

LAS CONSECUENCIAS DE LA SOBRECARGA DE PLÁSTICOS EN EL AMBIENTE: LA ZONA COSTERA MARINA COMO RECEPTOR FINAL

Jorge E. Marcovecchio^{1,2}, Ana C. Ronda^{1,3}, Andrés H. Arias^{1,3}*

1 – Instituto Argentino de Oceanografía (IADO – CONICET-UNS).

2 – Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN).

3 – Universidad Nacional del Sur (UNS)

E-mail: jmjorgemar@iado-conicet.gob.ar

Resumen

La adopción de plásticos por parte de la Sociedad como sustituto de los materiales tradicionales se ha expandido casi exponencialmente desde la década de 1950. La durabilidad es una característica de la mayoría de los plásticos, y es esta propiedad -combinada con la falta de voluntad o la incapacidad para manejarlos de manera efectiva al final de su vida útil- que los ha transformado en un problema ambiental global. Sólo en la última década se ha prestado la debida atención a la escala e importancia del problema, y se comenzó a entender que la basura plástica en el océano puede considerarse una preocupación seria para la Humanidad.

Los plásticos se han utilizado cada vez más en reemplazo de materiales más tradicionales en muchos sectores (la construcción, el transporte, los artículos para el hogar y el embalaje, entre otros). Además, para lograr aplicaciones más duraderas pueden fabricarse con aditivos químicos para mejorar las propiedades del material, incluyendo ablandadores, agentes colorantes, generadores de resistencia a los rayos UV y retardantes de llama. Muchos de estos productos químicos tienen propiedades nocivas cuando se liberan al medio ambiente.

Habitualmente se define a los microplásticos como pequeñas partículas o fragmentos de plástico que miden menos de 5 mm de diámetro, los que a su vez se separan en “primarios” (manufacturados con fines específicos) y “secundarios” (generados por meteorización y fragmentación de objetos plásticos más grandes). Las cantidades y tipos de material, junto con los puntos de entrada al océano, determinarán en gran medida su distribución e impacto posteriores. Los insumos terrestres pueden provenir directamente de las costas o a través de ríos y descargas de aguas residuales. Los insumos en el mar pueden provenir de operaciones normales, pérdidas accidentales o descartes deliberados y es probable que existan diferencias regionales significativas en los aportes al océano de fuentes terrestres y marinas. Los plásticos marinos pueden tener impactos ecológicos, sociales y económicos directos.

Palabras clave: plásticos - microplásticos - descarga a los océanos - consecuencias.

Abstract

Society's adoption of plastics as a substitute for traditional materials has expanded almost exponentially since the 1950s. Durability is a characteristic of most plastics, and it is this property, combined with an unwillingness or inability to manage end-of-life plastic effectively, that has resulted in marine plastics and microplastics becoming a global problem. It is only in the past decade that the scale and importance of the problem has received due attention, and it has begun to be understood that plastic litter in the ocean can be considered a serious concern for Humanity.

Plastics have been increasingly used to replace more traditional materials in many sectors (construction, transportation, household items, and packaging, among others). In addition, to achieve more durable applications they can be manufactured with chemical additives to improve the properties of the material, including softeners, coloring agents, generators of resistance to UV rays and flame retardants. Many of these chemicals have harmful properties when released into the environment.

Microplastics are usually defined as small plastic particles or fragments measuring less than 5 mm in diameter, which in turn are separated into "primary" (manufactured for specific purposes) and "secondary" (gained by weathering and fragmentation of larger plastic objects). The amounts and types of material, along with the entry points to the ocean, will largely determine the subsequent distribution and impact. Terrestrial inputs can come directly from the coast or through rivers and sewage pipes. Inputs at sea can come from normal operations, accidental losses, or deliberate discards. There are likely to be significant regional differences in contributions to the ocean from land and marine sources. Marine plastics can have direct ecological, social and economic impacts.

Keywords: plastics - microplastics - inputs to the ocean – consequences

1. Los plásticos en el Ambiente

El aumento sin precedentes de la población mundial ha incrementado significativamente las actividades humanas, incluyendo -entre otras- las urbanas, industriales, agrícolas y productivas con el deseo de mejorar la salud humana y prolongar la esperanza de vida. Desafortunadamente, debido a la mala gestión, estas actividades generan en forma directa o indirecta miles de contaminantes y compuestos xenobióticos que aumentan el impacto y la presión sobre la mayoría de los ecosistemas acuáticos y terrestres en todo el mundo. Precisamente entre los

xenobióticos generados, los plásticos y productos relacionados han surgido como contaminantes globales de gran importancia en los últimos tiempos [1]. Existen numerosos estudios científicos, así como publicaciones gubernamentales y no gubernamentales en las que se ha demostrado que los plásticos aparecen cada vez más en todos los componentes de la mayoría de los ecosistemas acuáticos del mundo provocando diversas amenazas toxicológicas para prácticamente toda la biota acuática [2]. La descarga continua y la persistencia de estos contaminantes en el medio marino es ahora un problema global que requiere estrategias administrativas urgentes para mitigar o evitar las amenazas potenciales para la supervivencia de los organismos, riesgos para la salud humana, y deterioro de los valores estéticos de los ecosistemas.

El medio marino, masa de agua salada que cubre la mayor parte de la superficie terrestre, alberga una biodiversidad sustancial y sustenta casi la mitad de la producción primaria mundial. También resulta un soporte esencial para aumentar el crecimiento económico de muchos países a través del ecoturismo y la gestión de los recursos naturales (pesqueros, energéticos, etc.). Su importancia se destaca al tener en cuenta que ~23% de la población mundial (~1.200 millones de personas) vive a menos de 100 km de la costa y depende funcionalmente de ella, remarcando la importancia del medio marino para el sustento de la población humana [3]. A pesar de esta enorme importancia claramente reconocida, las actividades humanas convirtieron las aguas marinas en el destino final de la mayoría de los xenobióticos generados, y entre ellos los desechos plásticos representan la mayor parte de la basura marina en mares y océanos [4]. Teniendo en cuenta este predominio de los plásticos en prácticamente todos los ecosistemas marinos del mundo, y considerando sus configuraciones estructurales y químicas, estos desechos han logrado ingresar a una significativa variedad de especies de organismos, provocando numerosos efectos toxicológicos (5). También hay que considerar otros dos factores importantes: (i) Además de los componentes químicos que constituyen los plásticos (mezcla compleja de monómeros) también incluyen otras moléculas que reconfiguran su funcionamiento (por ej., estabilizantes, retardantes de llama, pigmentos, etc.). Y, (ii) Otra gran cantidad de contaminantes presentes en el océano (por ej., compuestos orgánicos persistentes, metales traza, etc.) pueden adsorberse sobre los plásticos, y consecuentemente circular con ellos. Así, el riesgo que conllevan los plásticos para los organismos marinos así como para la Salud Humana aumentan considerablemente [6]. Con el paso del tiempo los plásticos liberan al medio marino compuestos orgánicos que estaban adheridos, tales como bifenilos policlorados (PCBs), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), dicloro-difenil-tricloroetano y sus metabolitos (DDTs), éteres de difenilo polibromados (PBDE), alquifenoles y bisfenol A, entre otros [7].

Entre los plásticos que impactan el ambiente generan particular preocupación los fragmentos menores a los 5 mm, denominados *Microplásticos* (MPs < 5 mm), que incluyen usualmente fragmentos, fibras, esferoides, gránulos, pellets, escamas o perlas de diferentes colores. Los microplásticos se clasifican en microplásticos primarios y secundarios en base a su origen / fuente en los ambientes marinos. Los **primarios** se descargan principalmente de fuentes terrestres directamente al medio marino, y son partículas de pequeño tamaño que se utilizan

como gránulos de resina en la industria del plástico o como precursores para la producción de artículos de consumo utilizados en productos de higiene y cuidado personal (como cosméticos, exfoliantes y abrasivos que se encuentran en agentes de limpieza), repelentes de insectos y protectores solares, fluidos de perforación de ropa sintética y medios de limpieza con chorro de aire [8]. Por su parte los **secundarios** se originan a partir de la fragmentación *in situ* de materiales plásticos más grandes en partículas de pequeño tamaño, que ocurre a partir de procesos biológicos, químicos o físicos individuales o combinados que aumentan la rotura de los enlaces en los polímeros plásticos. Durante la formación de microplásticos secundarios, los fragmentos de plástico y las fibras se producen continuamente y se descargan en el medio marino a través de procesos de degradación fototérmica, oxidación y/o abrasión mecánica [9]. Los microplásticos son omnipresentes en la mayoría de los ambientes marinos del mundo, constituyendo más del 95% de los desechos que se acumulan y se esparcen por las cinco matrices del medio marino: el agua superficial y la columna de agua, las costas (playas), los sedimentos marinos, el fondo del mar y la biota, mostrando una considerable variabilidad espacial en su abundancia y distribución [10].

Una vez ingresados al ambiente marino, su distribución global es gobernada conjuntamente por sus bajas densidades (en comparación con la del agua), las fuentes de producción y descarga al medio ambiente, y los mecanismos de dispersión (por ej., mareas, corrientes oceánicas, olas) y los procesos hidrodinámicos propios del cuerpo de agua considerado. Considerando la alta flotabilidad y baja densidad de estos compuestos, su gran persistencia, así como su afinidad por todos los compartimientos del ambiente marino, han sido identificados como un importante problema global emergente que afecta a los organismos marinos e incluso a los humanos. Esto hace que se hayan encontrado, identificado y cuantificado en prácticamente todos los ambientes marinos del mundo, incluidos el Ártico y la Antártida [11].

2. Efectos de los plásticos en organismos marinos

Al considerar los efectos que estos contaminantes producen sobre los organismos, en una primera instancia las investigaciones se centraron más en los fenómenos de enmallamiento o enriedo de los organismos en esos materiales (que conducen a sofocaciones o impedimentos para la normal deglución) y en la ingestión de desechos plásticos por los animales marinos y sus consecuencias ecológicas [12]. Sin embargo, con la observación de que los desechos plásticos pueden fragmentarse en microplásticos (MPs > 5 mm) y nanoplásticos (NPs ~ 1-1000 nm), el perfil toxicológico de la contaminación plástica marina tomó otra dimensión, siendo direccionada hacia la comprensión de los correspondientes mecanismos de toxicidad y mortalidad [13]. En este sentido convergen dos situaciones que pueden darse simultáneamente, agravando significativamente los efectos y consecuencias de la presencia de estos contaminantes: (i) La pequeña talla de estas partículas -tanto MPs como NPs- facilita que los organismos los ingieran, y de esta manera generan daños tanto mecánica como fisiológica y toxicológicamente; y, (ii) Tanto los compuestos

constituyentes de la matriz química de los plásticos como los contaminantes adsorbidos en su superficie (por ej., metales traza, compuestos orgánicos persistentes, etc) pueden liberarse en los tractos digestivos de los organismos, y producir los efectos de toxicidad correspondientes [14].

Diferentes estudios mostraron que el plástico ingerido bloqueaba el flujo de alimentos en el tubo digestivo, aumentando la inanición, y comprometiendo los procesos de alimentación, digestión y nutrición, llevando así a un incremento de la morbilidad y la mortalidad. Además, algunas especies marinas son vulnerables a enredarse con fibras o anillos plásticos, lo que suele provocar ahogamiento, asfixia o estrangulamiento [12]. Este tipo de efectos ha sido descrito para una gran variedad de organismos del ambiente marino, como por ejemplo aves (gaviotas, albatros, petreles, pardelas, frailecillos, fragatas y pelicanos, entre otras), mamíferos marinos (lobos y elefantes marinos, ballenas, delfines y marsopas, entre otros), tortugas marinas, peces (atunes, caballas, tiburones, rayas y meros, entre otros), diferentes tipos de invertebrados (moluscos bivalvos, calamares, crustáceos, entre otros) [15]. Además, los MPs son fácilmente ingeridos por el plancton, que puede servir como ruta de transferencia a los consumidores secundarios y terciarios en la cadena alimentaria marina, con eventuales consecuencias en los consumidores finales como los seres humanos.

El problema se torna mucho más grave al considerar la generación y/o presencia de MPs y NPs, valorando los potenciales efectos de sus constituyentes así como de los compuestos que se adsorben en su superficie y que pueden ser liberados dentro de los organismos blanco. De esta manera, hay que tener presente que sobre los MPs y NPs pueden adsorberse bacterias y microinvertebrados patógenos, microcontaminantes químicos (metales traza, hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas, furanos, entre otros), materia orgánica e incrustaciones biológicas (*biofouling*) que pueden llevar a la generación de efectos toxicológicos, parasitismo y enfermedades en los organismos afectados [16, 17]. Recientes informes sobre los mecanismos de los efectos toxicológicos de los desechos plásticos mostraron que los MPs y NPs inducen estrés oxidativo a través de la generación de radicales libres, provocan respuestas inmunológicas, alteraciones de las expresiones génicas, inducen genotoxicidad, alteraciones del sistema endocrino, neurotoxicidad y anomalías reproductivas y transgeneracionales [18, 19]. Es importante considerar que algunos de los químicos asociados con la contaminación plástica son capaces de alterar el sistema endocrino en vertebrados, incluidos peces y mamíferos [18]. Los estudios sobre la toxicidad de los MPs han permitido profundizar el conocimiento sobre sus posibles impactos sobre los biomarcadores celulares y moleculares. La mayoría de estos estudios son experimentos de control de laboratorio y de campo realizados utilizando diferentes especies de invertebrados y vertebrados como bioindicadores. Las alteraciones en los biomarcadores bioquímicos, histopatológicos y moleculares de estos bioindicadores señalaron los efectos deletéreos de los MPs en la permeabilidad de las membranas, y los impactos fisiológicos y metabólicos en el cuerpo de los organismos [19]. Numerosos estudios informan que MPs y NPs inducen estrés oxidativo por una excesiva formación de radicales libres, que altera la homeostasis fisiológica de los componentes celulares mediante la supresión de la actividad de los sistemas antioxidantes. Este fenómeno suele ir acompañado de

daños en las macromoléculas celulares, incluidas las estructuras de ADN, carbohidratos, lípidos y proteínas, y sus efectos pueden estar asociados con inestabilidad del genoma, alteraciones bioquímicas y fisiopatológicas y carcinogénesis [18].

3. Distribución de plásticos en los ambientes marinos costeros

Tal y como se ha mencionado anteriormente las fuentes de plásticos para el ambiente marino son tanto terrestres (por ej., manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos o industriales, descarte excesivo de productos de cosmética, aseo y cuidado personal, descarga de residuos líquidos con o sin tratamiento, etc.) como marinas (por ej., degradación de macroplásticos por vías física, química, biológica o climática, descarte de residuos desde embarcaciones o plataformas, pérdida de equipos de pesca, etc.). En el primero de los casos tienen un rol trascendental las descargas de ríos y arroyos, sistemas de aguas residuales y drenaje continental (*runoff*) en el transporte de los plásticos hacia el mar, independientemente de sus tamaños, con un significativo predominio de los de mayor flotabilidad [9]. A través de estas vías se descargan fundamentalmente macroplásticos y microplásticos primarios, los que luego son redistribuidos tanto a lo largo de la costa como mar adentro en función a las condiciones oceanográficas del sistema considerado.

Los MPs que son menos densos que el agua de mar flotan en las aguas superficiales y pueden viajar globalmente impulsados por el viento y las corrientes oceánicas. Además son fácilmente ingeribles por un número cada vez mayor de pequeños organismos acuáticos, lo que también aumenta significativamente su probabilidad de ser transportados y/o transferidos. Las distribuciones espacial y temporal de los MPs, basadas en datos de composición de tamaño, forma y tipo de polímero en las diversas matrices ambientales, son elementos esenciales para cuantificar los niveles de exposición ambiental dirigidos a futuros esquemas de evaluación de riesgos ecológicos e identificación de potenciales peligros. Como reflejo del uso global de plásticos y el transporte de basura plástica a través de los diferentes procesos oceanográficos, los MPs son omnipresentes desde las costas hasta los océanos abiertos, desde los mares tropicales a los polares y desde las aguas superficiales hasta los fondos marinos profundos [1].

Los MPs que son menos densos que el agua de mar (por ej., polietileno y polipropileno), incluidos los plásticos espumados (por ej., poliestireno expandido y espuma de poliuretano), flotan en la superficie del mar. En una exhaustiva revisión bibliográfica llevada adelante por Shim *et al.* [20] se concluyó que la abundancia de MPs en el agua de mar varía desde niveles inferiores al límite de detección del método analítico empleado (n.d.) en muchas estaciones hasta los 102550 n/m³ en el puerto industrial de Stenungsund, Suecia. Un estimación sobre la abundancia media de MPs en el agua de mar en todo el mundo osciló entre 4,8x10⁻⁶ n/m³ en el Pacífico ecuatorial oriental y 8,6x10³ n/m³ frente a la costa sueca, lo que representa una diferencia máxima de nueve órdenes de magnitud. La mediana de los valores medios fue 8,9x10⁻² n/m³, y el 45% de los estudios informaron abundancias medias entre 0,01 y 10 n/m³. La abundancia de MPs observada en las aguas superficiales también

podría estar influenciada por su distribución, regida por el estado del mar y la turbulencia generada por la velocidad del viento [20].

Los MPs más densos que el agua de mar (por ej., poliéster y cloruro de polivinilo) tienen una probabilidad relativamente alta de asentarse en el lecho marino, aunque su tamaño y forma, y la tensión superficial en la superficie del mar puede influir en su tasa de hundimiento. Además, la contaminación por microorganismos en MPs, las interacciones con agregados de plancton y la expulsión de MPs ingeridos en las heces de otros organismos, facilitan la precipitación de MPs ligeros en entornos bentónicos [20]. En ese mismo estudio se informó que la abundancia media de MPs en los sedimentos varió en el rango de 25 a 47897 n/m² para las playas y de 15 a 3320 n/kg para los sedimentos submareales.

La distribución espacial de los MPs en el agua y los sedimentos está influenciada por varios factores ambientales y antropogénicos. El viento y las corrientes son los principales factores que gobiernan la distribución horizontal de los MPs en las aguas superficiales, así como su acumulación en las playas. A gran escala, los MPs se acumulan en las zonas de convergencia de los giros oceánicos, lo que ha sido tanto predicho por modelos como probado por múltiples observaciones *in situ* en todos los océanos del planeta [21]. Estos mismo autores han informado que aproximadamente entre 1,15 y 2,4 millones de toneladas de plástico fluyen actualmente desde el sistema fluvial global hacia los océanos cada año, incluyendo los 20 ríos más contaminados (y que aportan ~60% de esa carga anual) en Asia, pero mostrando una tendencia que se repite en prácticamente en todo el planeta con un predominio de los residuos plásticos mal gestionados (RPMG o MPW por su sigla en inglés: *mismanaged plastic waste*) (**Figura 1**) [21].

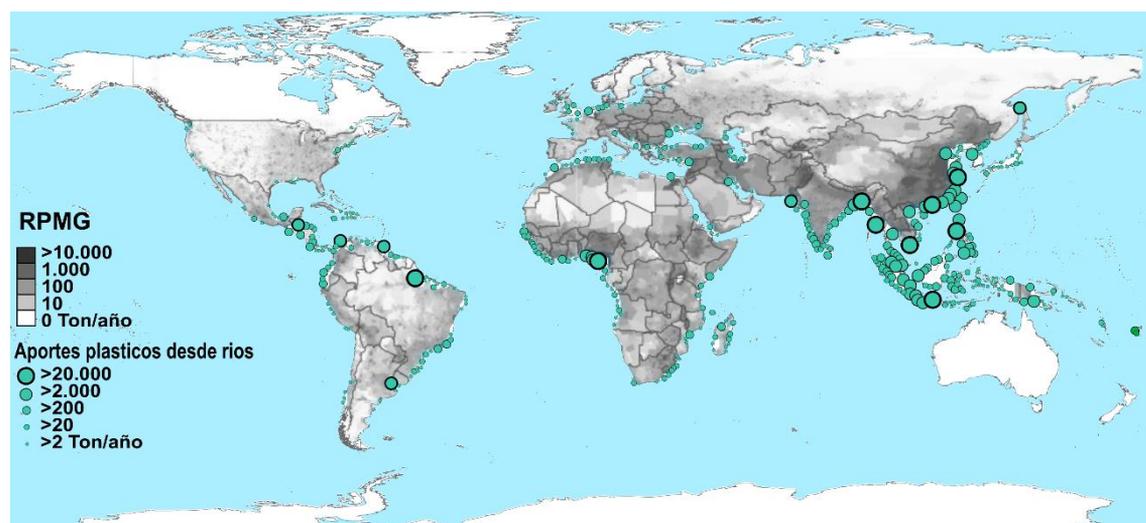


Figura 1. Masa de plástico que fluye hacia los océanos a través de los ríos (en toneladas por año) (adaptado de Lebreton *et al.*, 2017 -[21]-)

La distribución espacial de los MPs en las aguas superficiales de las zonas costeras marinas se ve afectada estacionalmente por el aporte de materiales de origen terrestre a través de las descargas de los ríos. También es importante considerar que, dependiendo de los patrones de precipitación, las características del suelo y la hidrodinámica de los ríos, la retención de micro y macroplásticos, así como su distribución vertical, pueden variar significativamente a lo largo de los cursos correspondientes. La velocidad de propagación y el alcance de las plumas de los ríos cerca de sus desembocaduras pueden influir en la distribución espacial -a corto plazo- de los MPs y el movimiento de los restos de residuos flotantes. Además, la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales también puede afectar la distribución espacial, teniendo en cuenta que el desagüe de estas plantas ha sido reconocido como una fuente de MPs [9]. Numerosos estudios reflejaron que las concentraciones de MPs disminuyen exponencialmente al aumentar la profundidad en los 5 m superiores del océano. Resulta esperable que la distribución vertical de los MPs en la columna marina (desde el agua superficial a la de fondo) se rija por interacciones complejas entre la densidad, el tamaño, la forma y la masa de biopelícula adherida de los MPs y la correspondiente intensidad de las olas, la turbulencia y el perfil de densidad del agua de mar.

COMENTARIOS FINALES Y PERSPECTIVAS

Como un contaminante emergente que genera gran preocupación, hay poca o ninguna conciencia del sector público y privado sobre los posibles peligros perjudiciales que presentan los MPs y NPs en comparación con los macroplásticos.

La preocupación por los MPs ha llevado al desarrollo de directrices de gestión por parte de varias organizaciones. Por ejemplo, el Panel de Expertos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, o UNEP por su sigla en inglés) ha pedido una acción inmediata para eliminar los MPs de los océanos tomando en cuenta muchos de los motivos que previamente se han comentado en este capítulo. De la misma manera se pueden mencionar otras organizaciones internacionales, públicas y privadas, que están tomando posturas sólidas frente hasta este problema: el Plan de Acción del Mediterráneo (MAP-UNEP), la Comisión de Oslo-París (OSPAR), el Conjunto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino (GESAMP), el tándem S-20/G-20, y numerosas organizaciones no gubernamentales de todo el mundo quienes han formulado el Proyecto de Divulgación de la Crisis del Plástico (PDP o *Plastic Disclosure Project*), entre otras. Esta situación sólo es aquí mencionada ya que se tratan con mayor profundidad en otros capítulos de este libro.

Aunque el monitoreo de MPs en matrices abióticas ha aumentado rápidamente desde 2010, todavía la información disponible es muy limitada, sobre todo si consideramos las variaciones que se producen a escalas temporales y espaciales. Esto destaca claramente la necesidad de incrementar los programas de investigación y monitoreo para interpretar adecuadamente los análisis de exposición a MPs, componente clave de las evaluaciones de riesgo ecológico de este tipo de compuestos. Finalmente, es importante destacar que los comentarios y conceptos

discutidos en este capítulo son absolutamente aplicables al medio ambiente marino de Argentina, en el cual se ha identificado este problema claramente, y actualmente se está produciendo mucha información científica que está disponible, y que se discute en profundidad en varios capítulos de esta obra.

La concreción de acciones conjuntas y consensuadas entre el mundo académico, la Sociedad a través de numerosos actores no gubernamentales, la industria primaria e industrias subsidiarias, así como las Autoridades, será fundamental para lograr un programa secuencial e integrado que lleve a la solución de este problema ambiental, actualmente crítico.

REFERENCIAS

- [1] N.J. Beaumont, M. Aanesen, M.C. Austen, T. Borger, J.R. Clark, M. Cole, T. Hooper, P.K. Lindeque, C. Pascoe & K.J. Wyles, *Mar.Pollut.Bull.* **142**, 189 (2019)
- [2] S. Anbumani & P. Kakkar, *Environ.Sci. & Pollut.Res.* **25 (15)**, 14373 (2018)
- [3] R. Ramesh, Z. Chen, V. Cummins, J. Day, C. D'Elia, B. Dennison, D.L. Forbes, B. Glaeser, M. Glaser, B. Glavovic, H. Kremer, M. Lange, J.N. Larsen, M.Le Tissier, A. Newton, M. Pelling, R. Purvaja & E. Wolanski, *Anthropocene* **12**, 85 (2015)
- [4] L. Galgani, R. Beiras, F. Galgani, C. Panti & A. Borja, *Front.Mar.Sci.* **6**, 208 (2019)
- [5] E. Guzzetti, A. Sureda, S. Tejada & C. Faggio, *Environ.Toxicol.Pharmacol.* **64**, 164 (2018)
- [6] L. Hermabessiere, A. Dehaut, I. Paul-Pont, C. Lacroix, R. Jezequel, P. Soudant & G. Duflos, *Chemosphere* **182**, 781 (2017)
- [7] J.N. Hahladakis, C.A. Velis, R. Weber, E. Iacovidou & P. Purnell, *J.Hazard.Mater.* **344**, 179 (2018)
- [8] V. Komyakova, J. Vince & M. Haward, *Rep. Natl.Env.Sci.Progr – Univ.Tasmania*, 40 pp. (2020)
- [9] W.C. Li, The occurrence, fate, and effects of microplastics in the marine environment, en *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*, E.Y. Zeng (Ed), Elsevier, Amsterdam (Holanda), 2018, pp. 133-173.
- [10] L. Frère, I. Paul-Pont, E. Rinnert, S. Petton, J. Jaffré, I. Bihannic, P. Soudant, C. Lambert & A. Huvet, *Environ.Pollut.* **225**, 211 (2017)
- [11] A.K. Urbanek, W. Rymowicz & A.M. Mironczuk, *Appl.Microbiol.Biotechnol.* **102**, 7669 (2018)
- [12] S.C. Gall & R.C. Thompson, *Mar.Pollut.Bull.* **92 (1-2)**, 170 (2015)

- [13] J. Gigault, A. Halle, M. Baudrimont, P-Y. Pascal, F. Gauffre, T-L. Phi, H. El Hadri, B. Grassl & S. Reynaud, *Environ.Pollut.* **235**, 1030 (2018)
- [14] M. Kedzierski, M. D'Almeida, A. Magueresse, A. Le Grand, H. Duval, G. César, O. Sire, S. Bruzard & V. Le Tilly, *Mar.Pollut.Bull.* **127**, 684 (2018)
- [15] S. Kühn, E.L. Bravo Rebolledo & J.A. van Franeker, Deleterious effects of litter on marine life, en *Marine Anthropogenic Litter*, M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds), Springer, Heidelberg (Alemania), 2015, pp. 75-116.
- [16] C.O. Egbeocha, S. Malek, C.U. Emenike & P. Milow, *Aq.Biol.* **27**, 93 (2018)
- [17] F. Yu, C. Yang, Z. Zhu, X. Bai & J. Ma, *Sci.Tot.Environ.* **694**, 133643 (2019)
- [18] M.D. Prokić, T.B. Radovanović, J.P. Gavrić & C. Faggio, *Trends Anal.Chem.* **111**, 37 (2019)
- [19] A. Banerjee & W.L. Shelver, *Sci.Tot.Environ.* **755**, 142518 (2021)
- [20] W.J. Shim, S.H. Hong, S. Eo, Marine Microplastics: abundance, distribution, and composition, en *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*, E.Y. Zeng (Ed), Elsevier, Amsterdam (Holanda), 2018, pp.1-26.
- [21] L.C.M. Lebreton, J. van der Zwet, J-W. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady & J. Reisser, *Nature Comm.* **8**, 15611 (2017)