

Microplásticos y nanoplásticos en la cadena alimentaria. Situación actual

Informe aprobado por el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria en noviembre 2019

Resumen

El aumento de residuos de plásticos en el medio ambiente, sobre todo en mares y océanos, y presencia de formas microscópicas de los productos plásticos (micropartículas y nanopartículas) ha generado, a parte de una preocupación medioambiental, una inquietud desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, debido a que los microplásticos y nanoplásticos podrían incorporarse a la red trófica y, por lo tanto, estar presentes en los alimentos destinados a la alimentación humana.

Los microplásticos y nanoplásticos son formas microscópicas de los productos plásticos de tamaño inferior a 5 mm que derivan, en parte, de la fragmentación de los macropásticos que llegan mayoritariamente al medio acuático y que, por su difícil degradación, permanecen en el medio ambiente durante décadas.

Los microplásticos y nanoplásticos engloban una gran diversidad de tamaños (de 0,001 μm a 5.000 μm) y formas (fragmentos, pelets, perlas, fibras, espuma, películas), y pueden estar compuestos de diferentes tipos de materiales plásticos.

En los últimos años, varios estudios han detectado microplásticos en una amplia gama de concentraciones en aguas marinas, aguas residuales, agua dulce, alimentos, aire y agua potable, tanto en agua embotellada como del grifo. También se han detectado en las heces de humanos.

El documento revisa cuáles son los conocimientos actuales respecto a la presencia de microplásticos y nanoplásticos en la cadena alimentaria y sus posibles efectos sobre la salud humana.

Palabras clave

Microplásticos, nanoplásticos, alimentos, evaluación de riesgos.

Miembros del Comité Científico : Albert Bosch Navarro, Joaquim Castellà Espuny, Mariano Domingo Álvarez, Rosaura Farré Rovira, Margarita Garriga Turón, Jesús Gómez Catalán, Santiago Lavín González, Ma Teresa Dordal Culla, Abel Mariné Font, Martí Nadal Lomas, José Juan Rodríguez Jerez, Jordi Salas-Salvadó, Vicente Sanchís Almenar, Antonio Velarde Calvo i M. Carmen Vidal Carou (presidenta).

Grupo de trabajo: Jesús Gómez Catalán, Isabel Timoner Alonso, Victoria Castell Garralda, Jordi Salas-Salvadó, Vicente Sanchís Almenar i Martí Nadal Lomas.

Fecha de publicación: noviembre 2019

Microplàstics i nanoplàstics en la cadena alimentaria.

Situació actual

Resum

L'augment de residus de plàstics en el medi ambient, sobretot en mars i oceans, i la presència de formes microscòpiques dels productes plàstics (micropartícules i nanopartícules) ha generat, a part d'una preocupació mediambiental, una inquietud des del punt de vista de la seguretat alimentària, ja que els microplàstics i nanoplàstics podrien incorporar-se a la xarxa tròfica i, per tant, estar presents en els aliments destinats a l'alimentació humana.

Els microplàstics i els nanoplàstics són formes microscòpiques dels productes plàstics de mida inferior a 5 mm. Aquestes formes microscòpiques deriven, en part, de la fragmentació dels macroplàstics que arriben majoritàriament al medi aquàtic i que, per la seva difícil degradació, romanen al medi ambient durant dècades.

Els microplàstics i nanoplàstics engloben una gran diversitat de mides (de 0,001 μm a 5.000 μm) i formes (fragments, pèl·lets, perles, fibres, escuma, pel·lícules), i poden estar compostos de diferents tipus de materials plàstics.

En els darrers anys, diversos estudis han detectat microplàstics en una àmplia gamma de concentracions en aigües marines, aigües residuals, aigua dolça, aliments, aire i aigua potable, tant en aigua embotellada com de l'aixeta. També s'han detectat a la femta d'humans.

El document revisa quins són els coneixements actuals respecte a la presència de microplàstics i nanoplàstics a la cadena alimentària i els possibles efectes sobre la salut humana.

Paraules clau

Microplàstics, nanoplàstics, aliments, avaluació de riscos.

[2]

Microplastics and nanoplastics in the food chain.

Current situation

Abstract

The increase of plastic waste in the environment, especially in seas and oceans, and the presence of microscopic particles of plastic products (microparticles and nanoparticles) has generated –apart from an environmental concern, a food safety concern, as microplastics and nanoplastics could be incorporated in the food chain and therefore be present in food intended for human consumption.

Microplastics and nanoplastics are microscopic particles of plastic products less than 5 mm long, coming from the fragmentation of macroplastics that largely find their way into the aquatic environment and, due to their difficult degradation, remain the environment for decades.

Microplastics and nanoplastics encompass a broad range of sizes (from 0,001 μm to 5.000 μm) and particles (fragments, pellets, pearls, fibres, foam, films), and can be composed of different kinds of plastic materials.

In recent years, various studies have found microplastics in a wide range of concentrations in marine waters, wastewater, fresh water, food, the air and drinking water, both in bottled and tap water. Microplastics have also been found in human faeces.

The present document reviews what are the current knowledge on the presence of microplastics and nanoplastics in the food chain and their potential effects on human health.

Keywords

Microplastics, nanoplastics, food, risk assessment.

[3]

Algunos derechos reservados

© 2019, Generalitat de Catalunya



Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 International de Creative Commons

La licencia se puede consultar en la [página web de Creative Commons](#)

Edita:

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA)

1a edición:

Barcelona, noviembre de 2019

Asesoramiento lingüístico:

Secció de Planificació Lingüística del Departament de Salut

URL: <http://acsa.gencat.cat>

[4]

Índice

1.Preocupación e interés público.....	6
2.Microplàstics y nanoplàstics.....	8
2.1. ¿Qué son?.....	8
2.2. ¿Cuál es su origen?.....	8
2.3. ¿Cómo se pueden incorporar en los alimentos?	9
2.3.1. Ingesta por parte de animales directamente a partir del medio.....	9
2.3.2. Transferencia a través de la cadena trófica.....	10
3.Presencia en los alimentos	12
3.1. Metodología analítica	15
4.Peligros para la salud humana de los microplàstics en los alimentos	17
4.1. Absorción, distribución y acumulación de micropartículas y nanopartículas	17
4.2. Efectos asociados a las partículas en sí mismas	18
4.3. Efectos asociados a los componentes de los plàstics	19
4.4. Efectos asociados a otros contaminantes que pueden ser transportados por las partículas	20
4.5. Efectos asociados a contaminación microbiana	21
5.Exposición alimentaria a microplàstics y nanoplàstics	22
5.1. ¿Cuál es la exposición alimentaria a microplàstics?	22
5.2. Contribución de los microplàstics a la exposición global a la dieta con respecto a los contaminantes orgánicos persistentes y aditivos	23
5.3. Exposición a los nanoplàstics	23
6.Riesgos para la salud.....	24
6.1. Incertidumbres en la caracterización del peligro de los microplàstics	24
6.2 Incertidumbres en la caracterización del peligro de los nanoplàstics.	24
6.3. Incertidumbres en la estimación de la exposición a los microplàstics	25
6.4. Incertidumbres en la estimación de la exposición a nanoplàstics	25
7.Conclusiones	26
8.Bibliogràfia	28

1.Preocupación e interés público

Existe una creciente preocupación por la presencia de residuos de plástico en el medio ambiente, sobre todo en mares y océanos, y sus posibles efectos actuales y futuros sobre los seres vivos y los ecosistemas.

Especial interés y preocupación ha despertado la presencia de formas microscópicas de los productos plásticos (micropartículas y nanopartículas) que podrían incorporarse a la red trófica y, por lo tanto, estar presentes en los alimentos destinados a la alimentación humana. Estas formas microscópicas derivan, en parte, de la fragmentación de los macroplásticos que llegan mayoritariamente al medio acuático y que, por su difícil degradación, permanecen en el medio ambiente durante décadas.

En los últimos años, distintos estudios han detectado microplásticos en una gran variedad de organismos del zooplancton y también en especies de niveles tróficos superiores, tanto en invertebrados como vertebrados. Aparte del pescado y marisco, también se han identificado otras vías de entrada de microplásticos en la cadena alimentaria, como es el caso de la sal marina, la cerveza, la miel, el azúcar y el agua del grifo (JRC, 2017; EFSA, 2016).

Son frecuentes en los medios de comunicación las noticias que manifiestan su preocupación por los efectos que los microplásticos presentes en los alimentos puedan tener sobre la salud humana. La percepción de la opinión pública es que pueden constituir un nuevo paradigma de peligro para la salud: es más fácil imaginar unos fragmentos de plástico circulando por la sangre o insertados en los tejidos que visualizar moléculas de tóxicos o microorganismos. Las imágenes ampliamente difundidas de las "islas" de plásticos en océanos pueden reducirse fácilmente a una imagen de acumulación de microplásticos circulando por el organismo. Dicha preocupación se añade a la percepción cada vez más negativa de los plásticos en relación con la salud y el medio ambiente.

Dicha inquietud viene dada no solo por el efecto de las partículas de plástico como tales, sino también por la presencia de aditivos y contaminantes químicos que pueden liberarse de los microplásticos. La mayor parte de los microplásticos ingeridos se eliminarán por vía fecal sin absorberse pero algunos estudios experimentales indican que los microplásticos de menor tamaño presentes en los alimentos se pueden absorber y transferir a los tejidos. En cualquier caso, se absorban o no, las partículas pueden liberar aditivos y contaminantes que sí son fácilmente absorbidos y

[6]

transportados dentro del organismo. Entre los primeros, se encuentran los plastificantes, pigmentos y retardantes de llama; entre los segundos, existen varios contaminantes liposolubles, como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y bifenilos policlorados (PCB). Muchas de dichas sustancias presentan varios efectos tóxicos.

Las concentraciones ambientales de microplásticos aumentarán a medida que se van fragmentando los plásticos ya presentes en el medio, y, todavía más, si no se toman medidas para disminuir la emisión de plásticos.

A pesar de la existencia de varias iniciativas legales a nivel estatal y comunitario para reducir la contaminación ambiental por plásticos, en Europa no existe ninguna normativa que regule el contenido de microplásticos y nanoplásticos como contaminantes en los alimentos.

El tema de la contaminación de la cadena alimentaria a causa de la contaminación medioambiental por partículas de microplástico fue tratado por primera vez como un posible problema de seguridad alimentaria en el año 2013, en el seno de la reunión anual de la Red de intercambio de riesgos emergentes de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (Informe anual de la EFSA, EREN 2013).¹

Fruto de dicha preocupación y de una solicitud del Instituto Federal de Evaluación de Riesgos de Alemania (BfR)², en el 2016 la Comisión Técnica sobre Contaminantes de la Cadena Alimentaria (CONTAM) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) emitió una declaración sobre la presencia de microplásticos y nanoplásticos en los alimentos, con especial hincapié en los productos del mar.³

[7]

¹ European Food Safety Authority. Annual report of the Emerging Risks Exchange Network 2013. EFSA supporting publication. 2014: EN-682. 30 p. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/en-682>

² Register of questions [Internet]. EFSA. Disponible en: <http://registerofquestions.efsa.europa.eu/roqFrontend/questionLoader?question=EFSA-Q-2015-00159>

³ European Food Safety Authority. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. EFSA J. 2016;14(6):4501. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4501>

2. Microplásticos y nanoplásticos

2.1. ¿Qué son?

Son partículas de material plástico de tamaño inferior a 5 mm de diámetro y, a menudo, microscópicas. Aunque no existe una definición inequívoca, la EFSA considera los microplásticos como una mezcla heterogénea de partículas con diámetro de entre 0,1 y 5000 μm . Se consideran *nanoplásticos* aquellos con al menos una dimensión de entre 0,001 y 0,1 μm (tabla 1).

Se entiende por *plástico* cualquier material polimérico de origen sintético. Los polímeros presentes en la mayoría de los microplásticos y nanoplásticos son el polietileno, el polipropileno y el poliestireno (EFSA, 2016).

Tabla 1. Clasificación de las partículas de plástico que contaminan el medio ambiente según su tamaño

Tipo de partícula	Tamaño (μm)
Microplásticos	0,1-5.000 (diámetro)
Nanoplásticos	0,001-0,1 (al menos una dimensión)

Fuente: ACSA.

2.2. ¿Cuál es su origen?

Las partículas de plástico presentes en el medio ambiente pueden tener un origen diverso:

a) Por fragmentación de productos plásticos de mayor tamaño emitidos en el medio.

La producción de plásticos ha aumentado desde 1,5 millones de toneladas en la década de los años cincuenta a los más de 300 millones de toneladas de 2017, y cada año al menos 8 millones de toneladas acaban en nuestros océanos (JRC, 2017). La mayoría de los plásticos que llegan al medio acuático no se degradan fácilmente y permanecen en el ambiente durante años. Durante su permanencia en el medio, se pueden ir fragmentando hasta que producen partículas de tamaño microscópico.

b) Materiales fabricados intencionadamente en forma de micropartículas o nanopartículas.

Se utilizan en muy diversas aplicaciones como dentífricos, cremas exfoliantes o polvo de plástico de uso industrial.

[8]

c) Se pueden formar durante el uso de productos de plástico, y se liberan en el medio en forma de partículas.

Por ejemplo, el polvo generado por el desgaste de neumáticos o microfibras textiles que se desprenden de los tejidos sintéticos durante su uso o durante el lavado.

Los microplásticos (o nanoplásticos) cuyo origen es la fragmentación de materiales plásticos emitidos al ambiente son denominados *microplásticos* (o *nanoplásticos*) *secundarios*. Aquellos fabricados de forma deliberada como micropartículas se denominan *microplásticos* (o *nanoplásticos*) *primarios*. No existe un criterio unificado con respecto a la clasificación de aquellos emitidos como micropartículas como consecuencia de la utilización (de tipo 3). Con las definiciones de la EFSA (2016), se considerarían como secundarios, pero con los criterios del documento publicado por el JRC (2017) se clasificarían como primarios.

2.3. ¿Cómo se pueden incorporar en los alimentos?

Los microplásticos pueden estar presentes en alimentos por simple deposición en su superficie. Los microplásticos, especialmente las microfibras, forman parte del polvo atmosférico que se deposita sobre los alimentos a lo largo de toda la cadena de producción y consumo. Asimismo, pueden depositarse partículas generadas específicamente por los materiales en contacto con los alimentos, por ejemplo, auxiliares tecnológicos, agua, aire o liberación de maquinaria, equipamiento y textiles. Por lo tanto, es posible que la cantidad de microplásticos aumente durante el tratamiento de los alimentos.

Los ejemplos mejor estudiados corresponden a alimentos de origen marino, en el que el animal ha ingerido estas partículas a partir del medio. En este caso, la mayor parte de las partículas se encuentran en el tubo digestivo (parte del animal que normalmente no es consumida). Algunos autores indican que la deposición sobre el alimento puede contribuir más a la exposición humana a microplásticos que el consumo de alimentos de origen marino (Rist *et al.*, 2018).

2.3.1. Ingesta por parte de animales directamente a partir del medio

Los microplásticos pueden ser ingeridos por muchos invertebrados marinos, dado que su tamaño es parecido al de ciertos componentes del plancton (Browne *et al.*, 2008). Cole *et al.* (2013) demostraron que 13 taxones de zooplancton tenían la capacidad de ingerir perlas de poliestireno de entre 1,7 y 30,6 μm , con una ingesta que variaba según el estadio de desarrollo y el tamaño de las perlas. Del mismo modo, se ha demostrado la ingesta de microesferas de poliestireno de 10 μm por

[9]

copépodos, cladóceros, rotíferos, poliquetos y sus larvas, bivalvos, equinodermos, briozoos y ciliados (Ward y Shumway, 2004; Setälä *et al.*, 2014).

También se ha demostrado la ingesta de microplásticos por otros invertebrados, con una amplia gama de estrategias de alimentación, incluyendo a los filtradores y los detritívoros como el pepino de mar (Thompson *et al.*, 2004; Browne *et al.*, 2008; Graham y Thompson, 2009). En un estudio de laboratorio diseñado para imitar un ecosistema costero, Setälä *et al.* (2016) compararon la ingesta de microplásticos por invertebrados marinos de diferentes hábitos alimentarios (bivalvos, crustáceos bentónicos y de natación libre, y sedimentívoros). Los autores detectaron que todos los organismos ingirieron microesferas de 10 µm, y fueron los bivalvos (*Mytilus trossulus* y *Macoma balthica*) los organismos que ingirieron la mayor cantidad. A partir de estos resultados, los autores llegaron a la conclusión de que la ingesta de microplásticos por los invertebrados marinos dependía de la concentración de partículas y del modo de alimentación.

Los microplásticos también pueden acumularse en sedimentos (Thompson *et al.*, 2004) y, por lo tanto, pueden estar disponibles para especies bentónicas. En playas muy contaminadas, la concentración de microplásticos de <1 mm puede llegar al 3 % de peso y es un potencial sustrato para la adherencia de contaminantes orgánicos (Wright *et al.*, 2013) y la colonización de bacterias (Zetter *et al.*, 2013).

2.3.2. Transferencia a través de la cadena trófica

Las pruebas experimentales indican que los microplásticos poseen el potencial de ser transferidos hacia niveles tróficos superiores. Farrell y Nelson (2013) demostraron la transferencia trófica entre mejillones y cangrejos. Murray y Cowie (2001) evidenciaron la adquisición de microplásticos por cigalas (*Nephrops norvegicus*) a través de su alimentación. Asimismo, se han hallado partículas de plástico en los excrementos de leones marinos (*Arctocephalus* spp.) que se cree que las habían ingerido a través del pescado que forma parte de su dieta (Eriksson y Burton, 2003). Estudios recientes han documentado la transferencia trófica de microplásticos a la naturaleza y en condiciones de laboratorio, lo que indica que los plásticos de tamaño microscópico y nanoscópico pueden transferirse a diferentes redes alimentarias. Estos hallazgos suscitan preocupaciones con respecto a la bioacumulación y biomagnificación de los microplásticos, y pueden aumentar los riesgos y efectos tóxicos en los depredadores (Barboza *et al.*, 2018).

[10]

Los microplásticos de origen marino podrían incorporarse en alimentos de origen terrestre a causa de la utilización de derivados del pescado en la fabricación de piensos (Bouwmeester *et al.*, 2015).

En todo caso, parece que la absorción de microplásticos es muy limitada (Wright y Kelly, 2017). La mayor parte de las micropartículas se encuentra en el tubo digestivo de los animales. Por lo tanto, no parece que pueda dar lugar a fenómenos de bioconcentración y biomagnificación de las mismas partículas, aunque podría contribuir a la biomagnificación de sustancias químicas que puedan vehicular dichas partículas.

[11]

3. Presencia en los alimentos

Se ha demostrado la presencia de microplásticos en muchos alimentos, pero los datos al respecto son muy limitados, en parte por la dificultad de las metodologías analíticas para su detección.

Se han descrito microplásticos en productos del mar (pescados, gambas y bivalvos) y también en la miel, cerveza, azúcar, sal de mesa, agua embotellada y agua del grifo (EFSA, 2016; JRC, 2017; WHO, 2019). Barboza *et al.* (2018) y Toussaint *et al.* (2019) han revisado recientemente los datos publicados sobre la presencia de microplásticos en los alimentos, y Koelmans *et al.* (2019) han revisado los datos publicados sobre la presencia de los microplásticos en el agua potable.

Según el estudio de Liebezeit y Liebezeit (2013), se han encontrado fragmentos de microplásticos y fibras en muestras de miel de distintos orígenes, mayoritariamente de Alemania, con un contenido de fibras que oscila entre 0,04 y 0,66 fibras/g (valor promedio de $0,17 \pm 0,15$ fibras/g), mientras que el número de fragmentos fue menos abundante (0,009 fragmentos/g). Los autores indican que el origen de su presencia podría ser ambiental, partículas transportadas por abejas a la colmena, o por contaminación durante el tratamiento de la miel o ambos. Los mismos autores también detectaron fibras y fragmentos en muestras comerciales de azúcar. Además, se observó material granular, no de polen, tanto en muestras de miel como de azúcar.

En el estudio de 24 marcas de cerveza de Liebezeit y Liebezeit (2014), la mayoría de las muestras contenían microplásticos, con un intervalo de contenido de 0,002 hasta 0,079 fibras/mL, de 0,012 a 0,109 fragmentos/mL, y de 0,002 a 0,066 gránulos/mL, con una alta variabilidad entre muestras individuales y muestras de distintas fechas de producción. Según los autores, el origen de su presencia podría ser por contaminación por las partículas atmosféricas en el aire, los materiales utilizados en el proceso de producción de cerveza, las impurezas no deseadas en la superficie de las botellas y las partículas contaminantes de materias primas utilizadas para la producción de cerveza.

El estudio de Yang *et al.* (2015) describe la presencia de microplásticos en 15 marcas chinas de sal de mesa con un contenido de microplásticos de 0,55-0,68 partículas/g en sales de mar, 0,043-0,36 partículas/g en sales de lago y 0,007-0,20 partículas/g en sales de roca. En las sales de mar, los fragmentos y las fibras eran los tipos de partícula más frecuentes en comparación con los pellets y las láminas. Las partículas de 45 a 4.300 μm y los microplásticos $<200 \mu\text{m}$ representaban el 55 % del total. Los

[12]



tipos de plástico más habituales fueron el tereftalato de polietileno, seguido del polietileno y el celofán en sales de mar. La abundancia de microplásticos en las sales marinas era significativamente mayor que la de las sales de lagos y las sales de roca o pozo, lo que según los autores posiblemente indica que los productos marinos, como la sal, están especialmente sometidos a la contaminación por parte de los microplásticos.

Con respecto al pescado, solo se dispone de datos sobre microplásticos del tracto digestivo, que normalmente es una parte del animal que no se consume. Es probable que la parte de microplásticos de la parte comestible del pescado sea insignificante para la exposición de los consumidores. No pasa lo mismo con los bivalvos, que son organismos filtradores, como los mejillones, ya que acumulan microplásticos en el tubo digestivo y, a diferencia del pescado, se consumen enteros. Por lo tanto, según la EFSA, su consumo representa un escenario conservador de la exposición dietética a microplásticos de los productos del mar en general.

En un estudio con peces pelágicos y demersales del canal de la Mancha, se observó que una tercera parte de los peces estudiados presentaban microplásticos en el tracto digestivo; el número medio de partículas fue de 1,9 partículas por tubo intestinal, y los tamaños de los microplásticos oscilaron entre 130 y más de 5.000 μm (Lusher *et al.*, 2013).

Un estudio sobre el contenido estomacal de distintas especies de pescados comerciales de Portugal detectó una media de $1,40 \pm 0,66$ partículas/pescado, de tamaños de entre 220 y 4.800 μm (Neves *et al.*, 2015).

De entre los 535 peces recogidos en un estuario del golfo de México y sus afluentes, el 8 % de los peces de agua dulce y el 10 % de los peces marinos tenían microplásticos en el tubo intestinal (Phillips y Bonner, 2015). El porcentaje de presencia de microplásticos ingeridos por pescados en ríos de áreas no urbanizadas era inferior al de los pescados procedentes de un río urbanizado (29 %). El porcentaje de presencia de microplásticos por hábitats (es decir, bentónico, pelágico) y comunidades tróficas fue similar.

La presencia de residuos plásticos de origen antropogénico en el tubo digestivo de pescados destinados al consumo humano de Indonesia y California (EE.UU.) fue evaluado por Rochman *et al.* (2015). En las muestras de Indonesia se encontraron microplásticos en el 28 % de los ejemplares y el 55 % del total de las 11 especies investigadas (5,03 partículas/pescado). En las muestras de California se observaron microplásticos en el 25 % de los ejemplares (2,03 partículas/pescado) y en un 67 %

[13]

de las 12 especies investigadas. Los microplásticos recuperados de pescados de Indonesia eran fragmentos, poliestireno o film, mientras que los recuperados de pescados de los EE.UU. eran principalmente fibras.

Rummel *et al.* (2006) investigaron la presencia de plásticos y microplásticos en especies de peces pelágicos (arenques y caballas) y demersales (bacalao y peces planos) del mar del Norte y del mar Báltico, y detectaron partículas de plástico en un 5,5 % de las muestras examinadas. Un 74 % de todas las partículas eran del tamaño de los microplásticos (<5 mm) (1-7 partículas/pescado), y casi el 40 % de las partículas consistían en poliestireno. La ingesta de plástico fue significativamente mayor en especies de alimentación pelágica que en las especies de alimentación demersal (10,7 % vs. 3,4 %). Sin embargo, se ignora si los pescados examinados en los diversos estudios consumieron los plásticos directamente o los adquirieron mediante transferencia trófica.

Se han detectado fibras sintéticas de tamaños comprendidos entre 200 y 1.000 μm en quisquillas (*Crangon crangon*) del canal de la Mancha. Las fibras aparecen en el 63 % de los ejemplares, con una media de $0,68 \pm 0,55$ microplásticos/g ($1,23 \pm 0,99$ microplásticos/gamba) (Devriese *et al.*, 2015).

Los mejillones (*Mytilus edulis*) criados en el mar del Norte y los ostiones (*Crassostrea gigas*) criados en el océano Atlántico muestran un contenido medio de 0,36 y 0,47 partículas/g, respectivamente (Van Cauwenberghe y Janssen, 2014). Después de un período de depuración de tres días, el contenido de microplásticos disminuyó a 0,24 y 0,35 partículas/g, respectivamente. La depuración provocó la eliminación de todos (mejillones) o la mayoría (ostiones) de los microplásticos mayores, es decir, de 25 mm de longitud; en los mejillones, los microplásticos más abundantes después de la depuración del intestino eran las partículas de 5 a 10 μm , mientras que en los ostiones las partículas más abundantes eran del tamaño de 11 a 15 μm (30 %) y de 16 a 20 μm (33 %).

Nueve especies chinas de bivalvos comerciales presentaron más cantidad de microplásticos, de entre 2,1 y 10,5 partículas por ejemplar (Li *et al.* 2015). El tamaño de las partículas halladas oscilaba entre 5 y 5.000 μm , y un 60 % de los microplásticos tenían un tamaño de 5 a 250 μm . Se observaron distintos tipos de microplásticos en el tejido de todos los bivalvos, siendo las fibras la forma más habitual, dado que representaban en la mayoría de los casos más de la mitad de los microplásticos totales.

[14]

Otro estudio encontró microplásticos en el 33 % de las muestras de ostiones (*Crassostrea gigas*) que se vendían para el consumo humano en California de los EE.UU. (Rochman *et al.*, 2015). La media de la longitud de las fibras recuperadas de los ostiones era de 5.500 μm , y su anchura oscilaba entre 20 y 50 μm .

Según el informe de la EFSA de 2016, no existen estudios sobre el destino de los microplásticos o nanoplásticos durante el tratamiento de los productos de la pesca. Normalmente, el pescado se limpia y eviscera, eliminándose el tracto digestivo. Como la mayoría de los microplásticos se encuentran en el tubo digestivo, su eliminación disminuye la exposición con respecto a la ingesta de pescados enteros. No obstante, recientemente se ha demostrado la presencia de microplásticos en el tejido muscular de peces y crustáceos (Abassi *et al.*, 2018).

Se desconoce cuál puede ser el efecto del tratamiento de los alimentos sobre el contenido de microplásticos. En todo caso, es probable que los procesos industriales, el envasado y los procesos culinarios contribuyan a un incremento de la presencia de microplásticos generados durante dichos procesos. Por ejemplo, en el agua embotellada se han hallado partículas de plástico aparentemente originadas en el mismo envase (Toussaint *et al.*, 2019).

3.1. Metodología analítica

Existen pocos métodos disponibles y poco eficientes para identificar y cuantificar micropartículas de plástico en muestras biológicas (Nguyen *et al.*, 2019; Shim *et al.*, 2017). Los materiales plásticos suelen ser transparentes a través de los métodos de observación microscópica y, por lo tanto, son difíciles de detectar, identificar y cuantificar dentro de una matriz biológica. Los métodos más habituales implican la degradación y disolución de la materia biogénica, con el fin de aislar e identificar las partículas de plástico. Se aplican métodos con digestión ácida, alcalina y/u oxidante y temperatura elevada. Estos métodos también degradan parcialmente algunos plásticos, por lo que presentan inconvenientes para la medición de la cantidad de plásticos en alimentos. También se han aplicado métodos enzimáticos. En el caso de partículas relativamente grandes ($>500 \mu\text{m}$), la disección visual puede constituir una opción. Una vez separados, los plásticos pueden identificarse y cuantificarse mediante varias técnicas instrumentales (microscopia, espectroscopia, espectrometría de masas) con distintas características de sensibilidad, rendimiento y resolución espacial.

[15]

Estas dificultades técnicas hacen que los datos de que disponemos acerca de los microplásticos en alimentos sean escasos y, posiblemente, infravaloren su presencia real, especialmente de las partículas de menor tamaño.

No se dispone de métodos para determinar nanoplásticos en los alimentos.

4. Peligros para la salud humana de los microplásticos en los alimentos

Los seres humanos pueden estar expuestos a microplásticos y nanoplásticos por inhalación (Gasperi *et al.*, 2018), ingestión o vía tóxica. Los peligros para la salud asociados a la exposición a los microplásticos no están bien caracterizados. A continuación, se exponen algunos de sus posibles efectos, clasificados en cuatro categorías en función de los mecanismos y agentes implicados (Smith *et al.*, 2018; Rist *et al.*, 2018; Wright y Kelly, 2017): efectos asociados a *a*) las partículas en sí mismas, *b*) a los componentes químicos que puedan migrar desde las partículas, *c*) a otros contaminantes ambientales que puedan ser transportados por las partículas y *d*) a la contaminación microbiana de las partículas.

4.1. Absorción, distribución y acumulación de micropartículas y nanopartículas

Independientemente del mecanismo, un factor determinante del potencial riesgo de los microplásticos es hasta qué punto pueden ser absorbidos y acumulados en el organismo. Según el documento de la EFSA (2016), existe una falta de información sobre el destino de microplásticos y nanoplásticos en el tubo intestinal. Además, la EFSA indica que se desconoce si los nanoplásticos se pueden formar a partir de la degradación de microplásticos en las condiciones ambientales del tubo intestinal humano. Finalmente, los datos de los que dispone la EFSA solo se refieren a la toxicocinética de su absorción y distribución, sin que haya información sobre su metabolismo y excreción.

En el caso de la ingesta alimentaria, existen cuestiones importantes por determinar. Este es el caso de si, tras la ingesta, microplásticos y nanoplásticos quedan confinados a la luz intestinal o puede producirse una translocación a través del epitelio. La translocación implicaría que órganos y tejidos estarían expuestos a estas partículas. Con respecto a los microplásticos, el informe de la EFSA de 2016 indica que no existen datos *in vivo* en seres humanos sobre la absorción de los microplásticos. Los estudios de mamíferos han detectado micropartículas con tamaños de hasta 150 μm en la linfa, y un estudio detectó partículas de PVC (110 μm) en la vena porta en perros. Las placas de Peyer en el íleon podrían ser el lugar en el que se produjera la mayor parte de la absorción intestinal de partículas. Es muy probable que los microplásticos de tamaño $>150 \mu\text{m}$ no sean absorbidos y solo tengan efectos locales sobre el sistema inmunitario y los procesos de inflamación del intestino. Los microplásticos más pequeños ($<150 \mu\text{m}$) pueden provocar una

[17]

exposición sistémica, pero, según la EFSA, los datos disponibles demuestran que la absorción es muy baja (< 0,3 %) y solo la fracción más pequeña (tamaño de <1,5 µm) podría penetrar y llegar a algunos órganos.

En el año 2019 investigadores del Instituto Federal de Evaluación de Riesgos de Alemania (BfR) han publicado los resultados de un estudio sobre la absorción y los efectos de partículas de microplásticos de poliestireno en sistemas *in vitro* en personas e *in vivo* en roedores (Stock *et al.*, 2019).

Los datos *in vivo* demuestran la ausencia de lesiones detectables histológicamente y de respuestas inflamatorias. Las partículas no interfirieron en la diferenciación y activación del modelo de macrófagos humanos. Los autores ponen de manifiesto que los resultados actuales parecen indicar que la exposición oral a partículas de microplástico de poliestireno en las condiciones experimentales escogidas no presenta riesgos inmediatos relevantes para los mamíferos. No obstante, señalan explícitamente que todavía existen grandes lagunas en los datos sobre el tamaño y material de los microplásticos. Por lo tanto, consideran que no se pueden sacar conclusiones acerca de los datos generados sobre los efectos en el intestino de los microplásticos hechos de otros plásticos. Por lo tanto, se necesitan más estudios experimentales para analizar la absorción de microplásticos y realizar una evaluación de riesgos.

Con respecto a los nanoplásticos, se ha demostrado la translocación a través del epitelio para muchos tipos de nanopartículas, que posteriormente pueden llegar a muchos órganos, incluido el cerebro. Además de la barrera hematoencefálica, también se cree que pueden cruzar la barrera placentaria. La EFSA destaca que debe tenerse en cuenta que solo se han estudiado nanopartículas de poliestireno y que la captación y toxicidad dependen mucho de la naturaleza química del material, junto con el tamaño, forma y otras propiedades fisicoquímicas. Por lo tanto, las extrapolaciones de estudios sobre un tipo de nanomaterial deberán realizarse con cautela.

Los microplásticos son resistentes a la biodegradación y, por lo tanto, una vez absorbidos, persistirán en el organismo si no son excretados. Se ha observado excreción de micropartículas por las vías biliar y urinaria, y por la leche.

4.2. Efectos asociados a las partículas en sí mismas

En la declaración de la EFSA de 2016, la Comisión Técnica CONTAM de la EFSA no identificó ningún estudio en roedores sobre la toxicidad *in vivo* o *in vitro* de microplásticos o nanoplásticos, sobre el que poder basarse para realizar una

evaluación de riesgos de la toxicidad de microplásticos y nanoplasticos tras la absorción oral en seres humanos.

Los plásticos se consideran, en general, como materiales inertes; no obstante, a causa de sus propiedades superficiales, los nanopolimeros pueden adsorber macromoléculas como proteínas y lípidos de los fluidos biológicos, generándose una capa superficial formada principalmente por proteínas denominada *corona*. Esta corona puede modificar las interacciones de la partícula con las células del organismo condicionando su toxicidad.

Se han propuesto mecanismos por los que los microplásticos podrían causar daños como embolización vascular, respuestas inflamatorias asociadas a la acción de células fagocíticas sobre las partículas o potenciación de la respuesta (auto)inmunitaria en biomoléculas adsorbidas en la superficie de las partículas. Estos tipos de efectos se han podido demostrar con varios nanomateriales, con partículas atmosféricas y con las partículas plásticas producidas por la abrasión de implantes (Wright y Kelly, 2017). Recientemente, estudios *in vitro* han demostrado que microplásticos y nanoplasticos pueden producir citotoxicidad por mecanismos de estrés oxidativo (Schirinzi *et al.*, 2017). También se ha publicado un estudio *in vivo* en roedores expuestos a micropartículas (5 y 20 μm) de poliestireno (Deng *et al.*, 2017). Los resultados indican que los microplásticos se acumulan en el hígado, riñón e intestino, con una cinética de acumulación de tejidos y un patrón de distribución que depende en gran medida del tamaño de las partículas de microplásticos. Además, el análisis de múltiples biomarcadores bioquímicos y perfiles metabolómicos apunta que la exposición produjo perturbaciones en el metabolismo energético y de los lípidos, así como estrés oxidativo.

Los datos del estudio del BfR de 2019 (Stock *et al.*, 2019) no evidenciaron lesiones detectables histológicamente ni respuestas inflamatorias en los estudios *in vivo* con ratones por la exposición a partículas de microplásticos de poliestireno.

[19]

4.3. Efectos asociados a los componentes de los plásticos

El plástico está formado por un polímero orgánico sintético al que se incorporan aditivos químicos durante la fabricación. Estos aditivos se añaden para inhibir la fotodegradación, para mejorar la fuerza, rigidez, flexibilidad, color, inflamabilidad y para prevenir la proliferación microbiana. Como no están químicamente ligados al plástico y son de bajo peso molecular, dichos aditivos son susceptibles de lixiviación. En algunos plásticos, los aditivos pueden constituir una fracción mayoritaria de su composición.

La continua fragmentación de los microplásticos expondrá constantemente nuevas superficies, y facilitará la migración de aditivos desde el núcleo hasta la superficie de la partícula.

Si los microplásticos son capaces de acumularse en el organismo, pueden suponer una fuente de productos químicos en tejidos y fluidos. Es preciso tener en cuenta que algunos aditivos químicos y monómeros pueden tener efectos sobre la salud, incluida la toxicidad para la reproducción (p. ej., bis (2-etilhexil) ftalato [DEHP] y bisfenol A [BPA]), carcinogenicidad (p. ej., cloruro de vinilo y butadieno) y mutagenicidad (p. ej., benceno y fenol). Algunos de los aditivos más nocivos incluyen retardantes de llama bromatos, plastificantes como los ftalatos y compuestos metálicos estabilizantes del calor.

Además de los aditivos, los microplásticos pueden liberar monómeros residuales que no se hayan incorporado a la matriz polimérica, así como productos de degradación que se hayan formado en la superficie por reacciones químicas o fotoquímicas durante la estancia en el medio ambiente.

4.4. Efectos asociados a otros contaminantes que pueden ser transportados por las partículas

Los residuos plásticos son un material hidrofóbico con una superficie cargada y/o un biofilm cargado, lo que implica que dicho material estará contaminado por productos químicos como contaminantes orgánicos persistentes, plaguicidas y metales pesados. Estos productos químicos se adsorben y se liberan del plástico, dependiendo de las condiciones ambientales. Por lo tanto, el estado químico y los riesgos toxicológicos del plástico contaminado difieren en el tiempo y el espacio durante el ciclo de vida de una partícula de plástico en el medio. La concentración de contaminantes en el plástico puede ser hasta un millón de veces superior a la del medio (Mato *et al.*, 2001), y actúa como potencial fuente y vector para dichas sustancias químicas.

El informe de la EFSA (2016) indica que en los microplásticos recogidos en el mar se ha detectado la presencia de PCB, HAP y plaguicidas organoclorados (DDE), que oscilan entre 1 y 200 ng/g, 4 y 10.000 ng/g, y 0,1 y 250 ng/g, respectivamente. En conjunto, en microplásticos depositados en las playas, se han detectado incluso mayores concentraciones (PCB de 0,01-2.750 ng/g; HAP de 90-24.000 ng/g; DDT, DDD y DDE de 2-1.061 ng/g).

Se ha demostrado que los contaminantes orgánicos como los PCB se trasladan del plástico a organismos que viven en el sedimento (Teuten *et al.*, 2007) y a los piojos de aves marinas (Teuten *et al.*, 2009). Existen estudios que demuestran la

[20]

transferencia de contaminantes orgánicos persistentes (COP); por ejemplo, dioxinas, PCB y éteres difenílicos polibromatos (PBDE), y su biomagnificación a través de las redes tróficas marinas, lo cual se ha asociado a la presencia de plásticos oceánicos (Ogata *et al.*, 2009; Hu *et al.*, 2005).

El alcance de la transferencia depende de características como el coeficiente de partición octanol-agua y la tasa de transformación metabólica del compuesto (Wan *et al.*, 2005). Otros factores que deben considerarse para la transferencia de COP asociados a microplásticos son el tiempo de retención en el intestino (que depende del organismo) y la fracción de microplásticos consumidos, que pueden moverse a través del epitelio intestinal y en otros tejidos u órganos.

Los contaminantes inorgánicos, como los metales, también pueden ser adsorbidos en los microplásticos del medio acuático. Los gránulos de plástico recogidos a lo largo de las costas suroeste de Gran Bretaña contienen concentraciones de metal similares, y en algunos casos superiores, a las de los sedimentos de estuarios locales (Holmes *et al.*, 2012).

Los microplásticos podrían ser un vehículo para transportar metales en ambientes marinos y de agua dulce por su potencial para adsorber importantes concentraciones de metales y pueden permanecer suspendidos durante largos periodos de tiempo, lo que permite su distribución con los movimientos del agua (EFSA, 2016). No existen estudios que evalúen la contribución de los metales adsorbidos a los microplásticos en los alimentos.

No existe información disponible sobre contaminación química en nanoplásticos.

4.5. Efectos asociados a contaminación microbiana

La EFSA indica que los residuos plásticos pueden actuar como sustrato para distintas comunidades microbianas (Harrison *et al.*, 2011, 2014; Zettler *et al.*, 2013; McCormick *et al.*, 2014). Además, en el mar se ha demostrado que estas comunidades que proliferan en los plásticos difieren de las comunidades microbianas de las aguas circundantes (Zettler *et al.*, 2013). Entre los organismos que colonizan el plástico, encontramos aquellos que los pueden degradar y otros patógenos, pero se desconoce la relevancia que ello puede tener para la alimentación y la salud humana.

No existe información disponible sobre contaminación microbiológica en nanoplásticos.

[21]

5. Exposición alimentaria a microplásticos y nanoplásticos

5.1. ¿Cuál es la exposición alimentaria a microplásticos?

Vista la escasez de datos de concentración de microplásticos en alimentos y las deficiencias de las metodologías utilizadas para su determinación, es difícil realizar una evaluación fiable de la exposición alimentaria. Además, con respecto al pescado, solo se dispone de datos sobre microplásticos presentes en el tubo digestivo, que normalmente no se consume. Es probable que la parte de microplásticos de la parte comestible sea insignificante para la exposición de los consumidores. No pasa lo mismo con los bivalvos que son organismos filtradores, como los mejillones, ya que acumulan microplásticos en el tubo digestivo y, a diferencia del pescado, se consumen enteros.

En el dictamen de 2016, la EFSA realiza la evaluación de la exposición alimentaria a los microplásticos de los productos del mar, para la ingesta de mejillones, utilizando un escenario muy conservador y asumiendo los supuestos más desfavorables, como el mayor tamaño de ración de mejillones, la mayor concentración de microplásticos detectada en mejillones y la mayor concentración de contaminantes detectados, lo que corresponde a los microplásticos recogidos en la playa.

- Para calcular la ración, considera los datos de Lucas *et al.* (1995), que determinaron el tamaño de las raciones de mejillones consumidas por mujeres voluntarias francesas cuando visitaban la cafetería de un gran centro hospitalario (n = 21) y de un centro de investigación (n = 25). Los datos pusieron de manifiesto que la ración media de mejillones era de 200 g sin concha. Suponiendo que generalmente los hombres comen más que las mujeres, se calcula que la ración media de un hombre adulto es de 225 g de mejillones.
- Con respecto a datos de presencia de microplásticos, el informe considera los datos obtenidos en mejillones de China, que son los que contienen más microplásticos, con un valor promedio de 4 partículas/g (Li *et al.*, 2015). El consumo de esta ración de 225 g supondría una ingesta de unas 900 partículas de plástico, lo que según los cálculos explicados en el documento de la EFSA representaría 7 µg de plástico.
- Con respecto a la exposición a los COP adsorbidos en los microplásticos, los microplásticos depositados en las playas son los que poseen las mayores

[22]



concentraciones (PCB hasta 2.750 ng/g y HAP hasta 24.000 ng/g), y en este escenario conservador los microplásticos suponen una ingesta de aproximadamente 19 pg de PCB y 170 pg de HAP.

- Con respecto a la estimación de la exposición a los aditivos en los microplásticos, la EFSA considera que por término medio el 4 % del peso de los plásticos que predominan en los microplásticos son aditivos. Por lo tanto, utilizando el mismo ejemplo de los mejillones, la ración de 7 µg de microplásticos debería contener aproximadamente 0,28 µg de aditivos (4 % de 7 µg).

5.2. Contribución de los microplásticos a la exposición global a la dieta con respecto a los contaminantes orgánicos persistentes y aditivos

En la evaluación sobre la presencia de PCB y dioxinas en alimentos y piensos comercializados en el mercado europeo, la EFSA estimó una exposición media a PCB no similares a las dioxinas de 0,3 a 1,8 µg de PCB por día para una persona de 70 kg (EFSA, 2012). Con respecto a los HAP, la EFSA estimó que la exposición media para los consumidores de la UE era de 3,8 µg por día (EFSA, 2008). Por lo tanto, en el escenario de exposición alimentaria a microplásticos calculado previamente asumiendo un consumo elevado de mejillones contaminados e, incluso, en el supuesto en el que los PCB y los HAP se liberaran completamente de los microplásticos ingeridos, el consumo de estos mejillones ejercería un pequeño efecto en la exposición a los PCB (aumento <0,006 %) y de HAP (aumento <0,004 %).

Si se toma el bisfenol A como ejemplo de aditivo, la ración de mejillones podría contener 0,28 µg de bisfenol A. En un escenario conservador, se podría considerar que todo el bisfenol A se liberaría completamente del microplástico. La EFSA, en su dictamen de 2015, estimó que la exposición media al bisfenol A para la población adulta a partir de fuentes dietéticas y no dietéticas era de 0,19-0,20 µg/kg de peso corporal/día (EFSA CEF Panel, 2015). Por lo tanto, un hombre adulto de 70 kg ingeriría una media de unos 14 µg de bisfenol A por día. Por lo tanto, el bisfenol A proveniente de los microplásticos de los mejillones (0,28 µg) solo representaría una pequeña parte, en torno al 2 % de la exposición total. La EFSA indica que no se espera que la contribución relativa a la exposición a otros aditivos de los microplásticos sea considerablemente distinta.

5.3. Exposición a los nanoplásticos

Con respecto a los nanoplásticos, la EFSA indica que no puede estimarse la exposición, dado que no existen datos disponibles de nanoplásticos en alimentos.

6. Riesgos para la salud

Los datos disponibles con respecto a la presencia de microplásticos en alimentos, la biodisponibilidad, toxicidad y toxicocinética, y la correspondiente exposición humana, son escasos, y están sometidos a muchas incertidumbres. Con respecto a los nanoplásticos estas incertidumbres todavía son mayores, y falta información con respecto a los nanoplásticos en la mayoría de las áreas para poder realizar una evaluación de riesgos.

6.1. Incertidumbres en la caracterización del peligro de los microplásticos

- Faltan datos toxicológicos sobre los efectos de los microplásticos como tales para evaluar el riesgo en el ser humano.
- Existe falta de información sobre los efectos locales de los microplásticos en el tubo digestivo o sobre la microbiota.
- La información disponible sobre la absorción intestinal y la distribución de las partículas de microplásticos en el organismo es muy limitada. La absorción es menor para las partículas mayores y prácticamente nula por encima de 150 μm , pero no existe bastante información cuantitativa ni sobre los mecanismos implicados, el efecto de su forma y composición. Prácticamente no existe información disponible sobre el metabolismo y excreción.

Por el contrario, sí que se conoce bastante bien la toxicidad de buena parte de los aditivos y de los contaminantes ambientales que pueden liberarse de las partículas de microplásticos.

6.2 Incertidumbres en la caracterización del peligro de los nanoplásticos

- Se desconoce si los microplásticos ingeridos pueden degradarse a nanoplásticos en el tubo digestivo.
- Los nanoplásticos pueden ser absorbidos, distribuidos y entrar en las células, pero se desconoce su biodisponibilidad y consecuencias para la salud humana.
- Algunos nanomateriales han mostrado efectos tóxicos específicamente asociados a su pequeño volumen, pero no se pueden extrapolar directamente a los nanoplásticos. Los datos de toxicidad para nanoplásticos son básicamente inexistentes para realizar una correcta evaluación de riesgos para las personas.

[24]



6.3. Incertidumbres en la estimación de la exposición a los microplásticos

- Existen pocos métodos disponibles para su identificación y cuantificación en alimentos. Debe señalarse que los métodos descritos para la degradación de la materia biogénica también degradan parcialmente los plásticos, por lo que presentan inconvenientes para la medición de la cantidad de plásticos.
- Los datos sobre la presencia de microplásticos en alimentos son escasos. Los datos disponibles se refieren a pescados, bivalvos, crustáceos, y solo se disponen de algunos datos puntuales en otros alimentos como la miel, cerveza y sal.
- Los principales aditivos de los plásticos y contaminantes adsorbidos para los que se dispone de alguna información son ftalatos, bisfenol A, PBDE, HAP y PCB. Faltan datos sobre otros contaminantes químicos.
- No existen datos sobre cómo afectan a los procesos como la cocción o el horneado de los alimentos sobre el contenido de microplásticos. Tampoco existen estudios sobre el destino de microplásticos o nanoplásticos durante el tratamiento de los productos del mar.

Por el contrario, si se acepta que los datos actualmente disponibles sobre la presencia de microplásticos en los alimentos representan una aproximación razonable a la realidad, las estimaciones indican que la exposición a aditivos y contaminantes originada por la ingesta de microplásticos supone una contribución mucho menor con respecto a la exposición alimentaria total.

6.4. Incertidumbres en la estimación de la exposición a nanoplásticos

- No existen métodos de análisis para la identificación y cuantificación de los nanoplásticos en los alimentos, por lo que faltan datos sobre la presencia en alimentos.

[25]



7. Conclusiones

Los microplásticos son omnipresentes en el medio ambiente y se han detectado en una amplia gama de concentraciones en aguas marinas, aguas residuales, agua dulce, alimentos, aire y agua potable, tanto en agua embotellada como del grifo.

La toxicidad asociada al consumo de microplásticos depende probablemente del tamaño de las partículas, su forma, composición y dosis. Pero actualmente nuestro conocimiento sobre la presencia, exposición y toxicocinética de los microplásticos es muy limitado, con múltiples incertidumbres y pocos estudios completamente fiables, que utilizan métodos y herramientas distintos para muestrear y analizar partículas de microplásticos. Con respecto a los nanoplásticos, estas incertidumbres todavía son mayores, y faltan datos para poder realizar una evaluación de riesgos.

A pesar de dichas incertidumbres, distintos organismos de evaluación de riesgos indican que, de acuerdo con los últimos conocimientos disponibles, no se prevé que las partículas de microplástico de los alimentos comporten un riesgo objetivo para la salud de los consumidores. Sin embargo, a causa de la limitación de los datos disponibles, todavía se necesitan más datos y estudios científicos válidos sobre el efecto de los microplásticos en la barrera intestinal y posterior evaluación de riesgos (BfR, 2019; JRC, 2017). La falta de datos robustos hace que cualquier evaluación del riesgo del consumo de alimentos que contienen microplásticos esté sujeta a limitaciones.

Los posibles peligros asociados a los microplásticos son las partículas físicas en sí mismas, los productos químicos asociados en los componentes plásticos o en contaminantes que pueden ser transportados por las partículas y los posibles efectos asociados a la contaminación microbiana.

Con los conocimientos actuales, sabemos que los seres humanos ingerimos microplásticos. El tracto digestivo de los organismos marinos contiene las cantidades mayores de microplásticos. No obstante, normalmente se descarta esta parte antes de su consumo. Por lo tanto, es probable que la exposición humana a microplásticos por consumo de pescado sea insignificante, dado que los microplásticos se encuentran mayoritariamente en las branquias, hígado e intestinos del pescado, órganos que normalmente no se consumen.

El consumo de marisco es una vía de exposición humana a los microplásticos puesto que los bivalvos se consumen sin eliminar su tubo digestivo; no obstante, se estima que dicha exposición es muy baja (EFSA, 2016). La EFSA estimó que consumir 225 g

[26]

de mejillones, mayor cantidad de microplásticos de la que se informó, se traduciría en una exposición de aproximadamente 7 µg de plástico.

Por lo que se refiere al riesgo para la salud humana de los compuestos químicos asociados a los componentes de los microplásticos o transportados por las partículas, la EFSA estima que la ingesta de una ración de mejillones tendría un efecto no significativo en la exposición a productos químicos ambientales que se pudieran adsorber en la superficie del plástico como los PCB (aumento del <0,006 %), los HAP (aumento de <0,004 %) y el bisfenol A (aumento del <2 %). Tampoco parece que la ingesta de microplásticos conlleve una aportación significativa a la exposición a sustancias componentes de los plásticos (monómeros, aditivos) con respecto a la exposición que se produce por la presencia en alimentos de estos compuestos en forma libre.

En cuanto al riesgo para la salud humana de los efectos asociados a las partículas en sí mismas, aunque no exista suficiente información para sacar conclusiones definitivas, los estudios sobre absorción indican que solo los microplásticos de menos de 150 µm se pueden translocar a través del epitelio intestinal y superar la barrera intestinal, provocando una exposición sistémica. No obstante, los datos disponibles en estudios con roedores demuestran que la absorción de estos microplásticos en el intestino es muy baja ($\leq 0,3$ %). Solo la fracción más pequeña (tamaño <1,5 µm) puede penetrar profundamente en los órganos.

Por otra parte, se sabe muy poco sobre la distribución sistémica dentro del cuerpo y faltan estudios sobre el efecto de los microplásticos en el ser humano. Las primeras pruebas independientes sobre la ingesta oral de micropartículas efectuadas por el BfR con varias partículas modelo no han mostrado indicios de daño en el tejido intestinal. No obstante, a causa de los pocos estudios disponibles, el BfR señala que todavía no se puede realizar una evaluación sinóptica del efecto del microplástico en la barrera intestinal y posterior evaluación de riesgos.

Con respecto al riesgo para la salud humana asociado a contaminación microbiana, se ignora la importancia que ello puede tener.

Mejorar esta información en el futuro es imprescindible para realizar una evaluación fundamentada de los riesgos que conlleva para la salud humana. Dicha necesidad de mejorar la información viene reforzada por el hecho de que es esperable que la presencia de microplásticos en los alimentos siga creciendo a medida que se fragmenten los plásticos presentes en el medio ambiente y, aún más, si no se toman medidas para limitar el uso de estos materiales.

8. Bibliogràfia

Abbasi S, Soltani N, Keshavarzi B, Moore F, Turner A, Hassanaghaei M. Microplastics in different tissues of fish and prawn from the Musa estuary, Persian Gulf. *Chemosphere*. 2018 ago;205:80-7.

Barboza LGA, Dick Vethaak A, Lavorante BRBO, Lundebye AK, Guilhermino L. Marine microplastics debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. *Mar Pollut Bull*. 2018 ago;133:336-48.

BfR. Is there a risk to human health from microplastics? More research and scientific data needed. BfR communication No. 033/2018; 29 octubre 2018. Disponible en: <https://www.bfr.bund.de/cm/349/is-there-a-risk-to-humal-health-from-microplastics-more-research-and-scientific-data-needed.pdf>

BfR. Microplastics: facts, research and open questions. FAQ to the BfR; 5 junio 2019. Disponible en: https://www.bfr.bund.de/en/microplastics__facts__research_and_open_questions-192775.html

BfR. No evidence of intestinal damage from polystyrene microplastic in the laboratory. BfR communication No. 029/2019; 5 agosto 2019. Disponible en: <https://www.bfr.bund.de/cm/349/no-evidence-of-intestinal-damage-from-polystyrene-microplastic-in-laboratory.pdf>

Bouwmeester H, Hollman PC, Peters RJ,. Potential health impact of environmentally released micro- and nanoplastics in the human food production chain: experiences from nanotoxicology. *Environ Sci Technol*. 2015 ag 4;49(15):8932-47.

Browne MA, Dissanayake A, Galloway TS, Lowe DM, Thompson RC. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L). *Environ. Sci. Technol*. 2008;42(13):5026-31.

Cole M, Galloway TS. Ingestion of nanoplastics and microplastics by Pacific oyster larvae. *Environ Sci Technol*. 2015 des 15;49(24):14625-32.

Deng Y, Zhang Y, Lemos B, Ren H. Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Sci Rep*. 2017 abr 24;7:46687.

Devriese LI, van der Meulen MD, Maes T, Bekaert K, Paul-Pont I, Frere L, et al. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Mar Pollut Bull*. 2015 set 15;98(1-2):179-87.

EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (EFSA CEF Panel). Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs: part I – Exposure assessment. *EFSA J* 2015;13(1):3978. 396 p. doi:10.2903/j.efsa.2015.3978.

[28]

Eriksson C, Burton H. Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *Ambio*. 2003 sep;32(6):380-4.

European Food Safety Authority. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food: Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J*. 2008 ag 4;6(8):724: 1-114. doi:10.2903/j.efsa.2008.724.

European Food Safety Authority. The potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety. *EFSA J*. 2009;7(3):958:1-39. doi:10.2903/j.efsa.2009.958.

European Food Safety Authority. Guidance on the risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain. *EFSA J* 2011;9(5):2140-76. doi:10.2903/j.efsa.2011.2140.

European Food Safety Authority. Update of the monitoring of levels of dioxins and PCBs in food and feed. *EFSA J*. 2012;10(7):2832. doi:10.2903/j.efsa.2012.2832.

European Food Safety Authority. Annual report of the Emerging Risks Exchange Network 2013. *EFSA supporting publication 2014:EN-682*. 30 p.

European Food Safety Authority. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA J*. 2016;14(6): 4501.

European Food Safety Authority. Microplastics and nanoplastics in food – an emerging issue. *EFSA* (23 junio 2016).

Farrell P, Nelson K. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environ Pollut*. 2013;177:1-3.

Gasperi J, Wright SL, Dris R, Collard F, Mandin C, Guerrouache M, et al. 2018. Microplastics in air: are we breathing it in? *Curr Opin Environ Sci Heal*. 2018;1:1-5.

GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). A: Bowmer T, Kershaw P, editors. Proceedings of the GESAMP International Workshop on Microplastic particles as a vector in transporting persistent, bioaccumulating and toxic substances in the oceans; 28-30 juny 2010; París: UNESCO-IOC; 2010. Disponible en:

<http://www.gesamp.org/site/assets/files/1264/proceedings-of-the-gesamp-workshop-on-microplastic-particles-en.pdf>

GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). A: Kershaw PJ, editor. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. *Rep. Stud. GESAMP*. 2015;(90). 96 p. Disponible en: <http://www.gesamp.org/publications/microplastics-in-the-marine-environment-part-2>

GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). A: Kershaw PJ, Rochman CM, editors. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. *Rep. Stud. GESAMP*. 2017;(93). 220 p.



Disponible en: <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1275/sources-fate-and-effects-of-microplastics-in-the-marine-environment-part-2-of-a-global-assessment-en.pdf>

Graham ER, Thompson JT. Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. *J Exp Mar Biol Ecol.* 2009;368(1):22-9.

Harrison JP, Sapp M, Schratzberger M, Osborn AM. Interactions between microorganisms and marine microplastics: a call for research. *Mar Technol Soc J.* 2011;45:12-20.

Holmes LA, Turner A, Thompson RC. Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment. *Environ Pollut.* 2012 ene;160(1):42-8.

Hu J, Jin F, Wan Y, Yang M, An L, An W and Tao S. Trophodynamic behavior of 4-nonylphenol and nonylphenol polyethoxylate in a marine aquatic food web from Bohai Bay, north China: comparison to DDTs. *Environ Sci Technol.* 2005 jul 1;39(13):4801-7.

Koelams A, Nur Hazimah M, Hermsen E, Kooi M, Mintening S, De France J. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Res.* 2019 maig 15;155:410-22.

Li J, Yang D, Li L, Jabeen K and Shi H. Microplastics in commercial bivalves from China. *Environ Pollut.* 2015 dic;207:190-5.

Liebezeit G, Liebezeit E. Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food Addit Contam Part A, Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2013;30(12):2136-40.

Liebezeit G, Liebezeit E. Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2014;31(9):1574-8.

Lucas F, Niravong M, Villemintot S, Kaaks R, Clavel-Chapelon F, 1995. Estimation of food portion size using photographs: relative validity, strengths, weaknesses and recommendations. *J Hum Nutr Diet.* 1995;8:65-74.

Lusher AL, McHugh M, Thompson RC. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Mar Pollut Bull.* 2013 feb 15;67(1-2):94-9.

Lusher AL, Hollman PCH, Mendoza Hill JJ. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper núm. 215; 2017.

Mackay K, Afonso A, Maggiore A, Binaglia M. Extensive review on the presence of microplastics and nanoplastics in seafood: data gaps and recommendations for future risk assessment for human health; *Micro 2016: Fate and impact of Microplastics in Marine Ecosystems*;2017.

[30]



Mato Y, Isobe T, Takada H, Kanehiro H, Ohtake C, Kaminuma T. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environ Sci Technol.* 2001;35:318-24.

McCormick A, Hoellein TJ, Mason SA, Schluep J, Kelly JJ. Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river. *Environ Sci Technol.* 2014;48:11863-71.

Microplastics in drinking-water. Geneva: World Health Organization; 2019. Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/microplastics-in-drinking-water/en/

Munoz Pineiro A. Microplastics: focus on food and health. Factsheet. Publications Office of the European Union; 2018. Disponible en: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC110629>

Murray F, Cowie PR. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Mar Pollut Bull.* 2011;62:1207-17.

Neves D, Sobral P, Ferreira JL, Pereira T. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Mar Pollut Bull.* 2015;101:119-26.

Nguyen B, Claveau-Mallet D, Hernandez LM, Genbo Xu E, Farner JM, Tufenkji N. Separation and analysis of microplastics and nanoplastics in complex environmental samples. *Acc Chem Res.* 2019;52(4):858-66.

Ogata Y, Takada H, Mizukawa K, Hirai H, Iwasa S, Endo S, et al. International Pellet Watch: global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Mar Pollut Bull.* 2009;58(10):1437-46.

Phillips MB, Bonner TH. Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Mar Pollut Bull.* 2015 nov 15;100(1):264-9.

Rist S, Carney Almoth B, Hartmann NB, Karlsson TM. A critical perspective on early communications concerning human Health aspects of microplastics. *Sci Total Environ.* 2018 junio 1;626:720-6.

Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R, Miller JT, et al. Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Sci Rep.* 2015;5(14340).

Rummel CD, Loder MG, Fricke NF, Lang T, Griebeler EM, Janke M, et al. Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Mar Pollut Bull.* 2016 ene 15;102(1): 134-41.

Schirinzi G, Pérez-Pomeda I, Sanchís Sandoval J, Rossini C, Farré M, Barceló D. Cytotoxic effects of commonly used nanomaterials and microplastics on cerebral and epithelial human cells. *Environ Res.* 2017 nov;159:579-87.

Setälä O, Fleming-Lehtinen V, Lehtiniemi M. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environ Pollut.* 2014 feb;185:77-83.

[31]



- Setälä O, Norkko I, Lehtiniemi M. Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Mar Pollut Bull.* 2016 ene 15;102(1):95-101.
- Shim WJ, Hong SH, Eo Eo S. Identification methods in microplastic analysis: a review. *Anal Meth.* 2017;9(9):1384-91.
- Smith M, Love DC, Rochman CM, Neff RA. Microplastics in seafood and the implications for human health. *Curr Environ Health Rep.* 2018 sep;5(3):375-86.
- Stock V, Böhmert L, Lisicki E, Block R, Cara-Carmona J, Pack LK, et al. Uptake and effects of orally ingested polystyrene microplastic particles in vitro and in vivo. *Arch Toxicol.* 2019 jul;93(7):1817-33.
- Thompson RC, Olsen Y, Mitchell RP, Davis A, Rowland SJ, John AW, et al. Lost at sea: where is all the plastic? *Science.* 2004 mayo 7;304(5672):838.
- Toussaint B, Raffael B, Angers-Loustau A, Gilliland D, Kestens V, Petrillo M, et al. Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2019 mayo;36(5):639-73.
- Van Cauwenberghe L, Janssen CR. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environ Pollut.* 2014 oct;193:65-70.
- Wan Y, Hu J, Yang M, An L, An W, Jin X, et al. Characterization of trophic transfer for polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, non- and mono-ortho polychlorinated biphenyls in the marine food web of Bohai Bay, North China. *Environ Sci Technol.* 2005 abr 15;39(8):2417-25.
- Ward JE, Shumway SE. Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension- and deposit-feeding bivalves. *J Exp Mar Biol Ecol.* 2004;300:83-130.
- Wright SL, Thompson RC, Galloway TS. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environ Pollut.* 2013 jul;178:483-92.
- Wright SL, Kelly FJ. Plastic and human health: a micro issue? *Environ Sci Technol.* 2017 junio 20;51(12):6634-47.
- Yang D, Shi H, Li L, Li J, Jabeen K, Kolandhasamy P. Microplastic pollution in table salts from China. *Environ Sci Technol.* 2015 nov 17;49(22):13622-7.
- Zettler ER, Mincer TJ, Amaral-Zettler LA. Life in the "plastisphere": microbial communities on plastic marine debris. *Environ Sci Technol.* 2013 jul 2;47(13):7137-46.

[32]

