

Microplásticos en el «cangrejo peludo» *Romaleon setosum* (Molina, 1782) (Cancridae) del Perú

Microplastics in the «hairy crab» *Romaleon setosum* (Molina, 1782) (Cancridae) from Peru

José Iannacone^{1,2,3,7}, Fabiola Príncipe¹, Lorena Alvariano¹, David Minaya¹, Grober Panduro^{4,5}, Yuri Ayala⁶

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue caracterizar los microplásticos (MP) en el cangrejo peludo *Romaleon setosum* (Molina, 1782) (Cancridae), especie de importancia para el consumo humano. Se evaluaron 15 individuos de *R. setosum* adquiridos entre diciembre de 2020 y enero de 2021 en el Mercado Mayorista Pesquero de Ventanilla, Callao, Perú. El músculo, branquia y tracto digestivo de cada cangrejo fue sometido a digestión con KOH al 10%, seguido por un proceso de filtración para la búsqueda de los MP. Todos

¹ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA), Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Escuela Universitaria de Posgrado, Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú

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

³ Laboratorio de Parasitología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú

⁴ Negocios Amazónicos Sustentables EIRL, Pucallpa, Perú

⁵ Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú

⁶ Laboratorio de Zoología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú

⁷ E-mail: joseiannacone@gmail.com

Recibido: 16 de junio de 2021

Aceptado para publicación: 29 de diciembre de 2021

Publicado: 25 de febrero de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

los individuos presentaron MP en músculo, branquias y tracto digestivo. Las fibras azules de MP fueron más abundantes en el músculo, las azules y rojas en la branquia, y el negro y azul en el tracto digestivo. En el caso del MP tipo film, el color blanco fue el dominante en el músculo y en el tracto digestivo, en tanto que el verde se observó en las branquias. Para los fragmentos, el color azul fue el más abundante en la branquia y en el tracto digestivo, no siendo observado en el músculo. El número de partículas de MP se presentó con la siguiente secuencia: tracto digestivo > branquia > músculo y con relación a su forma fue fibra > fragmento > film. Los MP de color azul y negro fueron los dominantes. La longitud del cefalotórax se observó relacionada con el número de partículas de MP totales, con el músculo y con el color azul.

Palabras clave: ambiente marino, contaminación, crustáceo, fibras de microplásticos, fragmentos de microplásticos, *Romaleon setosum*

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the microplastics (MP) in the hairy crab *Romaleon setosum* (Molina, 1782) (Cancridae), a species of importance for human consumption. In total, 15 individuals of *R. setosum* acquired between December 2020 and January 2021 at the Ventanilla Fisheries Wholesale Market, Callao, Peru were evaluated. The muscle, gill and digestive tract of each crab was digested with 10% KOH, followed by a filtration process to search for MP. All individuals presented MP in muscle, gills and digestive tract. Blue MP fibres were most abundant in muscle, blue and red fibres in the gill, and black and blue in the digestive tract. In the case of film-type PM, white was the dominant colour in the muscle and digestive tract, while green was observed in the gills. For the fragments, the blue colour was the most abundant in the gill and in the digestive tract, not being observed in the muscle. The number of PM particles were present with the following sequence: digestive tract > gill > muscle and in relation to its shape it was fibre > fragment > film. The blue and black MPs were the dominant ones. The length of the cephalothorax was related to the number of total PM particles, to muscle and to the blue colour.

Key words: crustacean, marine environment, pollution, microplastic fibers, microplastic fragments, *Romaleon setosum*

INTRODUCCIÓN

El término microplástico (MP) (≤ 5 mm de diámetro) abarca una amplia variedad de materiales plásticos, cada uno con características físicas y químicas únicas. El término plástico es bastante amplio y generalmente se refiere a cualquier polímero sintético insoluble en agua (típicamente de origen petroquímico) que se puede moldear al calentar y manipular en varias formas diseñadas para mantenerse durante el uso (Crooks *et al.*, 2019; Miller *et al.*, 2021).

Los alimentos marinos son altamente susceptibles a xenobióticos y a contaminantes emergentes, producto de la actividad humana con una industria facilitista con el uso de materiales «prácticos» y «fáciles de manejar» (Andrady, 2011; Reinoso *et al.*, 2017; Thompson y Darwish, 2019). Es posible que los microplásticos (MP) puedan estar presentes en alimentos de importancia hidrobiológica en el ámbito de la gastronomía, con implicaciones en la salud pública y en la seguridad alimentaria (Barboza *et al.*, 2018; Mc Carthy *et al.*, 2018; Smith *et al.*, 2018; De-

la-Torre, 2019). Se ha señalado que los MP ingeridos por el humano pudieran estar asociados con inflamación de los tejidos, proliferación celular y necrosis, así como comprometer a las células inmunes (De-la-Torre, 2019).

El consumo de productos hidrobiológicos representa una vía importante para la exposición a MP a los humanos. Varias investigaciones han mostrado contaminación por MP en recursos alimenticios comerciales; es decir, en aquellos que se expenden en los mercados, conservas de pescado, agua potable, sal de mesa, miel y azúcar, etc. (Liebezeit G y Liebezeit E, 2013; GESAMP, 2015; Karami *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2018a; Schymanski *et al.*, 2018; Renzi y Blaskovic, 2018; Cho *et al.*, 2019; De-la-Torre, 2019). La ingesta mundial de estos productos hidrobiológicos representa el 6.7% de todas las proteínas consumidas y, aproximadamente, el 17% del consumo de proteínas de origen animal (Smith *et al.*, 2018).

Los MP presentes en la biota acuática están bien documentados (Bravo *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2018c; Pegado *et al.*, 2018; Su *et al.*, 2018; Castañeta *et al.*, 2020; Donoso y Rios-Touma, 2020; Rani-Borges *et al.*, 2021). Los MP en especies marinas comerciales obtenidas de los mercados y usadas en la gastronomía debe considerarse como una vía potencial para el impacto en el ser humano (Halden, 2010; Lithner *et al.*, 2011; Rochman *et al.*, 2014, 2015; Brennecke *et al.*, 2016; Camacho *et al.*, 2019; Akhbarizadeh *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2018b; Carbery *et al.*, 2018; De-la-Torre, 2019). Los MP pueden interactuar con otros contaminantes tóxicos (Araujo *et al.*, 2002; Rochman *et al.*, 2014; Brennecke *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2018b; Camacho *et al.*, 2019) y con microorganismos patógenos que se les pueden adherir (Virsek *et al.*, 2017).

En el Perú, existen escasas publicaciones científicas que abordan la problemática de los MP, las cuales tienen generalmente un enfoque ecológico (Purca y Henostroza,

2017; De-la-Torre *et al.*, 2019a,b; Gavilán *et al.*, 2019; Iannacone *et al.*, 2019, 2021; Santillán *et al.*, 2020; Valencia-Velasco *et al.*, 2020; Molina-Castro *et al.*, 2021).

El orden Decapoda, el más diverso dentro de la clase Malacostraca, incluye alrededor de 15 000 especies que desempeñan un papel importante en la red trófica acuática (Ferreira *et al.*, 2020). Existe información que aborda la problemática de los MP en crustáceos decápodos marinos y de agua dulce (Farrell y Nelson, 2013; Brennecke *et al.*, 2015; Smith *et al.*, 2018; Piarulli *et al.*, 2020). En el Perú no hay estudios con MP en crustáceos decápodos marinos, a pesar de que este grupo es uno de los recursos principales de invertebrados marinos que forman parte de la productividad terciaria que sustenta la pesquería, principalmente artesanal, y son ampliamente usados en la alimentación humana y en diversos potajes gastronómicos marinos. Entre las especies de crustáceos decápodos marinos más importantes para el consumo humano tenemos al «cangrejo peludo» *Romaleon setosum* (Molina, 1782) (Cancridae), a la «jaiva» *Cancer porteri* Rathbun, 1930 (Cancridae) y al «cangrejo violáceo» *Platyxanthus orbigny* (H. Milne Edwards & Lucas, 1843) (Platyxanthidae) (Gutiérrez-Ramos y González-Campos, 2016; Carbajal-Enzian y Santamaría, 2017; Musri *et al.*, 2019).

Se han realizado varias investigaciones en *R. setosum*, como la evaluación de los efectos reproductivos por acción de la temperatura (Fischer *et al.*, 2009), su identidad taxonómica (Retamal *et al.*, 2014), la composición y distribución de las capturas en el ambiente marino (Muñoz *et al.*, 2006), el comportamiento reproductivo de las hembras (Baeza y Fernández, 2002), la estructura espermática (Goldstein y Dupré, 2011) y el riesgo del consumo humano por presencia metales pesados (Loaiza *et al.*, 2018); sin embargo, no se tiene información con su relación con los MP. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar los MP en el «cangrejo peludo» *R. setosum* usado en la gastronomía peruana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra

Se evaluaron 15 individuos de «cangrejo peludo» *R. setosum*, adquiridos en diciembre de 2020 y enero 2021 en el Mercado Mayorista Pesquero de Ventanilla, Callao, Perú, un punto principal a nivel de Lima y Callao para la adquisición de recursos de invertebrados bentónicos de consumo gastronómico. Se determinaron las medidas biométricas de cada espécimen como marco referencial: ancho del cefalotórax (AC en mm), longitud del cefalotórax (LC en mm) con un calibrador vernier, y peso húmedo (P en g) (Espinoza *et al.*, 2016). Este material biológico fue evaluado para la búsqueda de MP en sus diferentes formas y colores asociados al músculo, branquias y tracto digestivo del cangrejo. La unidad de análisis fue cada cangrejo. La identificación de la especie de cangrejo fue con base al protocolo de Carbajal y Santamaría (2017). Ninguno de los individuos seleccionados de *R. setosum* fueron hembras ovígeras (con huevos) según la Resolución Ministerial N.º 159-2009-PRODUCE (PRODUCE, 2009a).

Procedimiento

El lugar para la evaluación del material biológico fue desinfectado con alcohol etílico al 70%, previamente filtrado con un papel filtro de 5 µm. Se usaron guantes de nitrilo durante todo el proceso evaluativo. Los materiales usados durante todo el protocolo fueron de vidrio o de metal. El agua empleada para el lavado del material biológico fue filtrada a 0.22 µm (Iannacone *et al.*, 2021). También se utilizó el método descrito por Torre *et al.* (2016) para minimizar alguna contaminación en el aire, reduciendo la posibilidad de sesgo en el análisis.

Para el manejo de los cangrejos se siguió el protocolo establecido por Piarulli *et al.* (2020). Los cangrejos fueron lavados con agua filtrada con un papel filtro de 2.5 µm. El

agua fue almacenada en una congeladora a -20 °C para luego ser empleada para la caracterización de los MP. Cada individuo fue evaluado integralmente a nivel del músculo, branquias y tracto digestivo, separando cada componente en placas de Petri y mantenidos en congelación a -20 °C y finalmente se realizó la búsqueda de los MP (Iannacone *et al.*, 2021).

Se preparó una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% (100 g de KOH en 1 L de agua destilada) (Dehaut *et al.*, 2016). La cantidad de la solución se ajustó en relación a cada muestra. El KOH fue mezclado con el agua con un agitador magnético hasta que los «pellets» se disolvieron, se dejó enfriar por al menos 15 min y se filtró (2.5 µm) empleando una bomba de vacío. Para la digestión de las muestras se empleó el KOH en una proporción de 4:1 (KOH: muestra). Se incubó dicho material a 60 °C por 24 h con agitación permanente a 45 rpm y luego se procedió a filtrar (6 µm) con la ayuda de una bomba de vacío.

Para la caracterización visual de los MP se utilizó un microscopio binocular con cámara adaptada para buscar las partículas en el papel de filtro y hacer los registros fotográficos. La caracterización se hizo siguiendo criterios preestablecidos. Para la forma se consideraron tres categorías: fibra «plástico delgado, fibroso y recto» que puede provenir de textiles, artes de pesca y filtros de cigarrillos, fragmento «partícula de MP duro e irregular» que puede provenir de la descomposición de desechos plásticos más grandes, y film «plástico endeble, plano e irregular» como bolsas de plástico y envoltorios (Lusher, 2015; Sruthy y Ramasamy, 2017; Miller *et al.*, 2021), en tanto que se consideraron seis colores (negro, azul, rojo, verde, blanco y amarillo). Se excluyeron aquellas partículas de MP con un color no uniforme o con estructuras naturales como células. Se verificó que las fibras presentaran un grosor homogéneo y que estuvieran deshinchadas en los bordes apicales. También se usaron agujas calientes durante la evaluación óptica.

ca para completar la identificación de las partículas de MP que reaccionan a altas temperaturas mediante un doblez o fusión.

Para cada una de las tres variables biométricas (AC, LC y P), y para el número de partículas de MP por ubicación en el cuerpo de *R. setosum*, así como para la forma y el color se determinaron los estadísticos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y para la homocedasticidad de varianzas fue usada la prueba de Levene (Morales y Pino, 2009).

- En los casos que no se cumplieron estos requisitos se emplearon sus equivalentes no paramétricos. Se empleó la prueba de Kruskal-Wallis (H) con el fin de comparar el número de partículas de MP entre las tres partes del cuerpo (músculo, branquias y tracto digestivo), entre las tres formas y entre los seis colores. Luego se realizó la prueba *a posteriori* de Tukey.
- Se empleó la prueba de Chi-cuadrado para determinar la relación entre las tres formas y entre los seis colores de MP con base a la frecuencia de ocurrencia (FO) de los MP.
- Se empleó la prueba de U de Mann-Whitney para comparar entre machos y hembras de *R. setosum* el AC, LC, P, el número de partículas de MP total, del músculo, de las branquias y del tracto digestivo, de las tres formas y de los seis colores.
- La data obtenida con relación al AC, LC y P fue asociada con el número de partículas de MP totales, en músculo, branquias y tracto digestivo usando el coeficiente de correlación de Spearman (r_s).
- De igual forma se correlacionó el AC, LC y P con el número de partículas de MP por ubicación en el cuerpo de *R. setosum*, por la forma y por el color.

Con el fin de determinar el estado actual del conocimiento sobre los MP en crustáceos acuáticos a nivel mundial se realizó una búsqueda de artículos científicos publi-

cados en revistas arbitradas e indizadas en tres bases de datos: Google Académico, Scielo, y Scopus. Se hizo la pesquisa con las palabras o frases: «microplásticos», «cangrejo», «biota acuática» y «crustáceos», tanto en español, inglés y portugués, publicados hasta diciembre de 2020. No fueron consideradas las tesis ni resúmenes de congreso. Se clasificaron los artículos científicos encontrados por orden de antigüedad a partir de 2013. Se elaboraron cuadros de resumen que incluyeron año, país, especie de crustáceo, cantidad de muestra, tamaño, peso, sexo y parte del organismo evaluado. De igual forma se incorporó en la base de datos con relación a los MP en crustáceos acuáticos, la cantidad, forma, tamaño, color y medio. Posteriormente, la información fue consolidada en cuadros dinámicos.

Aspectos Éticos

Se siguió la Resolución Ministerial N.º 159-2009-PRODUCE (PRODUCE, 2009a) y el «Reglamento de Ordenamiento Pesquero de Recursos Invertebrados Marinos Bentónicos» con la Resolución Ministerial N.º 501-2019-PRODUCE (2019b) para la selección y empleo adecuado de los especímenes de *R. setosum* en el presente estudio.

RESULTADOS

Las fibras azules de MP fueron más abundantes en el músculo, las fibras azules y rojas en las branquias, y las de color negro y azul en el tracto digestivo de *R. setosum* (Cuadro 1). En el caso del MP tipo film, el color blanco fue el dominante en el músculo y en el tracto digestivo, mientras que el MP verde dominó en las branquias. El tipo fragmento no se encontró en músculo. Asimismo, los fragmentos de color azul fueron más abundantes en las branquias y en el tracto digestivo.

Cuadro 1. Número de partículas de microplásticos (MP) encontradas en el músculo, branquias y tracto digestivo del “cangrejo peludo” *Romaleon setosum* (n=15) procedentes del Mercado Mayorista Pesquero de Ventanilla, Callao, Perú

	Partes	Negro	Azul	Rojo	Verde	Blanco	Amarillo
Fibra	Músculo	1 (1)	13 (7)	0	0	5 (5)	0
	Branquia	6 (4)	12 (7)	11 (8)	0	0	0
	Tracto digestivo	32 (13)	21 (15)	2 (2)	5 (5)	0	0
Film	Músculo	0	1 (1)	0	0	6 (6)	0
	Branquia	0	0	0	6 (5)	0	3 (3)
	Tracto digestivo	0	0	0	0	15 (9)	0
Fragmento	Músculo	0	0	0	0	0	0
	Branquia	0	21 (8)	4 (4)	0	0	0
	Tracto digestivo	6 (4)	26 (10)	8 (6)	4 (3)	0	0

() Número de individuos afectados

Se encontró un total de 208 partículas de MP en *R. setosum*, observándose la siguiente secuencia de mayor a menor: tracto digestivo > branquias > músculo (Figura 1a), con diferencias significativas entre el tracto digestivo (7.93 ± 4.68^a), branquias (4.20 ± 2.88^b) y músculo (1.73 ± 2.12^c) ($H=21.93$; $p<0.05$). En las formas de MP se observó el siguiente orden: fibra > fragmento > film (Figura 1b) con diferencias significativas entre fibra (7.20 ± 2.81^a), fragmento (4.60 ± 3.07^b) y film (2.07 ± 1.39^c) ($H=19.02$, $p<0.05$). Asimismo, se notó que el color azul y negro fueron los dominantes con relación al número de partículas de MP (Figura 1c), habiendo diferencias significativas entre el azul (6.27 ± 3.83^a), negro (3.00 ± 1.96^b), blanco (1.73 ± 1.10^{bc}), rojo (1.67 ± 1.07^{bc}), verde (1.00 ± 1.07^c) y amarillo (0.20 ± 0.41^d) ($H=46.56$, $p<0.05$).

Todos los *R. setosum* presentaron MP en músculo, branquias y tracto digestivo basándose en la FO (Figura 2a). En las formas de MP con base a la FO se observó el si-

guiente orden: fibra > fragmento > film (Figura 2b), aunque sin diferencias significativas entre las tres formas ($X^2=2.14$, $p>0.05$). Por otro lado, los colores de MP azul, blanco, rojo y negro fueron los más frecuentes según la FO de MP ($X^2=37.82$, $p<0.05$) (Figura 2c).

Se encontró una correlación negativa entre la LC y el AC de *R. setosum* ($r_s=-0.64$; $p<0.05$). La LC presentó una correlación significativa con el número de partículas de MP en los cangrejos *in toto* ($r_s=0.52$; $p<0.05$), con el músculo ($r_s=0.53$; $p<0.05$) y con el color azul ($r_s=0.51$; $p<0.05$), pero no para el resto de variables ($r_s=-0.43-0.45$; $p>0.05$).

En el caso de machos y hembras de *R. setosum* no se observaron diferencias significativas al comparar la LC, el número de partículas de MP total, del músculo, de las branquias y del tracto digestivo, entre las formas y entre los seis colores ($U=14.5-23.5$; $p<0.05$).

Microplásticos en el «cangrejo peludo»

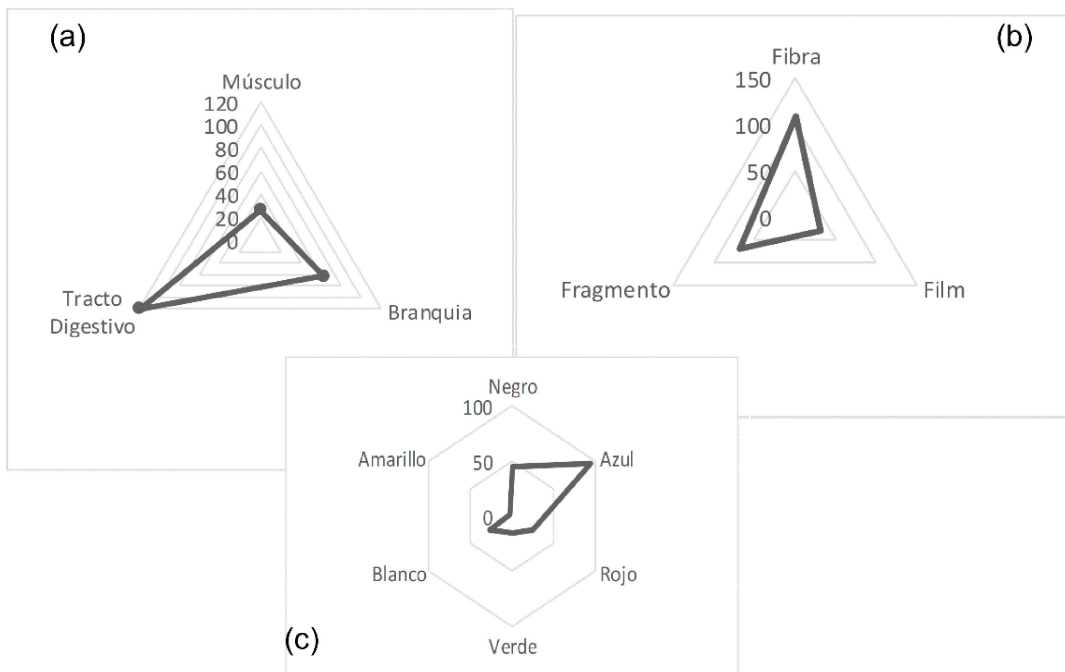


Figura 1. Gráfico radial del número de partículas de MP en: (a) Parte del cuerpo; (b) Forma; (c) Color

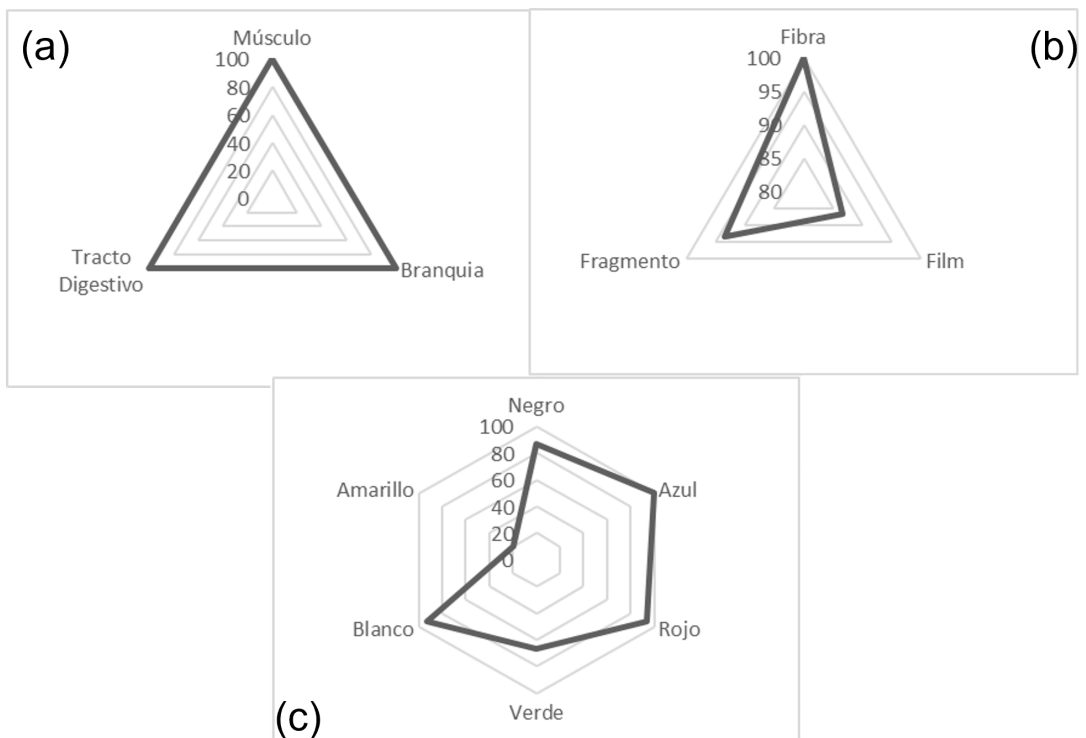


Figura 2. Gráfico radial de la Frecuencia de ocurrencia (FO) de partículas de MP en: (a) Parte del cuerpo; (b) Forma; (c) Color

Cuadro 2. Resumen bibliográfico de 15 artículos científicos a nivel mundial que señalan año, país, especie de crustáceo, cantidad de muestra, tamaño, peso, sexo y parte del organismo evaluada para microplásticos (MP). AC= Ancho del cefalotórax. H=Hembra. M=Macho (Parte 1)

N°	País	Especie	N.º de individuos	Tamaño del cangrejo (mm)	Peso (g)	Sexo	Partes evaluadas	Referencia
1	Reino Unido	<i>Carcinus maenas</i>	24	51.13 (AC)	32.54	H	Hemolinfa, ovarios, estómago, branquias, hepato-páncreas	Farrell y Nelson (2013)
2	Reino Unido	<i>Carcinus maenas</i>	70	-	-	M	Branquias, Hemolinfa, intestino	Watts <i>et al.</i> (2014)
3	Brasil	<i>Uca rapax</i>	70	21 y 30	4.21 y 12.35	M	Estómago, branquias, hepato-páncreas	Brennecke <i>et al.</i> (2015)
4	Reino Unido	<i>Carcinus maenas</i>	60	46.05	28.34	M	Estómago	Watts <i>et al.</i> (2015)
5		<i>Necora puber</i>	50	-	-	-	Estómago, branquias, hepato-páncreas	Dehaut <i>et al.</i> (2016)
6	Israel	<i>Charybdis longicollis</i>	285	30 - 50	28.8	H y M	Estómago	Stasolla <i>et al.</i> (2015)
7	Reino Unido	<i>Carcinus maenas</i>	36	-	-	H	Branquias, Hemolinfa	Watts <i>et al.</i> (2016)
8	Brasil	<i>Callinectes ornatus</i>	12	54 (AC)	14 - 20	-	Intestino	Santana <i>et al.</i> (2017)
9	China	<i>Eriocheir sinensis</i>	176	-	-	H	Hígado, branquias, intestino	Yu <i>et al.</i> (2018)
10	USA	<i>Panopeus herbstii</i>	90	12.9 (AC)	0.2g tejido blando	-	Tracto digestivo, branquias	Waite <i>et al.</i> (2018)
11	Irán	<i>Portunus armatus</i>	28	105 - 161	70 - 212	-	Branquias, músculo	Akhbarizadeh <i>et al.</i> (2018)
12	Argentina	<i>Neohelice granulata</i>	60	-	-	M	Branquias y tracto digestivo	Villagran <i>et al.</i> (2020)
13	China	<i>Eriocheir sinensis</i>	300		6	H	Intestino	Liu <i>et al.</i> (2019)
14	USA	<i>Pleuroncodes planipes</i>	35	-	-	-	Tracto digestivo	Choy <i>et al.</i> (2019)
15	Japón	<i>Chiromantes dehaani</i>	30	29	-	-	Tracto digestivo	Nakao <i>et al.</i> (2020)

Cuadro 3. Resumen bibliográfico de seis artículos científicos a nivel mundial que señalan año, país, especie de crustáceo, cantidad de muestra, tamaño, peso, sexo y parte del organismo evaluada para microplásticos (MP). AC= Ancho del cefalotórax. H=Hembra. M=Macho (Parte 2)

N°	País	Especie	N.º de individuos	Tamaño del cangrejo (mm)	Peso (g)	Sexo	Partes evaluadas	Referencia
16	Reino Unido	<i>Necora puber</i>	27	68 (AC)	73.2	M	Estómago, branquias, testículos y cerebro.	Crooks <i>et al.</i> (2019)
17	USA	<i>Emerita analoga</i>	148	-	-	-	Tracto digestivo	Horn <i>et al.</i> (2019)
18	Brasil	<i>Ocypode quadrata</i>	132	-	-	-	Tracto digestivo	Costa <i>et al.</i> (2019)
19	Reino Unido	<i>Pagurus bernhardus</i>	64	-	-	H	Tracto digestivo	Crump <i>et al.</i> (2020)
20	Estonia	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	152	11.23 – 19.90	-	M	Estómago	Torn (2020)
21	China	<i>Perisesarma bidens</i>	1	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
22	China	<i>Ocypode ceratophthalmus</i>	1	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
23	China	<i>Uca arcuata</i>	1	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
24	China	<i>Pythila pisum</i>	2	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
25	China	<i>Anadara sp</i>	2	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
26	China	<i>Hemigrapsus penicilatus</i>	1	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
27	China	<i>Metopograpsus frontalis</i>	15	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
28	China	<i>Gelasimus borealis</i>	18	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
29	China	<i>Macromedaeus distinguendus</i>	4	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
30	China	<i>Parasesarma plicatum</i>	10	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
31	China	<i>Gaetice depressus</i>	6	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
32	China	<i>Macrophthalmus convexus</i>	5	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)
33	China	<i>Austruca lactea</i>	7	-	-	-	Tracto digestivo	Xu <i>et al.</i> (2020)

Cuadro 4. Resumen bibliográfico de ocho artículos científicos a nivel mundial que señalan año, país, especie de crustáceo, cantidad de muestra, tamaño, peso, sexo y parte del organismo evaluada para microplásticos (MP). AC=Ancho del cefalotótax. H=Hembra. M=Macho (Parte 3)

N°	País	Especie	N.º de individuos	Tamaño del cangrejo (mm)	Peso (g)	Sexo	Partes evaluadas	Referencia
34	China	<i>Paraleptuca splendida</i>	13	13 - 18	-	-	branquias, estomago	Not <i>et al.</i> (2020)
35	China	<i>Parasesarma bidens</i>	15	13 - 20 (AC)	-	-	branquias, estomago	Not <i>et al.</i> (2020)
36	China	<i>Metopograpsus frontalis</i>	14	15 - 20 (AC)	-	-	branquias, estomago	Not <i>et al.</i> (2020)
37	China	<i>Thalamita crenata</i>	7	25 - 35	-	-	branquias, estomago	Not <i>et al.</i> (2020)
38	Brasil	<i>Pachygrapsus transversus</i>	212	-	-	H y M	Tracto digestivo	Ferreira <i>et al.</i> (2020)
39	Ghana	<i>Callinectes Amnicola</i>	2	57 (AC)	-	-	Tracto digestivo	Gbogbo <i>et al.</i> (2020)
40	Italia	<i>Carcinus aestuarii</i>	90	-	-	-	-	Piarrulli <i>et al.</i> (2020)
41	Nigeria	<i>Cardiosoma guanhumi</i>	24	-	-	-	Hemolinfa	Sanni <i>et al.</i> (2020)
42	Reino Unido	<i>Carcinus maenas</i>	12	-	-	-	estómago, branquias, hemolinfa	Walkinshaw <i>et al.</i> (2020)
43	USA	<i>Callinectes sapidus</i>	39	-	-	-	Estómago	Waddell <i>et al.</i> (2020)
44	Italia	<i>Callinectes sapidus</i>	6	75.2 x 169.2	311.1	H y M	estómago, músculo, hepato-páncreas y gónada	Renzi <i>et al.</i> (2020)

Los cuadros 2, 3 y 4 presentan un resumen bibliográfico de 29 artículos que evalúan MP en diferentes especies de crustáceos a nivel mundial. Estos cuadros muestran que durante 2013 a 2020 se evaluaron MP en 44 especies de crustáceos decápodos. China (43.18%) y Reino Unido (15.90%) fueron los países que evaluaron más especies de crustáceos. El género *Carcinus* Leach, 1814 fue

el que presentó el mayor número de estudios con MP. El tamaño de la muestra varió entre 1 a 300 individuos analizados. El tamaño varió para la LC entre 11.23 a 169.2 mm, y para el AC entre 13 a 68 mm. El P se encontró entre 4.21 a 311.1 g. Con relación al sexo de los cangrejos, cinco fueron hembras, seis machos, tres de ambos sexos, y 30 no señalaron el sexo de los especímenes. El tracto

Cuadro 5. Resumen bibliográfico de 12 artículos científicos a nivel mundial que señalan en los crustáceos la cantidad, forma, tamaño y color y medio para microplásticos (MP) (Parte 1)

Nº	MP (%)	Cantidad de MP	Forma de MP	Tamaño de MP	Color de MP	Medio	Referencia
1	hemolinfa 0.04%	Un mm de tejido de estómago (1025 mayor cantidad)	microesferas (pellet)	0.5 µm	-	M	Farrell y Nelson (2013)
2	-	-	microesferas (pellet)	8 - 10 µm	-	M	Watts <i>et al.</i> (2014)
3	-	Estómago (11 Pa), branquias (21 Pa), hepatopáncreas (21 Pa)	fragmentos y microesferas	180 y 250 µm	-	M	Brennecke <i>et al.</i> (2015)
4	13.96 intestino anterior	-	fibras	0.5 a 5 mm	-	M	Watts <i>et al.</i> (2015)
5	-	-	-	-	-	M	Dehaut <i>et al.</i> (2016)
6	-	-	fragmentos	-	-	M	Stasolla <i>et al.</i> (2015)
7	-	Presencia de MP	microesferas	8 µm	-	M	Watts <i>et al.</i> (2016)
8	-	Presencia de MP	-	-	-	M	Santana <i>et al.</i> (2017)
9	-	Branquias (0.077 µg / mg), hígado (1.66 µg / mg), intestino (0.81 µg/mg)	microesferas	5 µm	-	AD (río)	Yu <i>et al.</i> (2018)
10	-	1979 Pa en cangrejos	fibras 85%, fragmentos 15%, gránulos bajo porcentaje	-	azul, negro	M	Waite <i>et al.</i> (2018)
11	-	0.25 Pa/g (brancaia), 0.85 Pa/g (músculo)	fibra, fragmento	-	negro, blanco, rojo, azul	M	Akhbarizadeh <i>et al.</i> (2019)
12	60% fibras, 40% fragmentos	-	fibras, fragmentos gránulos	fibras (<500-1500 µm), fragmentos (<200 µm)	azul	M	Villagran <i>et al.</i> (2020)

Marino = M; Agua dulce=AD; Partículas = Pa; Ind = Individuo

Cuadro 6. Resumen bibliográfico de nueve artículos científicos a nivel mundial que señalan en los crustáceos la cantidad, forma, tamaño y color y medio para microplásticos (MP) (Parte 2)

Nº	MP (%)	Cantidad de MP	Forma de MP	Tamaño de MP	Color de MP	Medio	Referencia
13			microesferas	5 µm		M	Liu <i>et al.</i> (2019)
14	-	3 - 17 Pa/ind	-	-	-	M	Choy <i>et al.</i> (2019)
15	6.70%	-	fibra, fragmento	300 µm - 5mm		M	Nakao <i>et al.</i> (2020)
16	-	-	esferas de poliestireno fluorescentes	0.5 µm	-	M	Crooks <i>et al.</i> (2019)
17	0,16%	16 Pa /ind	fibra, fragmento		-	M	Horn <i>et al.</i> (2019)
18	microfibras (93%), fragmentos de plástico duro (2.5%), blando (1.9%) y esferas de poliestireno (1.7%)	1 a 158 Pa/ind	fibras, fragmentos y esferas	-	negro, azul y transparente	M	Costa <i>et al.</i> (2019)
19	-	-	microesferas	4 mm	-	M	Crump <i>et al.</i> (2020)
20	-	-	fibra, fragmento	0.03- 0.5 mm	-	M	Torn (2020)
21	-	0.4 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
22	-	0.4 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
23	-	0.46 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
24	-	1.7 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
25	-	1.9 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
26	-	0.21 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
27	-	1.5 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
28	-	1.7 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
29	-	2.1 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)

Marino = M; Agua dulce=AD; Partículas = Pa; Ind = Individuo

Cuadro 7. Resumen bibliográfico de nueve artículos científicos a nivel mundial que señalan en los crustáceos la cantidad, forma, tamaño y color y medio para microplásticos (MP) (Parte 3)

Nº	MP (%)	Cantidad de MP	Forma de MP	Tamaño de MP	Color de MP	Medio	Referencia
30	-	2.92 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
31	-	0.21 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
32	-	2.59 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
33	-	2.84 Pa/ind	fibra, pellet	-	-	M	Xu <i>et al.</i> (2020)
34	-	13 Pa/ind	-	-	-	M	Not <i>et al.</i> (2020)
35	-	15 Pa/ind	-	-	-	M	Not <i>et al.</i> (2020)
36	-	14 Pa/ind	-	-	-	M	Not <i>et al.</i> (2020)
37	-	7 Pa/ind	-	-	-	M	Not <i>et al.</i> (2020)
38	-	7 Pa/ind	fibra	1 mm	azul	M	Ferreira <i>et al.</i> (2020)
39	-	8 Pa/ind	-	0,1 - 5 mm	marrón, negro, blanco, rojo, transparente	M	Gbogbo <i>et al.</i> (2020)
40	-	2.19 Pa/ind	fibra, film	0.3 – 3.5 mm	-	M	Piarrulli <i>et al.</i> (2020)
41	-	-	-	-	-	AD (lago)	Sanni <i>et al.</i> (2020)
42	-	-	Esferas de poliestireno	10 µm	-	M	Walkinshaw <i>et al.</i> (2020)
43	-	28 fragmentos, 24 fibras, (0.87 Pa/ind)	fibras, fragmentos, films	-	verde, azul, negro, rojo, púrpura, turquesa	M	Waddell <i>et al.</i> (2020)
44	Estómago: fibras 66.7% y fragmentos 50%; gónadas hembras 33.3% fibras	-	fibras y fragmentos	Fibras de 146 a 2106 µm y fragmentos de 103 a 1449 µm	azul	M	Renzi <i>et al.</i> (2020)

Marino = M; Agua dulce=AD; Partículas = Pa; Ind = Individuo

digestivo de los crustáceos fue la parte corporal más estudiada.

Los cuadros 5, 6 y 7 señalan que las formas tipo fibras y los pellets de los MP fueron los dominantes en los estudios con crustáceos. Con relación a la cuantificación de MP estos son presentados en el animal *in toto* de cangrejo, por parte corporal o solo presencia de MP. Con relación al tamaño, 17 estudios (38.6%) señalaron el tamaño y 27 (61.4%) no lo presentaron. Los dos colores de MP más dominantes fueron el azul y el negro. El medio más estudiado para el estudio de los MP en crustáceos en el medio marino (95.5%).

DISCUSIÓN

Todos los cangrejos presentaron MP en el animal *in toto*, en el músculo, branquias y tracto digestivo. Por otro lado, Renzi *et al.* (2020) detectaron 83.3% de MP en el crustáceo *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, y Xu *et al.* (2020) encontraron 70% de MP en 13 especies de crustáceos en el sur de China, en tanto que en el cangrejo *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) se observó 5% de ocurrencia de MP (Torn, 2020). Muchos trabajos no realizan evaluaciones individualizadas de MP por espécimen, sino, por el contrario, realizan evaluaciones tipo «pool» (Villagran *et al.*, 2020).

Es muy probable que la vía principal de ingestión de plástico por el crustáceo béntico *R. setosum* sea indirecta, a través del consumo de bivalvos (Ferreira *et al.*, 2020). Sin embargo, las vías de entrada de los MP a los depredadores en el ambiente marino como es el cangrejo peludo *R. setosum* puede involucrar tanto a sus presas como al medio ambiente. Los MP no solo se transfieren de depredadores de orden inferior a depredadores de orden superior a través de las redes alimentarias (Nakao *et al.*, 2020). Los hallazgos sugieren que *R. setosum* pueden ingerir los MP a través de la ingestión directa,

la alimentación por filtración, la alimentación en suspensión y la transmisión de la cadena alimentaria, tal y como ocurre en otras especies de crustáceos decápodos (Yu *et al.*, 2018).

Por cada individuo de *R. setosum* se observaron 13.87 ± 6.02 (5-27) partículas de MP/cangrejo y en el tracto digestivo/cangrejo de 7.93 ± 4.68 (3-18). Los reportes de MP/cangrejo en la literatura son variables; así, se encontraron entre 3 a 17 partículas de MP/individuo para el tracto digestivo del crustáceo *Pleuroncodes planipes* (Stimpson, 1860) (Choy *et al.*, 2019), de 16 partículas de MP/individuo en el tracto digestivo de *Emerita analoga* (Stimpson, 1857) y de 1 a 158 partículas/individuo en *Ocypode quadrata* Fabricius, 1787 (Costa *et al.*, 2019; Horn *et al.*, 2019).

En el presente estudio se observó la secuencia de tracto digestivo > branquias > músculo en relación al número de partículas de MP. El número de MP extraídos de la branquia fue 2.42 veces mayor que el músculo. En el crustáceo *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853, se observaron valores superiores de MP en el tracto digestivo que en las branquias (Yu *et al.*, 2018). Los resultados concuerdan con Akhbarizadeh *et al.* (2018), quienes encontraron que había más MP en las branquias que en el músculo del cangrejo *Portunus armatus* (A. Milne-Edwards, 1861), posiblemente debido a la mayor exposición de las branquias al agua y al medio circundante, que las convierten en un órgano importante para la acumulación de MP, así como el tipo de alimentación del cangrejo. Otra posible hipótesis podría ser que las fibras lleguen primero al músculo del crustáceo decápodo a través de las branquias, los ojos, la circulación sanguínea y el epitelio intestinal en el tracto digestivo (Akhbarizadeh *et al.*, 2018). Los MP llegan primero al tracto digestivo y posteriormente las micropartículas más pequeñas se trasladan más fácilmente a otros tejidos, como el tejido muscular (Crump *et al.*, 2020).

Las fibras, entre las formas de MP, fueron las más frecuentes en *R. setosum*, lo cual coincide con diversos autores para varias especies de cangrejos decápodos (Watts *et al.*, 2015; Waite *et al.*, 2018; Akhbarizadeh *et al.*, 2018; Horn *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020). Así, Costa *et al.* (2019) encontraron mayores valores porcentuales de fibras (93%) de MP en *O. quadrata* en Brasil. Renzi *et al.* (2020) observaron mayores porcentajes de fibras de MP en el cangrejo marino *C. sapidus*, siendo 67% en el estómago y 33% en las gónadas. Torn (2020) encontraron la presencia de fibras de MP en *R. harrisii*. Es posible que la alta frecuencia de fibras de MP presente en *R. setosum* se deba a que sean más abundantes, se suspenden más fácilmente por la acción de las olas y son más «pegajosas» a la biota (Horn *et al.*, 2019).

El segundo grupo de MP fueron los fragmentos (4.60 ± 3.07). Brennecke *et al.* (2015) mostraron la ocurrencia de fragmentos de MP entre 180 y 250 μm de tamaño en el estómago, branquias y hepatopáncreas del crustáceo marino *Uca rapax* (Smith, 1870), Stasolla *et al.* (2015) señalaron la presencia de fragmentos de MP en el estómago de *Charybdis longicollis* Leene, 1938, y Akhbarizadeh *et al.* (2018) evidenciaron la presencia de fragmentos en las branquias y el músculo de *Portunus armatus* (A. Milne-Edwards, 1861). El impacto de los fragmentos en los organismos acuáticos incluye daño tisular, crecimiento reducido, baja condición corporal e incluso mortalidad.

Los films «películas» se presentaron con 2.07 ± 1.39 partículas de MP / *R. setosum*. Se ha observado la presencia de films de MP en *Carcinus aestuarii* Nardo, 1847 y *C. sapidus* (Piarrulli *et al.*, 2020; Waddell *et al.*, 2020). Sin embargo, Renzi *et al.* (2020) no encontraron la presencia de películas «films» en el crustáceo marino *C. sapidus*.

Con relación a los colores de MP de *R. setosum*, las fibras azules de MP fueron más abundantes en el músculo, las azules y rojas

de MP en las branquias, y las negras y azules en el tracto digestivo. En el caso del MP tipo film, el color blanco fue el dominante en el músculo y en el tracto digestivo, en tanto que el verde dominó en las branquias, mientras que en el caso de los fragmentos, el color azul fue el más abundante en las branquias y en el tracto digestivo, no habiendo fragmentos en el músculo. Estos resultados son concordantes con otros reportes en otras especies de cangrejos decápodos que indican que las fibras con colores negro y azul fueron los más frecuentes (Waite *et al.*, 2018). Las fibras de estos dos colores se originan a partir del nailon de las actividades de pesca, de las cuerdas de los barcos y de las fibras de la ropa en las aguas residuales (Costa *et al.*, 2019).

Una posible fuente de MP son las aguas de los ríos Rímac, Chillón y Lurín, cercanos a la zona de donde provienen los crustáceos de la presente investigación. Por ejemplo, a lo largo del río Chillón se encuentran industrias que usan plásticos como envases y que vierten los residuos sólidos al río, las cuales finalmente llegan al mar. Las cuencas bajas de estos ríos están sufriendo un proceso de deterioro ambiental como resultado de una falta de tratamiento y manejo de los residuos líquidos y sólidos, y por la inexistencia de condiciones sanitarias básicas en gran parte de esta cuenca (Gallarday y Bedia, 2021).

La LC de *R. setosum* se observó correlacionada con el número de partículas de MP, con el músculo y con el color azul. Opuestamente, otros estudios señalaron que los tamaños más pequeños del crustáceo decápodo *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) presentaron mayores niveles de MP, lo cual podría ser el resultado de su morfología intestinal, que presenta un molino gástrico, con un conjunto de placas quitinosas que se encuentran en el intestino anterior (Welden y Cowie, 2016).

En la evaluación por sexo no se observó diferencia significativa por el número de partículas de MP total. Otros estudios seña-

lan que las hembras de *N. norvegicus* presentan mayor cantidad de MP en el tracto digestivo (Welden y Cowie, 2016, 2018).

Los MP detectados en el crustáceo marino como los cangrejos *R. setosum* son motivo de preocupación por su potencial efecto negativo en la seguridad alimentaria, ya que estos crustáceos forman parte de la dieta del humano. Los impactos dependerán de las tasas y patrones de consumo (por ejemplo, especies y partes anatómicas consumidas de los crustáceos). Los registros sobre la contaminación por MP de los productos del mar, en particular los tejidos comestibles, son muy limitados, por lo que se desconoce el riesgo de consumo de MP para la salud humana (Wright y Kelly, 2017; Prata *et al.*, 2021). Se consideran tres posibles impactos: 1) la toxicidad de las partículas de plástico más pequeñas al interactuar o translocar a tejidos y células; 2) la toxicidad química debido a la lixiviación de aditivos añadidos a los MP durante su fabricación o la liberación de contaminantes como metales pesados que se han acumulado en los plásticos en el ambiente marino y 3) los riesgos de enfermedades debido a la contaminación bacteriana de los MP (Sana *et al.*, 2020).

La toxicidad dependerá de la concentración de MP en el alimento marino, pero, por otro lado, se carece de una base sólida de pruebas de los niveles de exposición (Wright y Kelly, 2017). Se ha estimado que un coreano promedio ingiere 212 partículas al año a través del consumo de productos marinos, mientras que los consumidores europeos de mariscos ingieren entre 1800 a 11000 MP anualmente, en tanto que los consumidores chinos podrían alcanzar una mayor exposición alimentaria (Li *et al.*, 2015; Cho *et al.*, 2019). De hecho, la exposición humana a los MP varía significativamente en cada región del mundo (De-la-Torre, 2019). Por otro lado, las investigaciones de MP en crustáceos acuáticos señalan que las concentraciones de exposición son relativamente bajas, posiblemente debido a las limitaciones técnicas en el muestreo y en la identificación de MP (Wright y Kelly, 2017).

CONCLUSIONES

- Todos los individuos (n=15) de *Romaleon setosum* presentaron microplásticos (MP) en músculo, branquias y tracto digestivo.
- Las fibras azules de MP fueron más abundantes en el músculo, las azules y rojas en branquias, y el negro y azul en el tracto digestivo.
- En las MP de tipo film, el color blanco fue el dominante en el músculo y en el tracto digestivo, y el verde en la branquia.
- En fragmentos de PM, el color azul fue el más abundante en la branquia y en el tracto digestivo, y no se encontró en el músculo.
- El número de partículas de MP presentó la siguiente secuencia: tracto digestivo > branquia > músculo, así como el siguiente orden con relación a su forma: fibra > fragmento > film, con dominancia del color azul y negro.
- La longitud del cefalotórax de *R. setosum* presentó una correlación significativa con el número de partículas de MP *in toto* del cangrejo, con el músculo y con el color azul.

LITERATURA CITADA

1. **Akhbarizadeh R, Moore F, Keshavarzi B. 2018.** Investigating a probable relationship between microplastics and potentially toxic elements in fish muscles from northeast of Persian Gulf. *Environ Pollut* 232: 154-163. doi: 10.1016/j.envpol.2017.09.028
2. **Andrady AL. 2011.** Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull* 62: 1596-1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
3. **Araujo PHH, Sayer C, Giudici R, Poco, JGR. 2002.** Techniques for reducing residual monomer content in polymers: a review. *Polymer Eng Sci* 42: 1442-1468. doi: 10.1002/pen.11043

4. **Baeza JA, Fernández M. 2002.** Active brood care in *Cancer setosus* (Crustacea: Decapoda): the relationship between female behaviour, embryo oxygen consumption and the cost of brooding. *Funct Ecol* 16: 241-251.
5. **Barboza LGA, Vethaak AD, Lavorange BRB, Lunde AK, Guilhermino L. 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. **Bravo EL, Van Franeker JA, Jansen LE, Brasseur SMGM. 2013.** Plastic ingestion by harbour seals (*Phoca vitulina*) in The Netherlands. *Mar Pollut Bull* 67: 200-202. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.11.035
7. **Brennecke D, Ferreira EC, Costa TM, Appel D, da Gama BA, Lenz M. 2015.** Ingested microplastics (>100 µm) are translocated to organs of the tropical fiddler crab *Uca rapax*. *Mar Pollut Bull* 96: 491-495. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.05.001
8. **Brennecke D, Duarte B, Paiva F, Cacador I, Canning-Clode J. 2016.** Microplastics as vectors for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuar Coast Shelf S* 178: 189-195. doi: 10.1016/j.ecss.2015.12.003
9. **Camacho M, Herrera A, Gómez M, Acosta-Dacal A, Martínez I, Henríquez-Hernández L, Luzardo OP. 2019.** Organic pollutants in marine plastic debris from Canary Islands beaches. *Sci Total Environ* 662: 22-31. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.422
10. **Carbajal-Enzian P, Santamaría J. 2017.** Guía ilustrada para reconocimiento de crustáceos braquiuros y anomuros con valor comercial del Perú. *Bol Inst Mar Perú* 150: 1-22. [Internet]. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3202>
11. **Carbery M, O'Connor W, Palanisami T. 2018.** Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environ Int* 115: 400-409. doi: 10.1016/j.envint.2018.03.007
12. **Castañeta G, Gutiérrez AF, Nacaratte F, Manzano CA. 2020.** Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Rev Boliv Quim* 37: 160-175. doi: 10.34098/2078-3949.37.3.4
13. **Cho Y, Shim WJ, Jang M, Han GM, Hong SH. 2019.** Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. *Environ Pollut* 245: 1107-1116. doi: 10.1016/j.envpol.2018.11.091
14. **Choy CA, Robison BH, Gagne TO, Erwin B, Firl E, Halden RU, Hamilton AJ, et al. 2019.** The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Sci Rep* 9: 7843. doi: 10.1038/s41598-019-44117-2
15. **Costa LL, Arueira VF, da Costa MF, Di Benedetto APM, Zalmon IR. 2019.** Can the Atlantic ghost crab be a potential biomonitor of microplastic pollution of sandy beaches sediment? *Mar Pollut Bull* 145: 5-13. doi: 10.1016/j.marpolbul.-2019.05.019
16. **Crooks N, Parker H, Pernetta AP. 2019.** Brain food? Trophic transfer and tissue retention of microplastics by the velvet swimming crab (*Necora puber*). *J Exp Mar Biol Ecol* 519: 151187. doi: 10.1016/j.jembe.2019.151187
17. **Crump A, Mullens C, Bethell EJ, Cunningham EM, Arnott G. 2020.** Microplastics disrupt hermit crab shell selection. *Biol Letters* 16: 20200030. doi: 10.1098/rsbl.2020.0030
18. **Dehaut A, Cassone AL, Frère L, Ludovic H, Charlotte H, Rinnert E, Rivière G, et al. 2016.** Microplastics in seafood: benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environ Pollut* 215: 223-233. doi: 10.1016/j.envpol.2016.05.018
19. **De-la-Torre GE. 2019.** Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *J Food Sci Technol* 57: 1601-1608. doi: 10.1007/s13197-019-04138-1

20. **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
21. **De-la-Torre GE, Apaza-Vargas DM, Santillán L. 2019b.** Microplastic ingestion and feeding ecology in mollusks from the coast of Lima, Peru. *Environ Pollut* 244: 522-533. doi: 10.22370/rbmo.2020.55.2.2502
22. **Donoso JM, Rios-Touma B. 2020.** Microplastics in tropical Andean rivers: a perspective from a highly populated Ecuadorian basin without wastewater treatment. *Heliyon* 6: e04302. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04302
23. **Espinoza E, Alemán S, Ramírez P, Castillo G. 2016.** Protocolo para muestreo biológico y biométrico de crustáceos marinos. *Inf Inst Mar Perú* 43: 402-424.
24. **Farrell P, Nelson K. 2013.** Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L) to *Carcinus maenas* (L). *Environ Pollut* 177: 1-3. doi: 10.1016/j.envpol.2013.01.046
25. **Ferreira BMS, Santos CTC, Araújo MSC. 2020.** Plastic ingestion lead to reduced body condition and modified diet patterns in the rocky shore crab *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) (Brachyura: Grapsidae). *Mar Pollut Bull* 156: 111249. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111249
26. **Fischer S, Thatje S, Brey, T. 2009.** Early egg traits in *Cancer setosus* (Decapoda, Brachyura): effects of temperature and female size. *Mar Ecol Prog Ser* 377: 193-202.
27. **Gallarday BTE, Bedia GCS. 2021.** Solid and liquid waste treatment (Slwt), present in the south sector of rio Chillón, altura cuadra 60 Av Trapiche. Carabayllo-Lima district. *Ann Rom Soc Cell Biol* 25: 2450-2459.
28. **Gavilán SJ, Ortiz CY, Aranda BK, Flores-Gómez S. 2019.** Microplásticos en contenido estomacal de la «lisa» *Mugil cephalus*, Lima -Perú. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo* 5: 38-45.
29. **Gbogbo F, Takyi JB, Billah MK, Ewool J. 2020.** Analysis of microplastics in wetland samples from coastal Ghana using the Rose Bengal stain. *Environ Monit Assess* 192: 208. doi: 10.1007/s10661-020-8175-8
30. **GESAMP. 2015.** Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment Kershaw PJ (ed). IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. Rep Stud GESAMP N.º 90. 96 p.
31. **Goldstein M, Enrique Dupré E. 2011.** Modificación de la estructura espermática de la jaiba *Cancer setosus* (Molina, 1782) (Decapoda: Brachyura) durante su reacción acrosomal inducida. *Lat Am J Aquat Res* 39: 172-178. doi: 10.3856/vol39-issue1-fulltext-17
32. **Gutiérrez-Ramos JN, González-Campos CA. 2016.** Colección carcinológica: naturalización y conservación de crustáceos decápodos. *Sagasteguiana* 4: 25-38.
33. **Halden RU. 2010.** Plastics and health risks. *Annu Rev Public Heal* 31: 179-294. doi: 10.1146/annurev.publhealth.012809-103714
34. **Horn D, Miller M, Anderson S, Steele C. 2019.** Microplastics are ubiquitous on California beaches and enter the coastal food web through consumption by Pacific mole crabs. *Mar Pollut Bull* 139: 231-237. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018-12.039
35. **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 (Lima)* 17: 335-346. doi: 10.24039/rtb2019172369
36. **Iannacone J, Principe F, Minaya D, Panduro G, Carhuapoma M, Alvariano L. 2021.** Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 32: e20038. doi: 10.15381/rivep.v32i2.-20038

37. **Karami A, Golieskardi A, Choo CK, Larat V, Karbalaie S, Salamatinia B. 2018.** Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. *Sci Total Environ* 612: 1380-1386. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.005
38. **Kumar VE, Ravikumar G, Jeyasanta KI. 2018.** Occurrence of microplastics in fishes from two landing sites in Tuticorin, South east coast of India. *Mar Pollut Bull* 135: 889-894. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.08.023
39. **Li J, Yang D, Li L, Jabeen K, Shi H. 2015.** Microplastics in commercial bivalves from China. *Environ Pollut* 207: 190-195. doi: 10.1016/j.envpol.2015.-09.018
40. **Li J, Green C, Reynolds A, Shi H, Rotchell JM. 2018a.** Microplastics in mussels sampled from coastal waters and supermarkets in the United Kingdom. *Environ Pollut* 241: 35-44. doi: 10.1016/j.envpol.2018.05.038
41. **Li J, Zhang K, Zhang H. 2018b.** Adsorption of antibiotics on microplastics. *Environ Pollut* 237: 460-467. doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.050
42. **Li H, Ma L, Lin L, Ni Z, Xu X, Shi H, Yan Y, Zheng G, Rittschof D. 2018c.** Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River Estuary, China. *Environ Pollut* 236: 619-625. doi: 10.1016/j.envpol.2018.01.083
43. **Liebezeit G, Liebezeit E. 2013.** Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 30: 2136-2140. doi: 10.1080/19440049.2013.-843025
44. **Lithner D, Larsson A, Dave G. 2011.** Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Sci Total Environ* 409: 3309-3324. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.04.038
45. **Liu Z, Yu P, Cai M, Wu D, Zhang M, Chen M, Zhao Y. 2019.** Effects of microplastics on the innate immunity and intestinal microflora of juvenile *Eriocheir sinensis*. *Sci Total Environ* 685: 836-846. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.265
46. **Loaiza I, De Trocha M, De Boeck G. 2018.** Potential health risks via consumption of six edible shellfish species collected from Piura-Peru. *Ecotox Environ Saf* 159: 249-260. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.05.005
47. **Lusher A. 2015.** Microplastics in the marine environment: distribution, interactions and effects. In: Bergmann M, Gutow, L, Klages M (eds). *Marine anthropogenic litter*. Springer, Berlin. p 245-307. doi:10.1007/978-3-319-16510-3_10
48. **Mc Carthy U, Uysal I, Badia-Melis R, Mercier S, O'Donnell C, Ktenioudaki A. 2018.** Global food security — issues, challenges and technological solutions. *Trends Food Sci Tech* 77: 11-20. doi: 10.1016/j.tifs.2018.05.002
49. **Miller E, Sedlak M, Lin D, Box C, Holleman C, Rochman CH, Sutton R. 2021.** Recommended best practices for collecting, analyzing, and reporting microplastics in environmental media: Lessons learned from comprehensive monitoring of San Francisco Bay. *J Hazard Mater* 409: 124770. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124770
50. **Molina-Castro RE, Gómez-Ronquillo WJ, De la Cruz-Lozado J. 2021.** Contaminación marina por desechos plásticos en países del perfil costero del Pacífico Sur, 2016-2021. *Pol Con* 6: 458-478. doi: 10.23857/pc.v6i5.2671
51. **Morales G, Pino MLA. 2009.** Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la salud. Caracas, Venezuela: Univ. Católica Andrés Bello. 102 p.
52. **Muñoz CA, Pardo LM, Henríquez LA, Palma AT. 2006.** Variaciones temporales en la composición y abundancia de cuatro especies de *Cancer* (Decapoda: Brachyura: Cancridae) capturadas con trampas en bahía San Vicente, Concepción (Chile central). *Investig Mar* 34: 9-21. doi: 10.4067/S0717-71782006000-200002

53. **Musrri CA, Poore AGB, Hinojosa IA, Macaya EC, Pacheco AS, Pérez Matus A, Pino Olivares O, et al. 2019.** Variation in consumer pressure along 2500 km in a major upwelling system: crab predators are more important at higher latitudes. *Mar Biol* 166: 142. doi: 10.1007/s00227-019-3587-0
54. **Nakao S, Ozaki A, Yamazaki K, Masumoto K, Nakatani T, Sakiyama T. 2020.** Microplastics contamination in tidelands of the Osaka Bay area in western Japan. *Water Environ J* 34: 474-488. doi:10.1111/wej.12541
55. **Not C, Lui CYI, Cannicci. 2020.** Feeding behavior is the main driver for microparticle intake in mangrove crabs. *Limnol Oceanogr Lett* 5: 84-91. doi: 10.1002/lo2.10143
56. **Olarte NB. 2007.** La cuenca del río Chillón: problemática y potencial productivo. *Ingeniería Industrial* 25: 53-68. doi: 10.26439/ing.ind2007.n025.609
57. **Pegado TDS, Schmid K, Wilnemiller KO, Chelazzi D, Cincinelli A, Dei L, Giarrizzo T. 2018.** First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary. *Mar Pollut Bull* 133: 814-821. doi: 10.1016/j.marpolbul.-2018.06.035
58. **Prata JC, da Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Rocha-Santos T. 2021.** Environmental exposure to microplastics: an overview on possible human health effects. *Sci Total Environ* 702: 134455. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134455
59. **Piarulli S, Vanhove B, Comandini P, Scapinello S, Tom Moens T, Vrielinck H, Sciutto G, Prati S, et al. 2020.** Do different habits affect microplastics contents in organisms? A trait-based analysis on salt marsh species. *Mar Pollut Bull* 153: 110983. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.110983
60. **[PRODUCE] Ministerio de la Producción. 2009a.** Establecen talla mínima de captura del recurso cangrejo peludo, y prohíben extracción de hembras ovígeras de cangrejo peludo, jaiva y cangrejo violáceo en todo el litoral. Resolución Ministerial N.º 159-2009-PRODUCE. <https://www.sni.org.pe/establecen-talla-minima-de-captura-del-recurso-cangrejo-peludo-y-prohiben-extraccion-de-hembras-ovigeras-de-cangrejo-peludo-jaiva-y-cangrejo-violaceo-en-todo-el-litoral/>
61. **[PRODUCE] Ministerio de la Producción. 2009b.** Resolución Ministerial N.º 501-2019-PRODUCE. [Internet]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/360982-502-2019-produce>
62. **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
63. **Rani-Borges B, Martins TFG, Pompêo M. 2021.** Status of Brazilian research on microplastics present in aquatic ecosystems: freshwater. *Panam J Aquat Sci* 16: 106-117.
64. **Reinoso J, Serrano DC, Orellana CD. 2017.** Contaminantes emergentes y su impacto en la salud. *Rev Fac Cienc Méd Univ Cuenca* 35: 55-59.
65. **Renzi M, Blaskovic A. 2018.** Litter & microplastics features in table salts from marine origin: Italian versus Croatian brands. *Mar Pollut Bull* 135: 62-68. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.06.065
66. **Renzi M, Cilenti L, Scirocco T, Grazioli E, Anselmi S, Broccoli A, Specchiulla A. 2020.** Litter in alien species of possible commercial interest: The blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) as case study. *Mar Pollut Bull* 157: 111300. doi: 10.1016/j.marpolbul.-2020.111300
67. **Retamal MA, Angulo A, Olivares T. 2014.** On the taxonomical status of the Chilean species of *Cancer* Linneo, 1758 (Crustacea, Decapoda) and description of the Neotype of *Cancer setosus* Molina 1782. *World Res J Zoology* 1: 1-3.
68. **Rochman CM, Kurobe T, Flores I, The SJ. 2014.** Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the

- ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. *Sci Total Environ* 493: 656-661. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.051
69. **Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R, Miller JT, et al. 2015.** Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Sci Rep* 5: 14340. doi:10.1038/srep14340
70. **Sana SS, Dogiparthi KL, Gangadhar L, Chakravorty A, Abhishek N. 2020.** Effects of microplastics and nanoplastics on marine environment and human health. *Environ Sci Pollut R* doi: 10.1007/s11356-020-10573-x
71. **Sanni ZA, Moruf RO, Lawal-Are AO. 2020.** Hemato-biochemical profiling of a burrowing crab exposed to polystyrene microplastic contaminant. *FUDMA J Sci* 4: 380-385. doi: 10.33003/fjs-2020-0402-113
72. **Santana MFM, Moreira FT, Turra A. 2017.** Trophic transference of microplastics under a low exposure scenario: insights on the likelihood of particle cascading along marine food-webs. *Mar Pollut Bull* 121: 154-159. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.05.061
73. **Santillán L, Saldaña-Serrano M, De-la-Torre GE. 2020.** First record of microplastics in the endangered marine otter (*Lontra felina*). *Mastozool Neotrop* 27: 211-215. doi: 10.31687/sarem-MN.20.27.1.0.12
74. **Schymanski D, Goldbeck C, Humpf HU, Furst P. 2018.** Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Res* 129: 154-162. doi: 10.1016/j.watres.2017.11.011
75. **Smith M, Love DC, Rochman CH, Neff RA. 2018.** Microplastics in seafood and the implications for human health. *Curr Environ Health Rep* 5: 375-386. doi: 10.1007/s40572-018-0206-z
76. **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: 315e322.
77. **Stasolla G, Innocenti G, Galil BS. 2015.** On the diet of the invasive crab *Charybdis longicollis* Leene, 1938 (Brachyura: Portunidae) in the eastern Mediterranean Sea. *Isr J Ecol Evol* 6: 130-134. doi: 10.1080/15659801.2015.1123362
78. **Su L, Cai H, Kolandhasamy P, Wu C, Rochman CM, Shi H. 2018.** Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems. *Environ Pollut* 234: 347-355. doi: 10.1016/j.envpol.2017.11.075
79. **Thompson LA, Darwish WS. 2019.** Environmental chemical contaminants in food: review of a global problem. *J Toxicol* 2019: 2345283. doi: 10.1155/2019/2345283
80. **Torn, K. 2020.** Microplastics uptake and accumulation in the digestive system of the mud crab *Rhithropanopeus harrisi*. *Proc Estonian Acad Sci* 69: 35-42. doi: 10.3176/proc.2020.1.04
81. **Torre M, Digka N, Anastasopoulou A, Tsangaris C, Mytilineou C. 2016.** Anthropogenic microfibrils pollution in marine biota. A new and simple methodology to minimize airborne contamination. *Mar Pollut Bull* 113: 55-61. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.07.050.
82. **Valencia-Velasco F, Guabloche-Zuñiga A, Alvariño L, Iannacone J. 2020.** Estandarización de un protocolo para evaluar microplásticos en bivalvos marinos en el departamento de Lima, Perú. *Biologist (Lima)* 18: 119-134. doi: 10.24039/rtb2020181478
83. **Villagran DM, Truchet DM, Buzzi NS, Lopez ADF, Severini, MDF. 2020.** A baseline study of microplastics in the burrowing crab (*Neohelice granulata*) from a temperate southwestern Atlantic estuary. *Mar Pollut Bull* 150: 110686. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110686

84. **Viršek MK, Lovšin MN, Koren Š, Kržan A, Peterlin M. 2017.** Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*. *Mar Pollut Bull* 125: 301-309. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.08.024
85. **Waddell EN, Lascelles N, Conkle JL. 2020.** Microplastic contamination in Corpus Christi Bay blue crabs, *Callinectes sapidus*. *Limnol Oceanogr Lett* 5: 95-102. doi: 10.1002/lol2.10142
86. **Waite HR, Donnelly MJ, Walters LJ. 2018.** Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary. *Mar Pollut Bull* 129: 179-185. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.02.026
87. **Walkinshaw C, Lindeque PK, Thompson R, Tolhurst T, Cole M. 2020.** Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotox Environ Saf* 190: 110066. doi:10.1016/j.ecoenv.2019.-110066
88. **Watts AJ, Lewis C, Goodhead RM, Beckett SJ, Moger J, Tyler CR, Galloway, TS. 2014.** Uptake and retention of microplastics by the shore crab *Carcinus maenas*. *Environ Sci Technol* 48: 8823-8830. doi: 10.1021/es501090e
89. **Watts AJ, Urbina MA, Corr S, Lewis C, Galloway TS. 2015.** Ingestion of plastic microfibers by the crab *Carcinus maenas* and its effect on food consumption and energy balance. *Environ Sci Technol* 49: 14597-14604. doi:10.1021/acs.est.5b04026
90. **Watts AJ, Urbina MA, Goodhead R, Moger J, Lewis C, Galloway TS. 2016.** Effect of microplastic on the gills of the shore crab *Carcinus maenas*. *Environ Sci Technol* 50: 5364-5369. doi: 10.1021/acs.est.6b01187
91. **Welden NA, Cowie PR. 2016.** Environment and gut morphology influence microplastic retention in langoustine, *Nephrops norvegicus*. *Environ Pollut* 214: 859e865. doi: 10.1016/j.envpol.2016.03.067
92. **Welden NA, Abylkhani B, Howarth LM. 2018.** The effects of trophic transfer and environmental factors on microplastic uptake by plaice, *Pleuronectes platessa*, and spider crab, *Maja squinado*. *Environ Pollut* 239: 351e358. doi: 10.1016/j.envpol.2018.03.110
93. **Wright SL, Kelly FJ. 2017.** Plastic and human health: a micro issue? *Environ Sci Technol* 51: 6634-6647. doi: 10.1021/acs.est.7b00423
94. **Xu X, Wong CY, Tam NFY, Lo HS, Cheung SG. 2020.** Microplastics in invertebrates on soft shores in Hong Kong: Influence of habitat, taxa and feeding mode. *Sci Total Environ* 715: 136999. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.-136999
95. **Yu P, Liu Z, Wu D, Chen M, Lv W, Zhao Y. 2018.** Accumulation of polystyrene microplastics in juvenile *Eriocheir sinensis* and oxidative stress effects in the liver. *Aquat Toxicol* 200: 28-36. doi: 10.1016/j.aquatox.2018.-04.015