

Plásticos en ecosistemas acuáticos: presencia, transporte y efectos

G. Lacerot^{1,*}, J.P. Lozoya^{2,*}, F. Teixeira de Mello^{3,*}

(1) Ecología Funcional de Sistemas Acuáticos, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Tacuarembó y Av. Aparicio Saravia, 20000 Maldonado, Uruguay.

(2) Centro Interdisciplinario de Manejo Costero Integrado del Cono Sur, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Tacuarembó y Av. Aparicio Saravia, 20000 Maldonado, Uruguay.

(3) Departamento de Ecología y Gestión Ambiental, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República, Tacuarembó y Av. Aparicio Saravia, 20000 Maldonado, Uruguay.

* Autores de correspondencia: G. Lacerot [glacerot@cure.edu.uy]; J.P. Lozoya [jlozoya@cure.edu.uy]; F. Teixeira de Mello [frantei@cure.edu.uy]

> Recibido el 03 de diciembre de 2020 - Aceptado el 09 de diciembre de 2020

Lacerot, G., Lozoya, J.P., Teixeira de Mello, F. 2020. Plásticos en ecosistemas acuáticos: presencia, transporte y efectos. *Ecosistemas* 29(3): 2122. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2122>

En la actualidad los plásticos son materiales omnipresentes y casi indispensables en nuestra vida, con múltiples funciones y utilidades que mejoran el bienestar humano (Andrady y Neal 2009). Se estima que el crecimiento en la producción de plásticos de los últimos 65 años ha superado a cualquier otro material manufacturado (Geyer et al. 2017), con una producción cercana a las 359 millones de toneladas (PlasticsEurope 2019). Además, para el 2025 se estima que la población urbana global generará más de 6 Millones de toneladas de desechos sólidos diarios, lo que será concomitante con un aumento en la generación de desechos plásticos (Hoornweg et al. 2013). Desde sus fuentes de origen, los residuos plásticos se acumulan e interfieren con la biota en ecosistemas acuáticos en todo el mundo (Barnes et al. 2009), lo que ha causado un incremento en la atención científica y pública sobre este tema durante la última década. A pesar de esto, existe aún una comprensión parcial sobre la magnitud de la presencia de plásticos en los ecosistemas acuáticos, sobre su transporte y factores que afectan su distribución, sobre la exactitud de los métodos para su detección y cuantificación, y sobre el grado de impacto en los organismos y tramas tróficas, incluyendo los efectos sobre la salud humana (Erkes-Medrano et al. 2015).

Los residuos plásticos entran a los ecosistemas acuáticos principalmente desde fuentes terrestres, entre las que se destacan vertederos a cielo abierto, quema de residuos, aguas servidas, pérdidas de materia prima desde industrias, agricultura, pintura de estructuras edilicias, desgaste de neumáticos, pero también por actividades industriales desarrolladas en los ecosistemas acuáticos (ej: comercio, pesquerías) (revisadas en Jambeck et al. 2015; Hale et al. 2020). Desde las fuentes terrestres, humedales, lagos, ríos y estuarios transportan los plásticos a los océanos. A pesar de la importancia de los ecosistemas límnicos como vías de transporte, y también como recipientes de la contaminación plástica, los estudios en estos ecosistemas son escasos en comparación con los ecosistemas marinos (Araujo y Costa 2007; Rech et al. 2014; Erkes-Medrano et al. 2015; Li et al. 2018; Bauer-Civiello et al. 2019). En este número de *Ecosistemas*, León-Muez et al. 2020 realizan un primer reporte sobre la presencia de microplásticos en ríos y arroyos españoles. Se estima que aproximadamente un

87% de los estudios son marinos, y sólo un 13% límnicos, con una tasa de incremento de 41 a 7 artículos científicos por año para ecosistemas marinos y límnicos, respectivamente, y con una mayor representación de estudios provenientes de países desarrollados en Norteamérica y Europa (Blettler et al. 2018). Existe por lo tanto una necesidad de incrementar los estudios sobre la magnitud del aporte de plásticos a través de ríos y estuarios hacia zonas costeras y océanos, particularmente en regiones con menor desarrollo económico, y deficiente gestión de residuos. Por otro lado, y si bien existen muy pocos estudios sobre el transporte atmosférico de plásticos, se estima que esta forma de transporte puede ser sustancial (Dris et al. 2016), especialmente hacia zonas remotas (Evangeliou et al. 2020; González-Pleiter et al. 2020).

El aumento en la cantidad de estudios científicos sobre la problemática del plástico en la última década trajo como consecuencia la aparición de una amplia diversidad de aproximaciones, métodos de muestreo y de análisis para los cuales no existe una estandarización, ocasionando dificultades en la comparación de los resultados obtenidos por las diferentes investigaciones (Hidalgo-Ruz et al. 2012; Prata et al. 2019). Por ejemplo, los resultados suelen ser reportados en diferentes unidades, por número o peso por volumen o peso de muestra (Hale et al. 2020). Además, existe variabilidad en la inclusión de réplicas, blancos, y controles para prevenir o monitorear posible contaminación. Esto es particularmente crítico en estudios con microplásticos, debido a la susceptibilidad de estas muestras a la contaminación secundaria durante el muestreo y análisis de laboratorio (i.e. contaminación aérea, por equipamiento o vestimenta) (Kutralam-Muniasamy et al. 2020). Otro desafío relacionado al análisis de microplásticos es la correcta identificación de los polímeros producidos en relación a otras partículas y polímeros naturales presentes en las muestras (e.g. tejidos vegetales, pelo, quitina), aspecto que resulta más desafiante a medida que se intenta identificar partículas de menor tamaño. Las técnicas más frecuentemente encontradas en la literatura incluyen la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) (e.g. Pimpke et al. 2017), espectroscopía de Raman (Schymanski et al. 2018), pirólisis y espectroscopía de masa (e.g. Dümichen et al. 2015) y calorimetría diferencial de barrido (e.g.

Rodríguez Chialanza et al. 2018), siendo en general técnicas realizadas en equipos costosos. Otras aproximaciones como la microscopía de luz polarizada (von Moss et al. 2012; Sierra et al. 2020) y de fluorescencia en combinación con técnicas de teñido (Erni-Cassola et al. 2017), pueden ser alternativas de menor costo que permitan la correcta identificación de microplásticos en relación a otras partículas (Labbe et al. 2020), aunque no permiten identificar el polímero presente. La evaluación crítica e intercalibración de los protocolos propuestos son necesarios para avanzar en la calidad de las metodologías. El desarrollo e implementación de métodos de colecta, análisis y caracterización de plásticos asegurando adecuados controles de calidad es sin dudas un desafío para el desarrollo de la investigación en esta temática (Rocha-Santos y Duarte 2015; Hale et al. 2020).

Otro de los aspectos vinculados a la presencia de plásticos en los ecosistemas acuáticos es su potencial interacción con la biota. Si bien los primeros registros son antiguos (e.g. aves marinas, Kenyon y Kridler 1969) recientemente se ha visto un incremento sustancial de estudios que describen la presencia y/o efectos de los plásticos en organismos de todos los niveles tróficos (tortugas, peces, aves, mamíferos e invertebrados). Ya sea por ingestión o por quedar atrapados en ellos, la interacción fauna-plásticos tiene consecuencias negativas tales como laceraciones, úlceras, reducción del movimiento, de la capacidad de alimentación, de la reproducción, e incluso la muerte, siendo predominantes los trabajos en sistemas marinos (Derraik 2002; Gregory 2009; Ryan et al. 2009; Deudero y Alomar 2015; Franco-Trecu et al. 2016; Lenzi et al. 2016) en relación a los sistemas de agua dulce (Pazos et al. 2020a; Santos et al. 2020). Además, los plásticos pueden acumular contaminantes orgánicos y metales pesados (Rodríguez et al. 2020) generando efectos tóxicos adicionales, pudiendo bioacumularse en organismos y biomagnificarse en las tramas tróficas, aunque la evidencia sobre esto último es contradictoria (Teuten et al. 2009; Syberg et al. 2017; Miller et al. 2020). En este número de Ecosistemas Rodríguez-Sierra et al. (2020) encontraron que el 44 % de los estómagos de peces de la especie invasora *Gambusia holbrooki* provenientes de dos lagunas costeras de la península ibérica presentaron plásticos en su contenido estomacal, principalmente fibras. Además, en la Bahía de Cienfuegos (Cuba), García-Chamero et al. (2020) registraron densidades elevadas de plásticos en el mejillón *Perna viridis*. La presencia de plásticos en especies de consumo humano plantea además la posibilidad de efectos sobre la salud humana (Wright y Kelly 2017).

Por otro lado, los plásticos sufren rápidos procesos de *biofouling*, siendo recubiertos por biofilms compuestos por materia orgánica e inorgánica, microorganismos, algas e invertebrados (conocido como "plastisfera", Zettler et al. 2013) que pueden afectar la ingestión y palatabilidad de los plásticos, su flotabilidad, y la absorción o expulsión de contaminantes y aditivos (Wright et al. 2020) y contribuir a la dispersión de especies exóticas (Barnes 2002; Murray 2009). Un estudio particularmente interesante realizado por Pazos et al. (2020b), y publicado en este número de Ecosistemas, analizó en campo y experimentalmente los biofilms desarrollados sobre microplásticos, observando una presencia desproporcionada de bacterias indicadoras de materia fecal, particularmente en áreas donde existen descargas cloacales, lo que evidencia su potencialidad como vectores de enfermedades o indicadores de otros tipos de contaminación.

En suma, es necesario un gran esfuerzo científico para comprender las múltiples facetas de la contaminación por plásticos en los ecosistemas acuáticos, de las cuales hemos resumido en esta editorial las más relevantes. Particularmente, es de suma relevancia incrementar los estudios en sistemas de agua dulce, los cuales participan de forma importante en el transporte de plásticos hacia los sistemas marinos, pero de los cuales se sabe muy poco. Esta forma de contaminación omnipresente debe ser tomada como una problemática mundial, similar al cambio climático, la eutrofización y la conservación de la biodiversidad, problemáticas con las cuales interactúa de forma transversal.

Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar a las científicas y científicos que han contribuido a este monográfico con sus valiosos estudios. Además, agradecer especialmente al grupo de revisores que contribuyeron con sus sugerencias y comentarios al mejoramiento de los manuscritos sometidos. Finalmente, agradecemos al comité editorial de la Revista Ecosistemas por sus consejos durante la preparación de este monográfico, y la edición de los manuscritos presentados.

Referencias

- Andrady, A.L., Neal, M.A. 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364(1526):1977-1984.
- Araújo, M.C., Costa, M., 2007. An analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of an isolated beach at the Brazilian Northeast. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 18(1):6-12.
- Barnes, D.K.A. 2002. Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature* 416(6883):808-9.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364:1985-1998.
- Bauer-Civillio, A., Critchella, K., Hoogenboom, M., Hamann, M. 2019. Input of plastic debris in an urban tropical river system. *Marine Pollution Bulletin* 144:235-242.
- Blettler, M.C.M., Abrial, E., Farhan, R.K., Sivri, N., Espinola, L.A. 2018. Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research* 143:416-424.
- Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44(9):842-852.
- Deudero, S., Alomar, C. 2015. Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. *Marine Pollution Bulletin* 98:58-68.
- Dümichen, E., Barthela, A.-K., Braun, U., Bannick, C.G., Brand, K., Jekel, M., Senz, R. 2015. Analysis of polyethylene microplastics in environmental samples, using a thermal decomposition method. *Water Research* 85:451-457.
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., Tassin, B. 2016. Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? *Marine Pollution Bulletin* 104(1-2):290-293.
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., Aldridge, D.C. 2015. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research* 75:63-82.
- Erni-Cassola, G., Gibson, M.I., Thompson, R.C., Christie-Oleza, J.A. 2017. Lost, but found with Nile red: a novel method to detect and quantify small microplastics (20 µm-1mm) in environmental samples. *Environmental Science and Technology* 51(23):13641-13648.
- Evangelio, N., Grythe, H., Klimont, Z., Heyes, C., Eckhardt, S., Lopez-Aparicio, S., Stohl, A. 2020. Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. *Nature Communications* 11:3381.
- Franco-Trecu V., Drago, M., Katz H., Machín, E., Marín, Y. 2016. With the noose around the neck: Marine debris entangling otariid species. *Environmental Pollution* 220(B):985-989.
- García-Chamero, A., Alonso Hernández, C.M., Chamero Lago, D. 2020. Primera evidencia de microplásticos en la bahía de Cienfuegos. Cuba. *Ecosistemas* 29(2):2085. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2085>
- Geyer, R., Jambeck, J.R., Lavender, K. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* 3(7):e1700782.
- González-Pleiter, M., Lacerot, G., Edo, C., Lozoya, J.P., Leganés, F., Fernández-Piñas, et al. 2020. Atmospheric dry deposition of microplastics and mesoplastics in an Antarctic glacier: The case of the expanded polystyrene. *The Cryosphere*, <https://doi.org/10.5194/tc-2020-261>.
- Gregory, M.R. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364(1526):2013-2025.

- Hale, R.C., Seeley, M.E., La Guardia, M.J., Mai, L., Zeng, E.Y. 2020. A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 125(1):e2018JC014719.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C., Thiel, M. 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science and Technology* 46: 3060–3075.
- Hoorweg, D., Bhada-Tata, P. Kennedy, C. 2013. Waste production must peak this century. *Nature* 502:615-617.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, et al. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347(6223):768-771.
- Kenyon, K.W., Kridler, E. 1969. Laysan Albatrosses swallow indigestible matter. *The Auk* 86(2):339-343.
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., Shruti, V.C. 2020. Review of current trends, advances and analytical challenges for microplastics contamination in Latin America. *Environmental Pollution* 267:115463.
- Labbe, A.D., Bagshaw, C.R., Uttal, L. 2020. Inexpensive adaptations of basic microscopes for the identification of microplastic contamination using polarization and Nile Red fluorescence detection. *Journal of Chemical Education* 97(11):4026-4032.
- Lenzi, J., Burgues, M.F., Carrizo, D., Machín, E., Teixeira-de Mello, F. 2016. Plastic ingestion by a generalist seabird on the coast of Uruguay. *Marine pollution bulletin* 107(1): 71-76.
- León-Muez, D., Peñalver-Duque, P., Ciudad Trilla, C., Muñoz, M., Infante, O., Güemes Santos, S., et al. 2020. Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular. *Ecosistemas* 29(2):2087. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2097>
- Li, J., Liu, H., Chen, J.P. 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research* 137:362-374.
- Miller, M.E., Hamann, M., Kroon, F.J. 2020. Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data. *PLoS ONE* 15(10): e0240792.
- Murray, R.G. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings: entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364(1536):2013-2025.
- Pazos, R.S., Spaccesi, F., Gómez, N. 2020a. First record of microplastics in the mussel *Limnoperna fortunei*. *Regional Studies in Marine Science* 38:101360.
- Pazos, R.S., Suárez, J.C., Gómez, N. 2020b. Study of the plastisphere: biofilm development and presence of faecal indicator bacteria on microplastics from the Río de la Plata estuary. *Ecosistemas* 29(2):2069. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2069>
- PlasticsEurope 2019. Plastics—The Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data. PlasticsEurope AISBL. Bruselas, Bélgica. Disponible en: <https://www.plasticseurope.org/es/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>
- Prata, J.C., da Costa, J.P., Duarte, A.C., Rocha-Santos, T. 2019. Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *Trends in Analytical Chemistry* 110:150-159.
- Primpke, S., Wirth, M., Lorenz, C., Gerdts, G. 2017. Reference database design for the automated analysis of microplastic samples based on Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 410:5131–5141.
- Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J.F., Rivadeneira, M.M., Jofre Madariaga, D., Thiel, M. 2014. Rivers as a source of marine litter – A study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin* 82:66-75.
- Rocha-Santos, T., Duarte, A.C. 2015. A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *Trends in Analytical Chemistry* 65:47-53.
- Rodríguez, C., Fossatti, M., Carrizo, D., Sánchez-García, L., Teixeira de Mello, F., Weinstein, F., Lozoya, J.P. 2020. Mesoplastics and large microplastics along a use gradient on the Uruguay Atlantic coast: Types, sources, fates, and chemical loads. *Science of the Total Environment* 721:137734.
- Rodríguez Chialanza, M., Sierra, I., Pérez-Parada, A., Fornaro, L. 2018. Identification and quantitation of semi-crystalline microplastics using image analysis and differential scanning calorimetry. *Environmental Science and Pollution Research* 25(17):16767-16775.
- Rodríguez-Sierra, C.M., Antón-Pardo, M., Quintana, X.D., Armengol, X. 2020. Ingesta de microplásticos por el pez exótico *Gambusia holbrooki* en dos lagunas costeras mediterráneas. *Ecosistemas* 29(2):2097. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2097>
- Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A., Moloney, C.L. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364(1526):1999–2012.
- Santos, T.D., Bastian, R., Felden, J., Rauber, A. M., Reynalte-Tataje, D. A., Teixeira de Mello, F. 2020. First record of microplastics in two freshwater fish species (*Iheringthys labrosus* and *Astyanax lacustris*) from the middle section of the Uruguay River, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32.
- Schymanski, D., Goldbeck, C., Humpf, H.U., Fürst, P. 2018. Analysis of microplastics by micro-Raman spectroscopy: release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research* 129:154-162.
- Sierra, I., Rodríguez Chialanza, M., Faccio, R., Carizo, D., Fornaro, L., Pérez-Parada, A. 2020. Identification of microplastics in wastewater samples by means of polarized light optical microscopy. *Environmental Science and Pollution Research* 27:7409-7419.
- Syberg, K., Nielsen, A., Khan, F.R., Banta, G.T., Palmqvist, A., Jepsen, P.M. 2017. Microplastic potentiates triclosan toxicity to the marine copepod *Acartia tonsa* (Dana). *Journal of Toxicology and Environmental Health* 80(23-24):1369-1371.
- Teuten, E.L. Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., et al. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364:2027-2045.
- von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., Koehler, A. 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology* 46:327-335.
- Wright, S., Kelly, F.J. 2017. Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science and Technology* 51(12):6634-6647.
- Wright, R.J., Langille, M.G.I., Walker, T.R. 2020. Food or just a free ride? A meta-analysis reveals the global diversity of the Plastisphere. *The ISME Journal: Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology*.
- Zettler, E.R., Mincer, T.J., Amaral-Zettler, L. 2013. Plastisphere. Microbial communities on plastic marine debris. *Environmental Science and Technology* 47(13):7137-7146.