cephalus</i>	0.30	0.19	0.49	0.03	-0.17	0.47	-0.11	0.63

p=significancia. Valores en negrita señalan asociación entre las variables (p<0.05)

Cuadro 3 Prueba de *t* Student para el sexo respecto a los tipos de microplásticos (MP) en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú

Especie	Tracto digestivo		Branquias		Longitud total (LT)		Peso	
	t	p	t	p	t	p	t	p
<i>Sciaena deliciosa</i>	0.55	0.59	0.31	0.76	0.04	0.96	0.04	0.96
<i>Isacia conceptionis</i>	0.55	0.59	0.24	0.81	1.16	0.12	0.86	0.40
<i>Scartichthys gigas</i>	0.67	0.51	0.43	0.66	0.52	0.61	0.72	0.48
<i>Scomber japonicus</i>	0.86	0.40	1.32	0.20	0.12	0.90	0.62	0.54
<i>Mugil cephalus</i>	0.63	0.68	1.55	0.14	0.84	0.42	0.56	0.57

p = significancia

MP azul, negro y fucsia en las branquias fueron los colores más abundantes en las cinco especies ícticas. En el Cuadro 5 se observa una mayor abundancia de fibra, seguida de fragmento, film y pellet por especie de pez a nivel del tracto digestivo. En el caso de las branquias el único tipo de MP presente fue la fibra. Fotografías representativas de los colores de MP por forma fibra, fragmento y film son mostrados en las figuras 1, 2 y 3.

DISCUSIÓN

Todos los peces, independientemente de sus hábitos de alimentación, presentaron MP en el tracto digestivo y en las branquias. De las cinco especies ícticas, *S. gigas* fue la que presentó más partículas de MP en el tracto digestivo, seguido por *M. cephalus*, *I. conceptionis*, *S. japonicus* y *S. deliciosa*. Para explicar las cantidades de MP halladas en los tractos digestivos debe considerarse como factores importantes parámetros bioecológicos como el hábitat, el rol trófico en los peces evaluados y la profundidad en el medio marino (Cheung *et al.*, 2018; De-la-Torre *et al.*, 2019a; Bucol *et al.*,

2020; Pereira *et al.*, 2020; Weis, 2020). El valor trófico según Froese y Pauly (2020) con base a lo señalado por Stergiou y Karpuzi (2002) y Hayden *et al.* (2019) no mostró un patrón claro con relación a la cantidad de MP observada. Así, *S. gigas* e *I. conceptionis* consideradas onmívoras con preferencias por material animal y *M. cephalus* como una especie onmívora con preferencias por material vegetal fueron las que presentaron mayores cantidades de MP/pez. En el caso de *S. gigas*, el hábitat bentónico rocoso y una preferencia a ambientes de menor profundidad (0-10 m) y cercanos al ambiente urbano de la ciudad de Lima parecen explicar la presencia de una mayor cantidad de MP/pez.

La mayoría de las especies de peces de este estudio tienen un hábitat arenoso-rocoso poco profundo y cercanos a las playas al ser bentónicas y bentopelágicas, a excepción de *S. japonicus* que es pelágica (Froese y Pauly, 2020). Se podría deducir entonces que la cantidad de partículas de MP presentes en el tracto digestivo y branquias pudiera estar relacionada con la proximidad a las zonas urbanas del ecosistema marino (Peters y Bratton, 2016; Murphy *et al.*, 2017; Halstead *et al.*, 2018).

La variación en las tasas de ingestión parece estar altamente relacionada con la disponibilidad de MP en el medio ambiente, que se ve afectada por factores como la profundidad, distancia a la costa o urbanización del área (De-la-Torre *et al.*, 2019ab; Bermúdez-Guzmán *et al.*, 2020). Bråte *et al.* (2016) concluyen que los peces que tienen hábitos lejanos a las zonas rocosas o playas presentan menor cantidad de MP en comparación con los que se encuentran cercanos al ambiente rocoso. Esto podría explicar que la especie pelágica *S. japonicus* haya presentado la menor cantidad de MP/pez. De otra parte, Lusher *et al.* (2013, 2016) evidencian que el número de MP por individuo va de 0 a 21 en los peces marinos examinados, resultados menores a los del presente estudio donde el número de MP encontradas en el tracto digestivo varía entre 14.70 a 43.90 MP/pez.

La relación de peso y LT de los peces con la cantidad de MP en el tracto digestivo no resultó ser significativa para la mayoría de las especies. Solo se observó una correlación positiva entre la LT de *I. conceptionis* y los MP del tracto digestivo/pez. De igual manera, se vio una asociación positiva entre el peso de *M. cephalus* y MP del tracto digestivo/pez. Estos resultados concuerdan con otros estudios (Phillips y Bonner, 2015; Calderón y Hansen, 2018), en los cuales no se encontró una correlación significativa entre estas variables con la presencia de MP. Pazos *et al.* (2017), de otra parte, obtuvieron asociación entre estas dos variables con los MP en tracto digestivo.

La relación entre LT y peso de los peces con la cantidad de MP en branquias no fue significativa. Algunos autores señalan que una mayor cantidad de MP en branquias en peces de menor tamaño podría explicarse porque estos realizan una mayor tasa de respiración (Au *et al.*, 2017) y, en consecuencia, una mayor filtración de agua potencialmente contaminada con MP, lo que aumentaría la probabilidad de acumulación de MP (Weis, 2020). Sin embargo, las especies evaluadas

en el presente estudio no mostraron una relación entre las medidas biométricas con el número de partículas de MP/branquia. Tampoco se observó diferencias entre hembras y machos, resultado similar al obtenido por Parton *et al.* (2020).

McNeish *et al.* (2018) mencionan que la estrategia de alimentación de los peces está relacionada con la transferencia trófica de las partículas de plástico, por lo que estas especies podrían presentar un riesgo para otros organismos de diferentes niveles tróficos, peces de mayor tamaño, aves y mamíferos que se alimentan de otros peces, como *S. deliciosa* que se alimenta de la anchoveta (Parton *et al.*, 2020; Weis, 2020). Calderón y Hansen (2018) mencionan que probablemente los peces omnívoros con preferencia a alimentos animales tengan una mayor abundancia de partículas MP, lo que coincidiría con este estudio, ya que *S. gigas* presentó 43.9/pez de MP.

En cuanto a los colores de MP, el más abundante fue el azul, seguido de negro y blanco, fucsia y verde. Algunos autores mencionan que el color de MP estaría relacionado con su composición química o absorción de tóxicos en el mar (Parton *et al.*, 2020; Weis, 2020). Worm *et al.* (2017) han demostrado que los MP liberan sustancias tóxicas, que incluyen monómeros residuales, plastificantes y agentes colorantes, entre otros aditivos, que pueden ingerirse y producir bioacumulación. Dado que los peces tienen un método de alimentación selectivo, Rummel *et al.* (2016) y Lusher *et al.* (2016) sugieren que los MP se pueden asimilar a través de la ingesta de presas contaminadas o al ingerirlos accidentalmente cuando se confunden con alimento (Bucol *et al.*, 2020; Weis, 2020).

El tipo de MP más abundante en las cinco especies, tanto en tracto digestivo como en las branquias, fueron las fibras, lo que se registra en la mayoría de los estudios (Bellas *et al.*, 2016; Neves *et al.*, 2015; Phuong *et al.*, 2016; Pazos *et al.*, 2017; Chan *et al.*, 2019; Parton *et al.*, 2020). Song *et al.* (2015)

Cuadro 4. Cantidad de partículas de microplásticos (MP) por colores en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú

Especie de pez	MPTtd	Tracto digestivo					MTPb	Branquias				
		Azul	Negro	Fucsia	Verde	Blanco		Azul	Negro	Fucsia	Verde	Blanco
<i>Sciaena deliciosa</i>	294	26	39	8	6	21	214	49	25	18	8	0
<i>Isacia conceptionis</i>	579	55	16	10	4	15	196	36	32	12	3	17
<i>Scartichthys gigas</i>	878	65	11	10	0	13	264	52	20	17	3	8
<i>Scomber japonicus</i>	350	58	20	7	3	13	171	29	15	17	0	40
<i>Mugil cephalus</i>	691	46	13	21	3	18	209	47	17	31	5	0
Total de MP		250	99	48	16	80		213	106	95	19	65

MPTtd: Microplástico total de tracto digestivo, MTPb: Microplástico total de branquias

Cuadro 5. Cantidad de partículas de microplásticos (MP) por forma en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú

Especie	MPTtd	Tracto digestivo				MTPb	Branquias			
		Fibra	Fragmento	Film	Pellet		Fibra	Fragmento	Film	Pellet
<i>Sciaena deliciosa</i>	294	266	4	24	0	214	214	0	0	0
<i>Isacia conceptionis</i>	579	541	23	15	0	196	196	0	0	0
<i>Scartichthys gigas</i>	878	845	22	8	3	264	264	0	0	0
<i>Scomber japonicus</i>	350	315	5	30	0	171	171	0	0	0
<i>Mugil cephalus</i>	691	626	25	38	2	209	209	0	0	0
Total de MP	2792	2593	79	115	5	1054	1054	0	0	0

MPTtd: Microplástico total de tracto digestivo, MTPb: Microplástico total de branquias

sugieren identificar debidamente los MP ya que algunas fibras parecen plásticas, pero en realidad son de algodón.

Las piezas de artes de pesca son una de las fuentes de MP. Los principales artes de pesca que se emplean en Perú para la

captura son el boliche (malla de 38 mm) y la cortina (malla de 65 mm) (IMARPE, 2000) que, por acción de fuerza mecánica, rayos solares, fricción, etc., se podrían fragmentar y, así de manera directa, llegar al mar mezclándose con el alimento de los peces (Auta *et al.*, 2017; Pozo *et al.*, 2019; Parton *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020a).

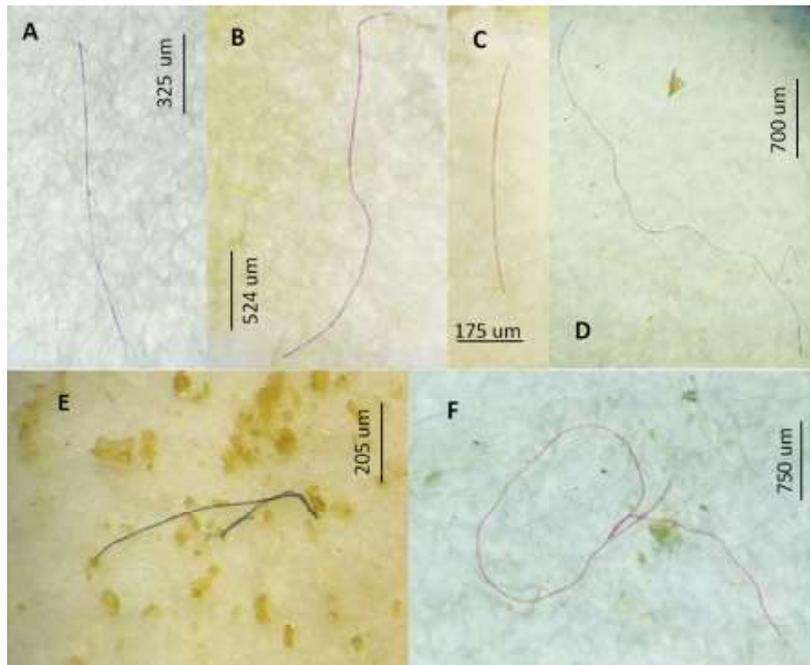


Figura 1. Microplástico de tipo fibra según el color. A: azul, B y F: fucsia, C: Verde, D: blanco, E: negro

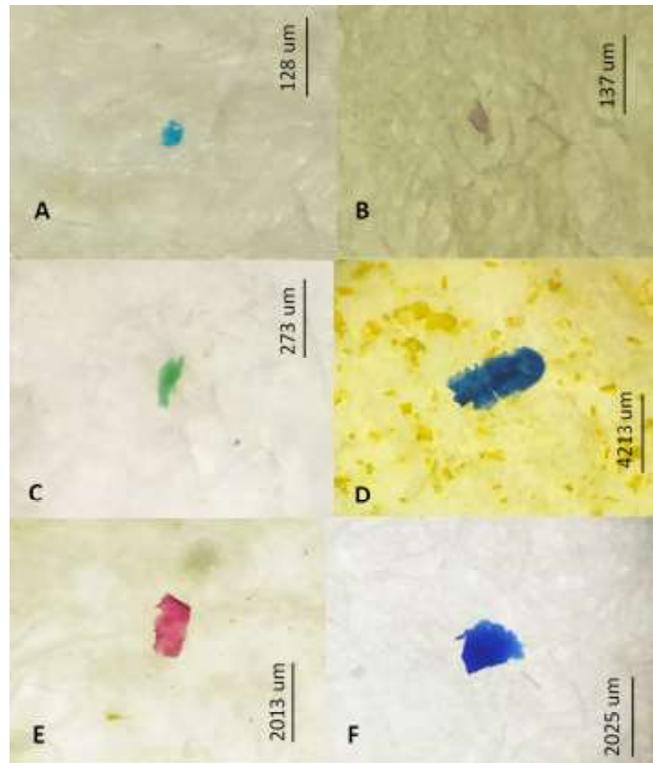


Figura 2. Microplástico de tipo fragmento según el color. A, D y F: azul; B y E: fucsia; C: verde

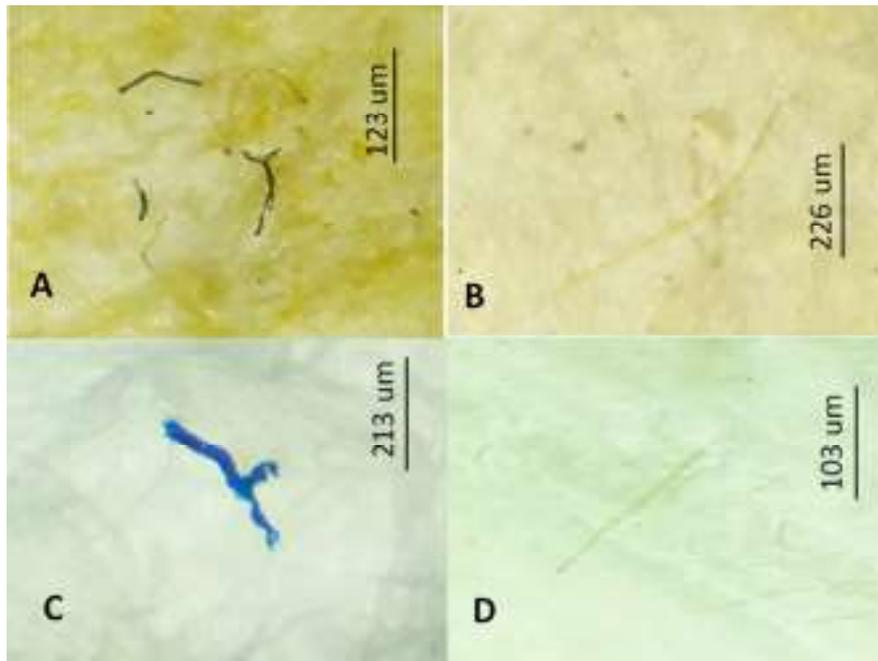


Figura 3. Microplásticos de tipo film según el color. A: Negro, B: verde, C: Azul, D: blanco

Galloway y Lewis (2016) comprobaron que las células y tejidos humanos absorben y filtran los contaminantes químicos relacionados a la ingesta de pescados y mariscos con MP, pero debido a la falta de datos y conocimientos científicos es difícil evaluar el nivel de riesgo para la salud humana. Correia-Prata (2018) ha demostrado que las partículas de MP en el aire generan disnea (dificultad para respirar por inflamación de fosas nasales), algunas personas pueden ser más sensibles de otras, pudiéndose desarrollar enfermedades respiratorias, aunque consideran que la concentración de MP en el ambiente aun son bajos.

CONCLUSIONES

- Se observó la presencia de microplásticos (MP) en todos los peces de las cinco especies estudiadas de importancia eco-

nómica en Lima, Perú (*S. deliciosa*, *I. conceptionis*, *S. gigas*, *M. cephalus* y *S. japonicus*).

- Los MP se encuentran tanto en el tracto digestivo por el consumo de alimento, como en las branquias por filtración del agua.
- Los MP encontrados en el tracto digestivo de *S. gigas* presentaron valores mayores que *I. conceptionis* y *M. cephalus*.
- No se observaron diferencias en la cantidad de MP registrados en las branquias para las cinco especies de peces.
- Se observó una correlación positiva entre la longitud de *I. conceptionis* y MP de tracto digestivo/pez, y entre el peso de *M. cephalus* y MP del tracto digestivo/pez.
- El azul, negro y blanco fueron los tres colores dominantes de los MP en el tracto digestivo y el azul, negro y fucsia fueron los más abundantes en las branquias.

- A nivel del tracto digestivo, según el tipo de MP, se encontró una mayor proporción fibra, seguido de fragmentos y film, mientras que en branquias solo se encontraron fibras

LITERATURA CITADA

1. **Anderson JC, Park BJ, Palace VC. 2016.** Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environ Pollut* 218: 269-280. doi: 10.1016/j.envpol.2016.06.074
2. **Au SY, Lee CM, Weinstein JE, van den Hurk, P, Klaine SJ. 2017.** Trophic transfer of microplastics in aquatic ecosystems: identifying critical research needs. *Integr Environ Asses* 13: 505-509. doi: 10.1002/ieam.1907
3. **Auta HS, Emenike CU, Fauziah SH. 2017.** Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environ Int* 102: 165-176. doi: 10.1016/j.envint.2017.-02.013
4. **Barboza LGA, Lopes C, Oliveira P, Bessa F, Otero V, Henriques B, Raimundo J, et al. 2019.** Microplastic in wild fish from North East Atlantic Ocean and its potential for causing neurotoxic effects, lipid oxidative damage, and human health risks associated with ingestion exposure. *Sci Total Environ* 717: 134625. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134625
5. **Barboza LGA, Vethaak AD, Lavorante BRBO, Lundebye AK, Guilhermino L, Reaimundo J, et al. 2018.** Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. *Mar Pollut Bull* 133: 336-348. doi: 10.1016/j.marpolbul.-2018.05.047
6. **Battaglia P, Pedà C, Musolino S, Esposito V, Andaloro F, Romeo T. 2016.** Diet and first documented data on plastic ingestion of *Trachinotus ovatus* L. 1758 (Pisces: Carangidae) from the Strait of Messina (central Mediterranean Sea). *Ital J Zool* 83: 121-129. doi: 10.1080/11250003.2015.-1114157
7. **Bellas J, Martínez-Armental J, Martínez-Cámara A, Besada V, Martínez-Gómez C. 2016.** Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Mar Pollut Bull* 109: 55-60. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.026
8. **Bergmann M, Wirzberger V, Krumpen T, Lorenz C, Primpke S, Tekman MB, Gerdts G. 2017.** High quantities of microplastic in Arctic deep-sea sediments from the Hausgarten observatory. *Environ Sci Technol* 51: 11000-11010. doi: 10.1021/acs.est.7b0-3331
9. **Bermúdez-Guzmán L, Alpízar-Villalobos C, Gatgens-García J, Jiménez-Huezo G, Rodríguez-Arias M, Molina H, Villalobos J, et al. 2020.** Microplastic ingestion by a herring *Opisthonema* sp, in the Pacific coast of Costa Rica. *Reg Stud Mar Sci* 38: 101367. doi: 10.1016/j.rsma.2020.101367
10. **Bråte ILN, Eidsvoll DP, Steindal CC, Thomas KV. 2016.** Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. *Mar Pollut Bull* 112: 105-110. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.-08.034
11. **Bucol LA, Romano EF, Cabcan SM, Siplona LMD, Madrid GC, Bucol, AA, Polidoro B. 2020.** Microplastics in marine sediments and rabbitfish (*Siganus fuscescens*) from selected coastal areas of Negros Oriental, Philippines. *Mar Pollut Bull* 150: 110685. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110685
12. **Calderón E, Hansen P. 2018.** Microplastics in the digestive tract of fish from the estuary Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Master thesis. Denmark: Roskilde University. 32 p.
13. **Chan HSH, Dingle C, Not C. 2019.** Evidence for non-selective ingestion of microplastic in demersal fish. *Mar Pollut Bull* 149: 110523. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110523

14. **Cheung L, Lui C, Fok L. 2018.** Microplastic contamination of wild and captive flathead Grey mullet (*Mugil cephalus*). *Int J Environ Res Pu* 15: 597. doi: 10.3390/ijerph15040597
15. **Cincinelli A, Scopetani C, Chelazzi D, Lombardini E, Martellini T, Katsoyiannis A, Fossi MC, Corsolini S. 2017.** Microplastic in the surface waters of the Ross Sea (Antarctica): occurrence, distribution and characterization by FTIR. *Chemosphere* 175: 391-400. doi: 10.1016/j.chemosphere.-2017.02.024
16. **Codina-García M, Militão T, Moreno J, González-Solís J. 2013.** Plastic debris in Mediterranean seabirds. *Mar Pollut Bull* 77: 220-226. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.10.002
17. **Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. 2011.** Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Mar Pollut Bull* 62: 2588-2597. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025
18. **Correia-Prata J. 2018.** Airborne microplastics: consequences to human health? *Environ Pollut* 234: 115-126. doi: 10.1016/j.envpol.2017.11.043
19. **Cózar A, Echevarria F, Gonzalez-Gordillo JI, Irigoien X, Ubeda B, Hernandez-Leon S, Palma AT, et al. 2014.** Plastic debris in the open ocean. *P Natl Acad Sci USA* 111: 10239-10244. doi:10.1073/pnas.1314705111
20. **Cózar A, Martí E, Duarte CM, García-de-Lomas J, van Sebille E, Ballatore TJ, Eguiluz VM, et al. 2017.** The Arctic Ocean as a dead end for floating plastics in the North Atlantic branch of the Thermohaline Circulation. *Sci Adv* 3: e1600582. doi: 10.1126/sciadv.1600582
21. **Davison P, Asch RG. 2011.** Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Mar Ecol Prog Ser* 432: 173-180. doi: 10.3354/meps09142
22. **De-la-Torre GE, Dioses-Salinas DC, Pérez-Baca BL, Santillán L. 2019a.** Microplastic abundance in three commercial fish from the coast of Lima, Peru. *Braz J Nat Sci* 2: 171-171. doi: 10.31415/bjns.v2i3.67
23. **De-la-Torre G, Mendoza-Castilla L, Pilar R. 2019b.** Microplastic contamination in market bivalve *Argopecten purpuratus* from Lima, Peru. *Manglar* 16: 85-89. doi:10.17268/manglar.-2019.012
24. **De-la-Torre G, Dioses-Salinas D, Castro J, Antay R, Fernández N, Espinoza-Morriberón D, Saldaña-Serrano M. 2020.** Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Mar Pollut Bull* 151: 110877. doi: 10.1016/j.marpolbul.-2019.110877
25. **Frias JPGL, Nash R. 2018.** Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Mar Pollut Bull* 138: 145-147. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.-11.022
26. **Froese R, Pauly D. 2020.** FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
27. **Gallo F, Fossi C, Weber R, Santillo D, Sousa J, Ingram I, Nadal A, Romano D. 2018.** Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: the need for urgent preventive measures. *Environ Sci Eur* 30: 1314. doi: 10.1186/s12302-018-0139-z
28. **Galloway T, Lewis C. 2016.** Marine microplastics spell big problems for future generations. *P Natl Acad Sci USA* 113: 2331-2333. doi: 10.1073/pnas.16007-15113
29. **[GESAMP] Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. 2016.** Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. In: Kershaw PJ, Rochman CM (eds). IMO/FAO/UNESCOIOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. 220 p.

30. **Halstead JE, Smith JA, Carter EA, Lay PA, Johnston EL. 2018.** Assessment tools for microplastics and natural fibres ingested by fish in an urbanised estuary. *Environ Pollut* 234: 552–561. doi: 10.1016/j.envpol.2017.-11.085.
31. **Hayden B, Palomares MLD, Smith BE, Poelen JH. 2019.** Biological and environmental drivers of trophic ecology in marine fishes – a global perspective. *Sci Rep* 9: 11415. doi:10.1038/s41598-019-47618-2
32. **Iannacone J, Huyhua A, Alvariano L, Valencia F, Principe F, Minaya D, Ortega J, et al. 2019.** Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú. *Biologist* 17: 335-346. doi: 10.24039/rtb2019172369
33. **[IMARPE] Instituto del Mar del Perú. 2000.** Aspectos biológico-pesqueros de la Lorna (*Sciaena deliciosa*) y el Machete (*Ethimidium maculatum*) en el área de Huacho durante un periodo frío y otro cálido. Callao, Perú: Informe N.º 128. 11p.
34. **Lönnstedt OO, Eklöv P. 2016.** Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology. *Science* 352: 1213-1216. doi: 10.1126/science.aad8828
35. **Lusher A, McHugh M, Thompson R. 2013.** Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar Pollut Bull* 67: 94-99. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.11.028
36. **Lusher AL, O'Donnell C, Officer R, O'Connor I. 2016.** Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish. *ICES J Mar Sci* 73: 1214-1225. doi: 10.1093/icesjms/fsv241
37. **Lusher AL, 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: 1-12. doi: 10.21769/BioProtoc.3086
38. **Maes T, Meulen MDVD, Devriese LI, Leslie HA, Huvet A, Frère L, Robbens J, et al. 2017.** Microplastics baseline surveys at the water surface and in sediments of the north-East Atlantic. *Front Mar Sci* 4: 135. doi: 10.3389/fmars.2017.00135
39. **McGoran AR, Clark PF, Morrill D. 2017.** Presence of microplastic in the digestive tracts of European flounder, *Platichthys flesus*, and European smelt, *Osmerus eperlanus*, from the River Thames. *Environ pollut* 220: 744-751. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.078
40. **McNeish RE, Kim LH, Barrett HA, Mason SA, Kelly JJ, Hoellein TJ. 2018.** Microplastic in riverine fish is connected to species traits. *Sci Rep* 8: 11639. doi:10.1038/s41598-018-29980-9
41. **Mu J, Qu L, Jin F, Zhang S, Fang C, Ma X, Zhang W, Huo C, Cong Y, Wang J. 2019.** Abundance and distribution of microplastics in the surface sediments from the northern Bering and Chukchi seas. *Environ Pollut* 245: 122-130. doi: 10.1016/j.envpol.2018.-10.097
42. **Murphy F, Russell M, Ewins C, Quinn B. 2017.** The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Mar Pollut Bull* 122: 353-359. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.06.073
43. **Neves D, Sobral P, Ferreira JL, Pereira T. 2015.** Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Mar Pollut Bull* 101: 119-126. doi: 10.1016/j.marpolbul.-2015.11.008
44. **Ory N, Chagnon C, Felix F, Fernández C, Ferreira JL, Gallardo C, Garcés-Ordóñez O, et al. 2018.** Low prevalence of microplastic contamination in planktivorous fish species from the southeast Pacific Ocean. *Mar Pollut Bull* 127: 211-216. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.12.016

45. **Parton KJ, Godley BJ, Santillo D, Tausif M, Omeyer LCM, Galloway TS. 2020.** Investigating the presence of microplastics in demersal sharks of the North East Atlantic. *Sci Rep* 10: 12204. doi:10.1038/s41598-020-68680-1
46. **Pazos RS, Maiztegui T, Colautti DC, Paracampo AH, Gómez N. 2017.** Microplastics in gut contents of coastal freshwater fish from Río de la Plata estuary. *Mar Pollut Bull* 122: 85-90. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.06.007
47. **Pereira JM, Rodríguez Y, Blasco-Monleon S, Porter A, Lewis C, Pham CK. 2020.** Microplastic in the stomachs of open-ocean and deep-sea fishes of the North-East Atlantic. *Environ Pollut* 265: 115060. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115060
48. **Peters CA, Bratton SP. 2016.** Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environ Pollut* 210: 380-387. doi: 10.1016/j.envpol.2016.01.018.
49. **Phillips MB, Bonner TH. 2015.** Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Mar Pollut Bull* 100: 264-269. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.08.041
50. **Phuong NN, Zalouk-Vergnoux A, Poirier L, Kamari A, Châtel A, Mouneyrac C, Lagarde F. 2016.** Is there any consistency between the microplastics found in the field and those used in laboratory experiments? *Environ Pollut* 211: 111-123. doi: 10.1016/j.envpol.2015.12.035
51. **Pozo K, Gomez V, Torres M, Vera L, Nuñez D, Oyarzún P, Mendoza G, Clarke, B, Fossi, M, Baini M, Poibylóová P, Klánová J. 2019.** Presence and characterization of microplastics in fish of commercial importance from the Biobío region in central Chile. *Mar Pollut Bull* 140: 315-319. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.01.025
52. **Purca S, Henostroza A. 2017.** Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Rev Peru Biol* 24: 101-106. doi: 10.15381/rpb.v24i1.12724.
53. **Romeo T, Pietro B, Peda C, Consoli P, Andaloro F, Fossi MC. 2015.** First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Mar Pollut Bull* 95: 358-361. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.04.048
54. **Royer S-J, Ferro 'n S, Wilson ST, Karl DM. 2018.** Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *Plos One* 13: e0200574. doi: 10.1371/journal.pone.0200574
55. **Rummel CD, Löder M, Fricke NF, Lang T, Griebeler EM, Janke M, Gerds G. 2016.** Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Mar Pollut Bull* 102: 134-141. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.11.043
56. **Savoca S, Capillo G, Mancuso M, Bottari T, Crupi R, Branca C, Romano V, et al. 2019.** Microplastics occurrence in the Tyrrhenian waters and in the gastrointestinal tract of two congener species of seabreams. *Environ Toxicol Phar* 67: 35-41. doi: 10.1016/j.etap.2019.01.011
57. **Song YK, Hong SH, Jang M, Han GM, Rani M, Lee J, Shim WJ. 2015.** A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Mar Pollut Bull* 93: 202-209. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.01.015
58. **Sruthy S, Ramasamy EV. 2017.** Microplastic pollution in Vembanad Lake, Kerala, India: the first report of microplastics in lake and estuarine sediments in India. *Environ Pollut* 222: 315-322. doi: 10.1016/j.envpol.2016.12.038
59. **Stergiou KI, Karpouzi VS. 2002.** Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Rev Fish Biol Fisher* 11: 217-254. doi:10.1023/A:10205567-22822

60. **Strungaru SA, Jijie R, Nicoara M, Plavan G, Faggio C. 2018.** Micro (nano) plastics in freshwater ecosystems: abundance, toxicological impact and quantification methodology. *TRAC-Trend Anal Chem* 110: 116-128. doi: 10.1016/j.trac.2018.10.025
61. **Suaría G, Avio CG, Mineo A, Lattin GL, Magaldi MG, Belmonte G, Moore CJ, Regoli F, Aliani S. 2016.** The Mediterranean plastic soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Sci Rep* 6: 37551. doi:10.1038/srep37551
62. **Valencia-Velasco F, Guabloche-Zuñiga A, Alvariano L, Iannacone J. 2020.** Estandarización de un protocolo para evaluar microplásticos en bivalvos marinos en el departamento de Lima, Perú. *Biologist* 18: 119-134. doi: 10.24039/rtb2020181478
63. **Wang W, Gao H, Jin S, Li R, Na G. 2019.** The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. *Ecotox Environ Safe* 173: 110-117. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.113
64. **Wang YL, Lee YH, Chiu IJ, Lin YF, Chiu HW. 2020a.** Potential impact of plastic nanomaterials and micromaterials on the food chain and human health. *Int J Mol Sci* 21: 1727. doi: 10.3390/ijms21051727
65. **Wang W, Ge J, Yu, X. 2020b.** Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: a review. *Ecotox Environ Safe* 189:109913. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.109913
66. **Weis JS. 2020.** Aquatic microplastic research – A critique and suggestions for the future. *Water* 12: 1475. doi: 10.3390/w12051475
67. **Worm B, Lotze HK, Jubinville I, Wilcox C, Jambeck J. 2017.** Plastic as a persistent marine pollutant. *Annu Rev Env Resour* 42: 1-26. doi: 10.1146/annurev-environ-102016-060700