



RESIDUOS PLASTICOS EN ARGENTINA. SU IMPACTO AMBIENTAL Y EN EL DESAFIO DE LA ECONOMIA CIRCULAR

EDITOR

Norma Sbarbati Nudelman

PUBLICADO POR



ANCEFN

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

RESIDUOS PLASTICOS EN ARGENTINA. SU IMPACTO AMBIENTAL Y EN EL DESAFIO DE LA ECONOMIA CIRCULAR

EDITOR

Norma Sbarbati Nudelman

**PUBLICADO POR**

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [ANCEFN]

SERIE: PUBLICACIONES CIENTIFICAS N° 16 (2020)

Sbarbati Nudelman, Norma

Residuos plásticos en Argentina : su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular / Norma Sbarbati Nudelman ; editado por Norma Sbarbati Nudelman. - 1a ed volumen combinado. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : ANCEFN - Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2020.

Libro digital, PDF - (Publicaciones científicas ; 16)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4111-15-9

1. Cuidado del Medio Ambiente. 2. Reciclaje de Residuos. 3. Desarrollo Sustentable. I. Título.

CDD 363.728

Fecha de catalogación: diciembre de 2020

Esta publicación es propiedad de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

ISBN 978-987-4111-15-9

Primera edición, Buenos Aires,

Copyright © by Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Toda la correspondencia referida a esta publicación debe dirigirse a:

All enquires regarding this publication should be addressed to:

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Av. Alvear 1711, 4° piso, (1014) Buenos Aires.

E-mail: biblio@ancefn.org.ar

Sitio web: www.ancefn.org.ar

Queda hecho el depósito previsto por la Ley 11.723

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación o cualquier otro sistema de archivo y recuperación de información, sin el previo permiso por escrito de la Academia.

INDICE

PREFACIO	1
LISTADO DE AUTORES	3
CAPÍTULO 1	
Maria F.Ríos, Federico Márquez, Melissa Gatti, David Galván, Gonzalo Bravo, Gregorio Bigatti y Martín Brogger: Microplásticos: Macroproblemas	8
CAPÍTULO 2	
Alejandro Merlo, José Güiraldes y José Poma: La Generación de Residuos Plásticos en la Actividad Agropecuaria y la implementación de la ley nacional N 27.270 de envases Vacíos de Fitosanitarios en la Provincia de Buenos Aires	23
CAPÍTULO 3	
Laura Ribba, Oswaldo Ochoa-Yepes, Darío Diaz, Silvia Goyanes: Alternativas a los Plásticos Convencionales, las dos caras de los plásticos verdes	42
CAPÍTULO 4	
Marcelo Garriga, Norberto Mangiacome: Una mirada económica sobre los Residuos Plásticos Urbanos	58
CAPÍTULO 5	
Juan José Paladino y Daniel W. Berman: Nación, Provincia de Buenos Aires y Municipios. Misiones y funciones, situación ambiental, política, económica y social.....	71
CAPÍTULO 6	
José Luis Picone y Giada Seraffini: La industria del Reciclado del Plástico en Argentina	85
CAPÍTULO 7	
Andrés Arias, Ana Ronda, Nora Gómez, Rocío Pazos, Javier Amalvy, Rosana Dimauro, Paola Ondarza, Karina Miglioranza y Jorge Marcovecchio: El impacto de los desechos plásticos y los microplásticos en la costa bonaerense	103

CAPÍTULO 8

Alejandro Cittadino, Carlos Fontán, Marcela De Luca y Marcelo Rosso: Los plásticos en los Residuos Sólidos Urbanos. Tipos y cantidades en las estadísticas de CEAMSE 127

CAPÍTULO 9

Jorge E. Marcovecchio, Ana C. Ronda, Andrés H. Arias: Las consecuencias de la sobrecarga de plásticos en el ambiente: la zona costera marina como receptor final 140

CAPÍTULO 10

Roberto Sánchez. Rolando García Valverde: Perspectiva empresarial en la producción y sustentabilidad de plásticos 150

CAPÍTULO 11

Catalina Asiain y Agustín Harte: Avances y desafíos en la agenda global, regional y nacional para el manejo ambiental de los plásticos en todo su ciclo de vida a fin de mitigar el impacto generado por los residuos plásticos y microplásticos sobre los ecosistemas acuáticos 165

CAPÍTULO 12

Verónica García, Mayra Milkovic, Daniela Gomel, Sol Gonzalez y Fernando Miñarro: Contaminación por plásticos en el mar: desafíos y oportunidades 181

CAPÍTULO 13

Martín C. M. Blettler, Elie Abrial, Luis Espinola y Clara Mitchell: El derrotero de la basura plástica en el río Paraná Medio 193

CAPÍTULO 14

Ricardo Kindsvater, Eliana Munarriz y N. Sbarbati Nudelman: Desafíos que presentan algunos aditivos químicos para el reciclado de residuos plásticos. Industria plástica argentina y situación internacional 208

CAPÍTULO 15

María Paz Caruso, Claudia Gabriela Isaurralde, Gisela Daniele: Políticas Públicas a largo plazo para una correcta gestión de residuos sólidos urbanos. Estrategias para sostener las políticas ambientales en las ciudades 225

CAPÍTULO 16

**Guadalupe Díaz Costanzo, Daniela Badra, Delfina Berberian,
Martina Uthurralt, Verónica Ramos, María Emilia Alvarez y N.
Sbarbati Nudelman: Relevancia de la Educación para la
Concientización de buenas prácticas de uso, consumo, reutilización
y descarte de materiales plásticos 238**

PREFACIO

Los polímeros plásticos han contribuido enormemente a mejorar la calidad de vida en muchísimas poblaciones del planeta, y para la civilización actual es impensable prescindir de ellos. No obstante, la larga vida media de los residuos plásticos (mayor a 1000 años), y su descarte irresponsable, ha provocado una inmensa acumulación en ambientes terrestres y acuáticos, constituyendo una preocupante problemática mundial.

Prestigiosos científicos, tecnólogos e ingenieros de los seis países más desarrollados, se reunieron este año en la Cumbre Anual de la Royal Society of Chemistry (Londres) bajo el lema “*Science to Enable Sustainable Plastics*” y arribaron a la conclusión de que es crítico incrementar la *investigación en plásticos* para un futuro sostenible (S. Snowden, *Science*, 2020). Consistente con esta visión, la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN) me propuso encarar la coordinación de un libro sobre el efecto de los residuos plásticos (RP) en nuestro país.

El impacto ambiental más conocido es el observado en ambientes marinos, según declaraciones recientes del *World Economic Forum*, se estima que “para el año 2050 los océanos tendrán más masa plástica que peces”. En esta obra, tenemos 5 capítulos que abordan investigaciones en ambientes acuáticos: 3 en distintos sitios de nuestra costa atlántica, otro en el río Paraná medio y una contribución de la ONG *Vida Silvestre*.

No obstante, la problemática de los RP es muy compleja y transversal, el propósito al abordar esta publicación fue invitar a la mayoría de los sectores involucrados para presentar una visión global. Los RP del sector rural (silobolsas y envases vacíos de fitosanitarios), la gestión de los RP en zonas urbanas, la problemática de los envases plásticos de un solo uso (que constituyen el 42% de RP en el mundo); y, para un enfoque cuantitativo, las estadísticas del CEAMSE; la mirada económica; y las posibles alternativas de los “plásticos verdes” son otros seis aspectos aquí considerados.

Por otro lado, la transición hacia una economía circular (EC) propone reducir la basura plástica, reciclando los residuos para convertirlos en recursos. El reciclado de RP es complejo: aquí se presenta la visión de CAIRPLAS sobre la industria del reciclado en Argentina; la de un emprendimiento de gestión mixta de residuos urbanos, en Rafaela (Santa Fe); la de ECOPLAS que incluye capacitación en las cooperativas de recuperadores urbanos; y un capítulo sobre los desafíos que presentan los aditivos químicos, en la industria plástica argentina y en la situación internacional de aditivos y microplásticos.

Se consideró también importante invitar a representantes de la producción en el país para que expongan su posicionamiento, se presenta exposición de la industria del envase plástico, y la declaración del compromiso de los productores nucleados en la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQYP), para tender hacia una producción sustentable. Por otro lado, como en varias contribuciones se reclaman políticas públicas para la gestión sustentable, funcionarios del MAyDS presentan aquí un capítulo sobre los avances gubernamentales a fin de mitigar el impacto generado por los RP. Finalmente, para lograr cambios de hábitos el primer paso es entender, y para ello, el consenso mundial indica que es clave el rol que juega la educación, especialmente en los niños y jóvenes, tanto a nivel individual como colectivo.

Es alentador saber que científicos, tecnólogos e ingenieros investigan los avances tecnológicos requeridos para obtener plásticos más sustentables; que muchas empresas, organizaciones gubernamentales y ONGs tienen la decisión política de cambiar el estado de cosas; y que en noviembre 2020 se aprobaron los Presupuestos Mínimos para Plásticos de un solo uso en Argentina, y se prohibió el uso de micro-perlas y microesferas de plásticos en productos de cosmética y de higiene oral odontológica.

La ANCEF N agradece profundamente a todos los autores que colaboraron con sus conocimientos y dedicación, y confía que esta publicación contribuya a consolidar una perspectiva centrada en el compromiso intra e intergeneracional, de toda la ciudadanía, para lograr un verdadero desarrollo sustentable de plásticos.

Buenos Aires, diciembre 2020

Acad. Dra. N. Sbarbati Nudelman
Editora

LISTADO DE AUTORES

Elie Abrial

Instituto Nacional de Limnología, (INALI, CONICET-UNL)

María Emilia Alvarez

ECOPLAS

Javier Amalvy

CITEMA – UTN/CIC

Andrés H. Arias

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

Universidad Nacional del Sur (UNS)

Catalina Asiain

Dirección Nacional de Sustancias y Productos Químicos, Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Daniela Claudia Badra

Jardín de Infantes N 14, Gobierno de Tierra del Fuego

Delfina Berberian

ECOPLAS

Walter Daniel Berman

Comisión de Investigaciones Científicas, Buenos Aires - Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata

Gregorio Bigatti

Fundación ProyectoSub, Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR, CONICET, CCT CENPAT), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Martín C. M. Blettler

Instituto Nacional de Limnología, (INALI, CONICET-UNL)

Gonzalo Bravo

Fundación ProyectoSub, Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR, CONICET, CCT CENPAT), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Martín I. Brogger

Fundación ProyectoSub, Instituto de Biología de Organismos Marinos
(IBIOMAR, CONICET, CCT CENPAT)

María Paz Caruso

Secretaría de Ambiente y Movilidad, Municipalidad de Rafaela (Santa Fe)

Alejandro Cittadino

Coordinación Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires Sociedad del Estado
(CEAMSE)

Gisela Daniele

Secretaría de Ambiente y Movilidad, Municipalidad de Rafaela (Santa Fe)

Marcela De Luca

Coordinación Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires Sociedad del Estado
(CEAMSE)

Edgar Darío Díaz

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Departamento de Física. IFIBA (CONICET)

Guadalupe Díaz Costanzo

Directora de Desarrollo de Museos, Exposiciones y Feria (MINCYT)

Rosana Dimauro

INIDEP (CONICET)

Luis A. Espinola

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional
de Rosario (UNR)

Carlos Fontan

Coordinación Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires Sociedad del Estado
(CEAMSE)

David Galván

Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR, CONICET, CCT
CENPAT)

Verónica García

Fundación Vida Silvestre Argentina

Rolando García Valverde

Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIPYP)

Marcelo Garriga

Centro de Estudios en Finanzas Públicas (CEFP), Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de La Plata

Elisa Gatti

Fundación ProyectoSub

José Giraldes

Ministerio de Jefatura de Gabinete de Ministros de la Provincia de Buenos Aires

Daniela Gomel

Fundación Vida Silvestre Argentina

Nora Gómez

ILPLA – CONICET/UNLP

Sol Gonzalez

Fundación Vida Silvestre Argentina

Silvia Goyanes

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física. IFIBA (CONICET)

Agustín Harte

Dirección Nacional de Sustancias y Productos Químicos, Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Claudia Gabriela Isaurralde

Secretaría de Ambiente y Movilidad, Municipalidad de Rafaela (Santa Fe)

Ricardo Kindsvater

Ampacet Latin America

Norberto Mangiacone

Centro de Estudios en Finanzas Públicas (CEFP), Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Jorge E. Marcovecchio

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO – CONICET-UNS).
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN)

Federico Márquez

Fundación ProyectoSub, Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR, CONICET, CCT CENPAT) Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco

Alejandro Merlo

Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires

Karina S.B. Miglioranza

IIMyC – CONICET/UNMdP

Mayra Milkovic

Fundación Vida Silvestre Argentina

Clara Mitchell

Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA)

Eliana Munarriz

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA)

Oswaldo Ochoa-Yepes

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física. IFIBA (CONICET)

Paola M. Ondarza

IIMyC – CONICET/UNMdP

Juan José Paladino

Instituto del Ambiente de la Academia Nacional de Ingeniería- Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata

Rocío Pazos

ILPLA – CONICET/UNLP

José Luis Picone

Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS)

José Poma

Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires

Verónica Ramos

ECOPLAS

Laura Ribba

Dirección de Materiales Avanzados, Áreas del Conocimiento, INTI, (CONICET)

María F. Ríos

Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR, CONICET, CCT
CENPAT) Fundación ProyectoSub

Ana C. Ronda

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO – CONICET-UNS).
Universidad Nacional del Sur (UNS)

Marcelo Rosso

Coordinación Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires Sociedad del Estado
(CEAMSE)

Roberto Sánchez

Instituto Argentino del Envase

Norma Sbarbati Nudelman

Instituto del Ambiente, Academia Nacional de Ingeniería (ANI)
Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN)

Giada Seraffini

CAIRPLAS

Martina Uthurralt

ECOPLAS

EL DERROTERO DE LA BASURA PLÁSTICA EN EL RÍO PARANÁ MEDIO

*Martín C. M. Blettler*¹; Elie Abrial¹;
Clara Mitchell²; Luis A. Espinola¹.*

¹Instituto Nacional de Limnología, INALI (CONICET-UNL), Santa Fe, Argentina.

²Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA), Rosario, Argentina.
mblettler@inali.unl.edu.ar

Resumen

Los ríos desempeñan un papel crucial en el transporte de desechos plásticos hacia los océanos. Sin embargo, estos ecosistemas fluviales se ven directamente impactados por este tipo de contaminante. Si bien se han hecho destacados esfuerzos por cuantificar y tipificar esos impactos en algunos ríos del planeta, éstos aun resultan insuficientes y exiguos considerando la magnitud y extensión del problema.

Si bien la contaminación plástica en el río Paraná Medio (PM) está actualmente siendo estudiada, el conocimiento que se tiene sobre este contaminante emergente sigue siendo escaso, dadas las dimensiones de este río, las numerosas metrópolis asentadas sobre sus márgenes, su importancia en cuanto a bienes y servicios ecosistémicos (ecológicos, culturales, sociales y económicos) y el evidente grado de deterioro ambiental al que está sujeto.

El presente capítulo compila y discute los principales estudios sobre contaminación plástica en el río PM, considerando variados aspectos tales como el origen de los residuos plásticos, vías de ingreso al río, cantidades y tipos de plásticos transportados y/o depositados e impactos sobre la biota. Finalmente, se proponen y discuten medidas de mitigación con el objetivo de aunar esfuerzos entre científicos, ciudadanía, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, en pos de mitigar este flagelo ambiental.

Palabras claves: Contaminación plástica, macro-, meso- y microplástico, río Paraná Medio, Sudamérica.

Abstract

"The journey of plastic garbage in the Middle Paraná River". Rivers are known to play a critical role in transporting land-based plastic debris to the world's oceans, but riverine ecosystems are also directly impacted by

plastic pollution. Although notable scientific efforts have been made to quantify and classify these impacts, they are still insufficient and biases considering the magnitude and extension of this environmental problem.

While plastic pollution is currently being studied in the Middle Paraná River (Argentina), the knowledge about this emerging pollutant is still scarce considering the great dimension of this river, the populous metropolises settled on its banks, its importance in terms of ecosystem goods and services and its evident environmental deterioration.

This chapter compiles and discusses the main studies on plastic pollution in this river, taking into account various aspects such as the origin of plastic waste, routes of entry to the river, quantities and types of plastics transported and/or deposited and impacts on biota. Finally, mitigation measures are proposed and discussed in order to reduce plastic pollution.

Key words: Plastic pollution, macro-, meso- and microplastic, Middle Paraná River, South America.

1. Plásticos en ambientes fluviales

1.1. Ríos vs. ambientes marinos

Los esfuerzos científicos en el estudio de la contaminación plástica se han centrado en ambientes acuáticos marinos, desde que se considerase a los plásticos como un contaminante emergente. Si bien el número de estudios científicos realizados en ambientes acuáticos continentales (ríos, arroyos, lagunas, etc.) ha aumentado considerablemente en la última década, estos ambientes han sido y aún son relegados en relación a los primeros. Blettler et al. [1] confirmaron que el 87% de los estudios científicos sobre contaminación plástica se han focalizado sobre ambientes marinos y tan solo el 13% sobre sistemas de agua dulce.

Esta desproporcional brecha en el conocimiento científico se puede explicar en gran medida por la creencia ampliamente difundida de que todos los plásticos transportados por los ríos terminan en los océanos. Sin embargo, esta opinión se opone a estudios recientes que sugieren que vastos volúmenes de residuos plásticos podrían ser retenidos en los mismos sistemas fluviales [2-3]. Así, queda claro que no hay razón científica que justifique este notorio sesgo en el conocimiento, el cual, por lo tanto, debe ser subsanado.

1.2. Macroplásticos vs. microplásticos

Otro aspecto en el estudio de la contaminación plástica que en gran medida se pasa por alto, es el de las partículas plásticas de un tamaño superior a 5 mm (meso- y macroplásticos). La $\frac{3}{4}$ parte (76%) de los estudios científicos en todo el mundo se han focalizado en partículas de microplásticos (menores de 5 mm). Probablemente, esto se deba a su disponibilidad inmediata para la ingestión por parte de organismos acuáticos [1]. Sin embargo, la importancia de los meso- y

particularmente de los macroplásticos no debería subestimarse dado que éstos: i) son importantes fuentes secundarias de microplásticos debido a los procesos de degradación / fragmentación ([4]; ver más adelante Sección “De macroplásticos a microplásticos”). ii) Los meso- y macroplásticos representan la fracción más significativa en términos de peso [5]. iii) Aves, reptiles y mamíferos pueden enredarse o ingerir macroplásticos, causando asfixia, inanición y ahogamiento [6-7]. En este sentido, no hay razones para suponer que los macro- son menos peligrosos para el medioambiente que los microplásticos [1]. Por último, a diferencia de los microplásticos, el impacto ambiental de los macroplásticos puede al menos ser mitigado a través de campañas de recolección y limpieza de ambientes naturales. Si bien esta medida tan solo tiende a reducir en parte los niveles de contaminación sin solucionar el problema de fondo (i.e. los altos niveles de producción y consumo de plástico, así como el mal manejo de los residuos que éstos generan), aun no existen técnicas efectivas (eficientes y de bajo coste) para remover los microplásticos del ambiente natural ([8]; ver más adelante Sección “Medidas de mitigación”).

1.3. De macroplásticos a microplásticos

Una vez que los residuos plásticos (en su forma original de macroplásticos) llegan a los distintos ambientes naturales (ríos, playas, mar, etc.), comienza el fenómeno de la meteorización o fragmentación de los mismos. La meteorización de los polímeros es comúnmente causada por fotooxidación (radiación solar, principalmente UV-B), oxidación fototérmica, abrasión mecánica (dada por viento, corrientes y olas sobre la arena o rocas), hidrólisis y biodegradación. Reacciones fotoquímicas causadas por la absorción de la radiación U.V. inducen la oxidación, lo que hace que los plásticos sean frágiles y fáciles de romperse debido a su elasticidad decreciente [9].

Las micropartículas de plástico originadas por cualquiera de esos fenómenos químicos y físicos se llaman microplásticos de origen secundario y suelen representar la mayoría de los microplásticos en todo el mundo [10]. Por lo tanto, es importante comprender los procesos y mecanismos de fragmentación de los macroplásticos si se quiere predecir el destino de los microplásticos en el ambiente.

La degradación fotooxidativa y fototérmica pueden tener mayores efectos en los plásticos depositados en las playas fluviales que en la superficie del agua y suelo, debido a la mayor disponibilidad de radiación UV y oxígeno en combinación con una mayor exposición [11].

1.4. Transporte, retención y re-movilización de macroplásticos en ríos.

Si bien se han realizado estudios teóricos y experimentales en laboratorio describiendo el transporte de los microplásticos en ríos [12], los estudios del transporte de macroplásticos son aún muy escasos y meramente empíricos [3].

Debido a que los macroplásticos se fabrican en formas y tamaños muy disimiles y los polímeros comerciales más habituales poseen variada densidad (mayor y menor que la del agua), éstos se pueden transportar en ambientes fluviales

de diferentes maneras: i) flotando en la superficie, ii) dentro de la columna de agua, o iii) como parte de la carga de lavado del lecho [3,13]. Esas formas de transporte tienen consecuencias importantes no solo para las tasas, períodos y lugares de retención de plásticos, sino también para los procesos de degradación, abrasión y fragmentación.

Durante la etapa de crecientes e inundaciones de los ríos, los macroplásticos depositados sobre las márgenes son removilizados y transportados por la corriente. Esta etapa es relativamente corta pero la más efectiva en la dispersión aguas abajo, debido al incremento en las velocidades de la corriente. Por otro lado, la retención de macroplásticos puede ser más marcada durante la faja decreciente del pico de inundación, cuando los objetos quedan depositados en las márgenes y varados en la vegetación riparia que emerge gradualmente. Sin embargo, recientes estudios muestran relaciones contradictorias entre el caudal de los ríos y las concentraciones de plástico en transporte [2].

Aún existe una clara necesidad en el desarrollo de un trasfondo teórico para el transporte, retención y removilización de macroplásticos en sistemas fluviales [5].

2. Plásticos en el río Paraná Medio (PM)

2.1. Macroplásticos

La gran cantidad de residuos plásticos registrados en el río Paraná y su planicie aluvial [1,14-16] así como el origen de los mismos (la mayoría de origen domiciliario), sugieren una deficiente recolección, procesamiento y/o disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) en ciudades aledañas a los sitios de muestreo (por ejemplo, Paraná, Santa Fe, Rosario). La mala gestión de residuos es uno de los problemas ambientales clave relacionados con la contaminación de hidrosistemas urbanos a escala local y global. Sin embargo, en el Sur Global (la nueva denominación con que UNESCO aglutina a diversos países en desarrollo de África, América Latina y el Caribe y Asia) la gestión de RSU todavía se basa en el uso de vertederos a cielo abierto (formales o informales), sin procesamiento alguno de la basura [17]. Como resultado, se producen graves problemas ambientales y una creciente contaminación por plásticos, particularmente en los sistemas de agua dulce. Más del 90% de los residuos domiciliarios en los países de bajos ingresos se arrojan en estos vertederos abiertamente y sin procesamiento previo [18]. En Argentina, el aumento de la población y de los niveles de consumo han acelerado enormemente la tasa de generación de residuos (1,14 kg per cápita per día; [18]).

Sin embargo, yendo más atrás en la cadena de eventos, debe considerarse otro factor, además de la gestión de los residuos plásticos, que es la producción de residuos plásticos (más allá del tratamiento final que se les dé). Con la mayor población, China produce casi 60 millones de toneladas de residuos plásticos por año. Le siguieron Estados Unidos con 38 millones, Alemania con 14,5 millones y Brasil con 12 millones de toneladas [19]. En Argentina se generan 16,5 millones de toneladas de residuos anuales (según la Dirección Nacional de Gestión Integral de

Residuos), de las cuales 15% es plástico. Como resultado, Argentina produce unos 2,5 millones de toneladas de residuos plásticos por año, bastante por debajo de los países antes mencionados. Según la Cámara Argentina de la Industria Plástica, en Argentina el consumo anual de plásticos por habitante subió de 11,5 kg en 1990 a 43,6 kg en 2013, desde entonces se ha mantenido estable.

La mayoría de los macroplásticos registrados en el río PM son plásticos flexibles, como bolsas tipo “camiseta” (polietileno de alta y baja densidad), empaques de alimentos (polipropileno, poliestireno), botellas de bebidas (tereftalato de polietileno), envases de productos de cuidado personal y de limpieza (polietileno de alta densidad y tereftalato de polietileno), bandejas y fragmentos de Telgopor (retroacrónimo de “tela de goma porosa” o poliestireno expandido) [14-16] (Figura 1a).

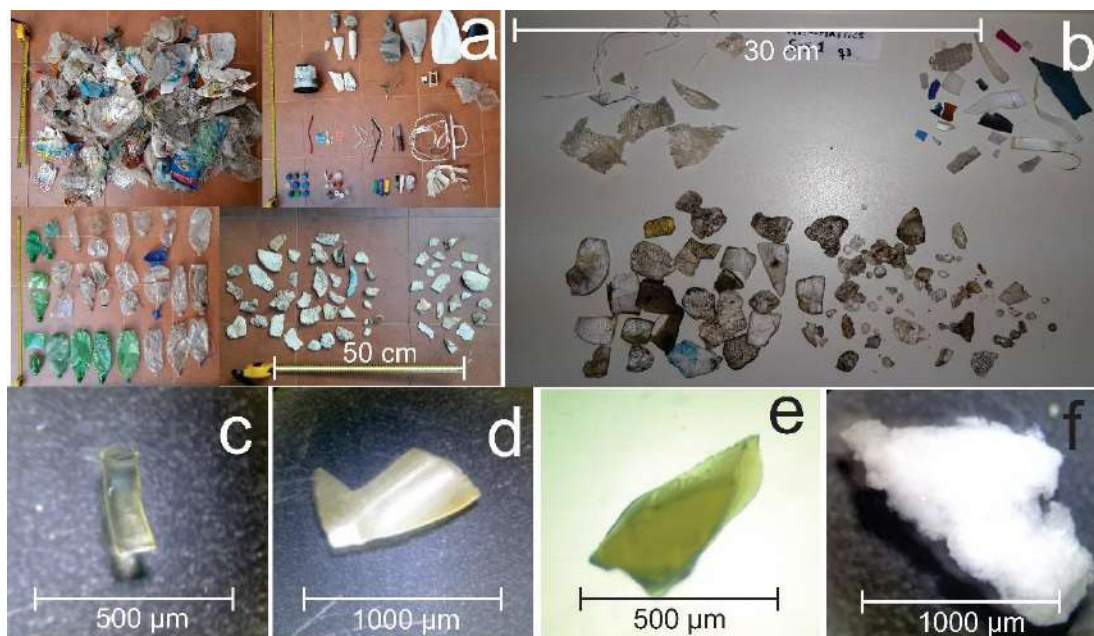


Fig 1. Ejemplos de macro- (a), meso- (b) y microplásticos (c - f) registrados en sedimentos expuesto de la laguna Setúbal (Santa Fe). c) Pieza de nylon (denominación genérica de poliamida), d) pieza de tereftalato de polietileno, e) pieza de polimetacrilato de metilo (PMMA, también conocido como acrílico), y f) pieza de poliestireno expandido (modificado de [14]).

2.2. Mesoplásticos

Los productos de poliestireno expandido (recipientes y bandejas para llevar comidas, vasos descartables, protectores de empaques, etc.) se encuentran de forma generalizada en el PM. El poliestireno expandido se informa comúnmente como uno de los principales residuos recuperados de costas marinas y playas fluviales en todo el mundo [15-16,20]. Como resultado, la prohibición de este tipo de material y productos está actualmente siendo discutida en varios países [21]. Según

Blettler et al. [15], este material se fragmenta fácilmente una vez que alcanza los ambientes naturales originando grandes cantidades de mesoplástico (entre 5mm y 2,5 cm) en el PM (Figura 1b).

2.3. Microplásticos

En cuanto a los microplásticos en el margen del río Paraná, Blettler et al. [15] encontraron un promedio de más de 5200 microplásticos m^{-2} (rango de tamaño: 0,35-5 mm) en los sedimentos de las márgenes del río Paraná (en cercanías de la ciudad homónima), que van desde solo 75 hasta un máximo de 34400 microplásticos m^{-2} en las áreas más poluídas como desembocadura de ríos urbanos (Figura 1c). A su vez, Mitchell et al. [16] registraron una media de 18500 microplásticos m^{-2} en las playas cercanas a la Ciudad de Rosario.

Mientras tanto, en un estudio similar pero realizado en la laguna Setúbal, gran laguna aluvial conectada al río Paraná sobre la ciudad de Santa Fe, Blettler et al. [14] registraron un promedio significativamente menor, de sólo unos 700 microplásticos m^{-2} .

El microplástico puede presentarse en forma primaria (básicamente micro perlas y pellets) o secundaria (originada por la fragmentación de artículos plásticos más grandes). En el río PM claramente dominan los microplásticos secundarios por sobre los primarios. Aunque esta afirmación es dependiente de la clasificación que se adopte, dado que las fibras son clasificadas como microplásticos secundarios según algunos autores [22] pero como primarios según otros [23]. Se debe prestar especial atención a la ropa sintética, que es una fuente importante fuente de fibras (microplásticos secundarios según Dris et al. [22]) a través del lavado. Algunas muestras de microplásticos recolectados de las playas de Rosario fueron estudiadas con un espectrómetro infrarrojo obteniendo como resultado una forma oxidada de polietileno [16]. Este resultado es interesante porque el polietileno es uno de los plásticos más utilizados a nivel mundial [24] y también el más encontrado en muchos otros estudios [22,25], pero también porque la oxidación provoca la fragmentación del material generando aún más microplásticos en el ambiente.

Microplásticos de origen primario como micro perlas o pellets (utilizados en cosméticos y productos de cuidado personal, depuradores industriales utilizados para limpieza abrasiva o gránulos vírgenes utilizados por la industria en procesos de fabricación de artículos plástico) no han sido registrados en el río Paraná. Una similar falta de microplásticos primarios fue verificada en el río Yangtze [26] y el embalse de las Tres Gargantas [27] en China, el río Saigón en Vietnam [28] y el estuario del mismo río Paraná [29]. No obstante, se observó una gran presencia de microperlas y otros microplásticos primarios en los ríos Rhine (Alemania) y St. Lawrence (Estados Unidos) ([30] y [31], respectivamente) y en Laurentian Great Lakes (Estados Unidos-Canadá) [32]. Esto es muy importante desde un punto de vista social e industrial (grado de desarrollo del país). En algunos países que se benefician de instalaciones avanzadas para el tratamiento de RSU (principalmente de Europa y Norteamérica), las emisiones de microplásticos secundarios son más bajas que las de los microplásticos primarios [33]. Las pérdidas de microplásticos

primarios pueden ocurrir durante las etapas de producción, transporte o reciclaje de plásticos, o durante la fase de uso de productos que contienen microplásticos (por ejemplo, microperlas originadas de limpiadores faciales ampliamente utilizados en países desarrollados; [33] y están asociadas a desarrollos industriales avanzados, como por ejemplo fábricas de artículos plásticos o de productos cosméticos. Esto contrasta con los microplásticos secundarios, que se originan principalmente a partir de la fragmentación en ambientes naturales de residuos mal gestionados (macroplásticos) [34]. Así, la dominancia de microplásticos secundarios en el PM confirma el problema de la mala gestión de los RSU (principalmente macroplásticos) e, indirectamente, el bajo grado de industrialización de la región en comparación con países del llamado Norte Global.

Otro gran problema que deja al descubierto la notoria presencia de fibras de origen secundario, es la falta de tratamiento de aguas cloacales. En la provincia de Santa Fe las ciudades que se encuentran a la vera de un curso de agua superficial que pueda asimilar los efluentes urbanos, como el río Paraná, no cuentan con plantas de tratamiento de líquidos cloacales. Similar realidad afronta la ciudad de Paraná (sólo por mencionar algunas).

En síntesis, la gran mayoría de los residuos registrados en el PM son empaques de un solo uso (descartables), por lo que urge un cambio por parte de estas industrias y sus embalajes, así como de los hábitos de consumo.

Por otro lado, cabe destacar que los residuos registrados no siempre provienen de las ciudades aledañas. En las campañas de limpieza y caracterización de residuos llamadas “Más Río Menos Basura” en la ciudad de Rosario, se han encontrado numerosos residuos provenientes de otras ciudades y países, principalmente Chaco, Brasil y Paraguay [35]. Por lo que los esfuerzos de reducción del consumo de plásticos y mejoras en los sistemas de tratamiento de residuos deberían realizarse en toda la cuenca.

2.4. Ríos y arroyos urbanos e islas

Los ríos y arroyos urbanos sufren de múltiples impactos ambientales y muchos de ellos se encuentran altamente degradados, especialmente en el Sur Global o países de bajos ingresos [36]. Como caso de estudio se puede mencionar al Arroyo urbano Las Viejas (que fluye a través de la ciudad de Paraná para desembocar en el río homónimo), el cual juega un papel crucial al transportar grandes cantidades de residuos plásticos y depositarlos en el balneario Thompson, inmediatamente aguas abajo de su confluencia con el río Paraná [15]. El arroyo Las Viejas discurre por toda la ciudad de Paraná, concentrando y transportando los residuos sólidos municipales deficientemente gestionados. Según Xu et al. [37] y McCormick et al. [38] muchos ríos urbanos se convierten en los puntos finales de la contaminación plástica (Figura 2a).



Fig. 2. Arroyo urbano “Las Viejas” (ciudad de Paraná) en su desembocadura al río Paraná (a), nótese la enorme cantidad de bolsas plásticas retenidas en sus sedimentos. b) Playa balnearia “Thompson”, inmediatamente aguas debajo de la desembocadura del arroyo Las Viejas. c) Alta concentración de botellas plásticas en Isla “Curupí” (frente a la ciudad de Paraná). d) La misma isla sobre su margen sur (nótese la falta de bolsas plásticas). Crédito: M. Blettler.

Por otro lado, Blettler et al. [15] registraron en islas del PM (isla Curupí) la dominancia de dos artículos plásticos de uso doméstico: botellas de bebidas y fragmentos de empaque de espuma (espuma de poliestireno), los cuales probablemente llegan ahí transportados por arroyos urbanos y luego por la corriente misma del río. Este proceso de transporte y retención diferenciado es facilitado por la alta flotabilidad de estos elementos y la dirección e intensidad de la corriente del río. De lo contrario, en la isla casi no se registraron bolsas de la compra y envoltorios de alimentos (artículos muy abundantes en playas o márgenes del río), lo que probablemente esté relacionado con su relativamente alta densidad (baja flotabilidad).

3. Impactos sobre la biota en el PM

3.1. Ingesta de microplásticos

La ingesta de plásticos por parte de la biota puede causar bloqueos internos y lesiones en el tracto digestivo, así como la liberación de elementos tóxicos [39]. Blettler et al. [15] registraron microplásticos en el tracto digestivo del 100% de los especímenes muestreados de *Prochilodus lineatus* (Sábalo), coincidiendo con los hallazgos de Pazos et al. [40] en el Río de la Plata. Esto último podría explicarse por la estrategia de alimentación detritívora de esta especie y la gran cantidad de

microplásticos registrados en el área de estudio. La frecuencia de ocurrencia de microplásticos en peces del río PM es más alta que en otros ríos regionales. Por ejemplo, Souza Oliveira et al. [41] estudiaron 14 especies de peces en la cuenca del alto Paraná, encontrando que tan solo el 2% del total de los peces estaba contaminado con microplásticos. Sin embargo, Urbanski et al. [42] registraron el 72% de los Sábalo con microplástico en su interior en ese mismo sector del Paraná. Santos et al. [43] registraron casi un 35% de *Iheringichthys labrosus* y un 18% de *Astyanax lacustris* contaminados con microplásticos en el río Uruguay.

La mayoría de los microplásticos registrados ingeridos por peces en el PM son fibras [15,40]. Varios estudios en todo el mundo también han registrado un mayor número de fibras ingeridas en comparación con otros tipos de microplásticos [39,44].

Pazos et al. [45] registraron en el Río de la Plata que el 90% de los microplásticos ingeridos por el bivalvo invasor *Limnoperna fortunei* fueron fibras (ver Capítulo “El impacto de los desechos plásticos y los microplásticos en la costa bonaerense”). La alta densidad de *L. fortunei* en la costa del Río de la Plata, sus muchos predadores y la gran presencia de microplásticos en sus tejidos blandos, advierten del importante papel que juega este mejillón en la transferencia de este contaminante a través de la red trófica del estuario.

3.2. Uso para la nidificación

Se ha reportado la incorporación de macrolásticos como material de nidificación en varias especies de aves marinas, como gaviotas [46], albatros [47], piqueros y alcatraces [48], etc. Sin embargo, son extremadamente pocos los estudios que abordan este tema en especies de aves asociadas a ríos y humedales. Blettler et al. [49] encontraron que el Espinero Grande (*Phacellodomus ruber*), una especie de ave que anida preferiblemente en los humedales de las llanuras aluviales del PM, usa cantidades enormes de desechos plásticos como material de nidación (más del 90% de la cámara de incubación de sus nidos está compuesta de materiales plásticos) (Figura 3). Esto ocurre incluso si se dispone de abundante vegetación en su entorno inmediato (comúnmente utilizada como material blando para la nidificación). Esta especie utiliza principalmente guata de poliéster y goma espuma, lo que probablemente se relacione con la capacidad de aislamiento térmico de este material [49].

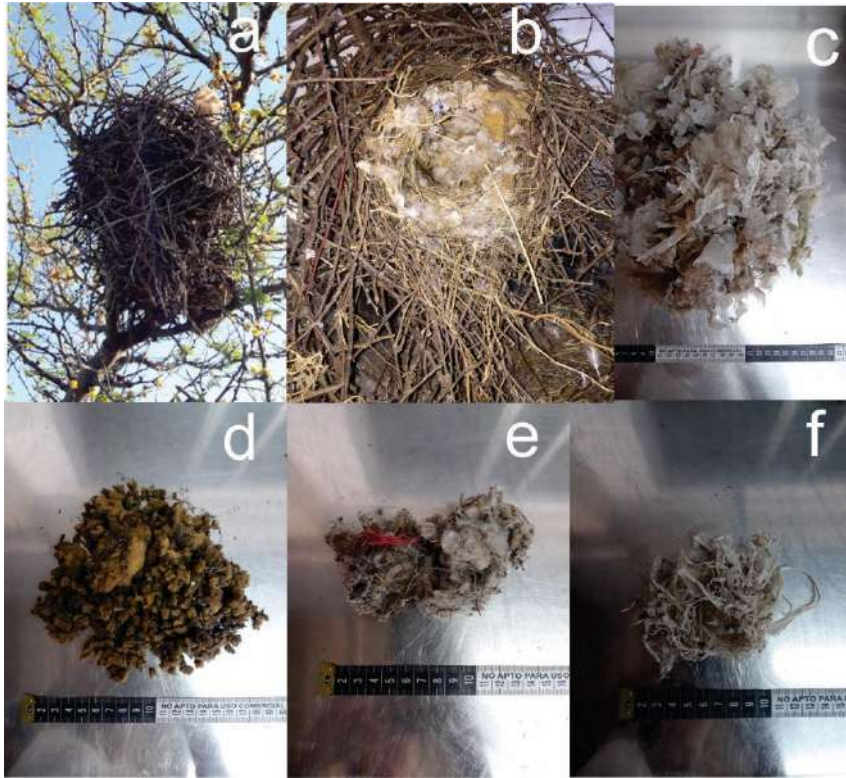


Fig. 3. Ejemplo de material antropogénico encontrado en tan solo un nido de *P. ruber* (Espinero grande) (a). b) La cámara de incubación visible después de retirar la gruesa capa externa del nido (ramas y espinas), mostrando la gran cantidad de diferentes materiales plásticos. c) Piezas laminares de plástico (890 fragmentos), la mayoría de ellas fragmentos de bolsas plásticas de supermercado. d) Fragmentos de goma-espuma (espuma de poliuretano). e) Guata sintética (poliéster). f) Filamentos sintéticos de diferente origen. Modificado de Blettler et al. [49].

3.3. Enredos

El enredo ocurre cuando un animal queda atrapado por un objeto de plástico (cuerda, hilo de pescar, red abandonada, bolsa, etc.). Los enredos con desechos macrolásticos reducen su capacidad de volar, nadar o correr. Los animales también corren el riesgo de estrangulación y asfixia [50]. Blettler y Wantzen [7] muestran algunos ejemplos de especies acuáticas enredadas en el río PM, ilustrando cuán común y peligroso pueden ser este fenómeno en la región (Figura 4).

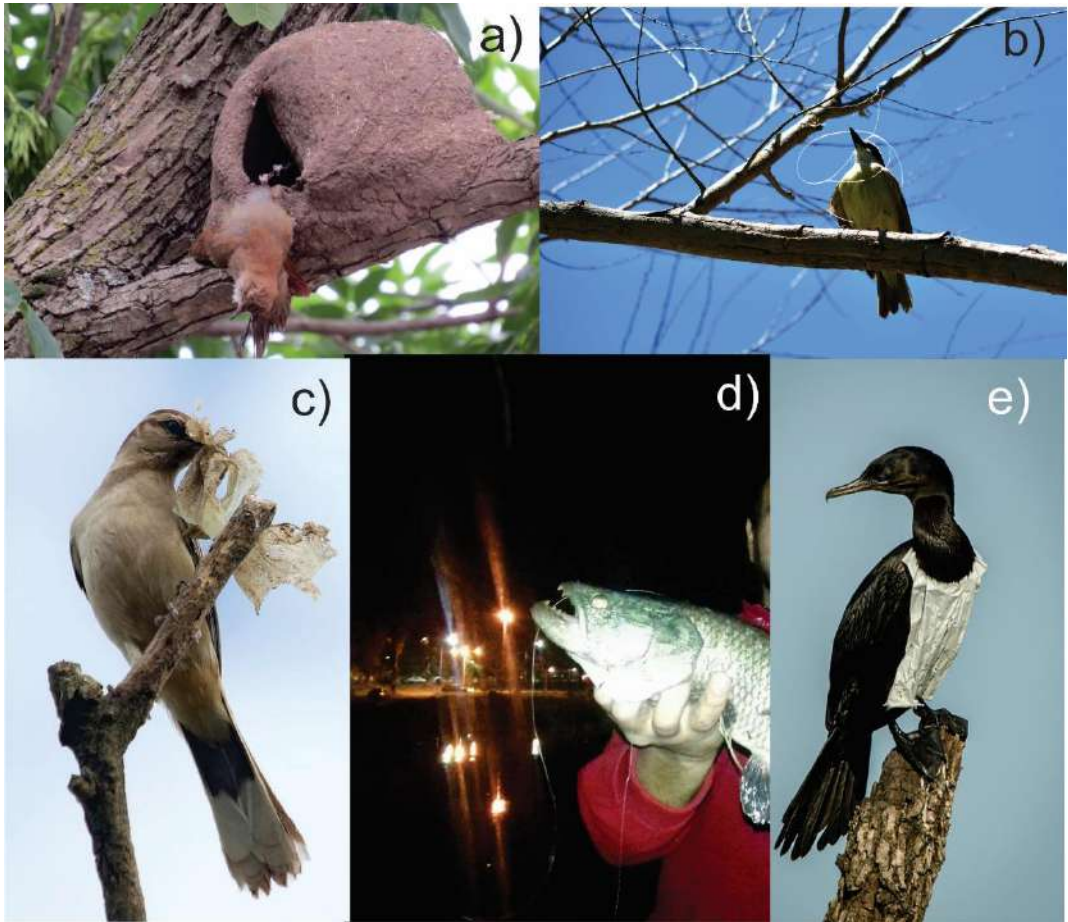


Fig. 4. Enredos de fauna autóctona con macroplásticos. a) Hornero (*Furnarius rufus*) enredado en tanza plástica, utilizada como material de nidificación, con consecuencias letales. b) Benteveo (*Pitangus sulphuratus*) enredado con un trozo de tanza de pesca (nylon). c) Calandria (*Mimus saturninus*) con un fragmento de bolsa plástica en su pico. d) Tararira (*Hoplias argentinensis*) registrando al momento de su captura sección de tanza de pesca entrando por su boca y saliendo por sus agallas. e) Biguá (*Phalacrocorax brasilianus*) con bolsa plástica enredada a través de su cuello. Créditos: C. Machado, A. Bianchi, P. Cantador, G. Berón.

3.4. Colonización

Zettler et al. [51] acuñaron el término “plastísfera” para describir la vida microbiana que coloniza y se desarrolla sobre superficie de residuos plásticos. Desde entonces, varios estudios se focalizaron sobre este tema, principalmente en ambientes marinos [52]. En el río PM la colonización del bivalvo *L. fortunei* ha sido documentada en ciertos objetos plásticos como botellas (Figura 5).



Fig.5. Colonia de *L. fortunei* adherida a a) fragmento de pañal (polietileno y polipropileno), y b) botella plástica (tereftalato de polietileno). Crédito: M. Blettler.

4. Medidas de mitigación

A continuación, se proponen algunas medidas de mitigación de la contaminación plástica en ríos, focalizando sobre los principales problemas detectados en el río PM.

4.1. Reducción del consumo de plásticos y manejo de los RSU

Cuando nos referimos a la problemática de los RSU y sus impactos en el ambiente fluvial, es importante recordar que no existe mejor residuo que aquel que no se genera. En este sentido, la implementación de las iniciativas de reducción del consumo de plásticos (especialmente de aquellos descartables), de responsabilidad extendida del productor y de basura cero son cruciales. Por otro lado, considerando que de todo el plástico global producido entre 1950 y 2015 tan sólo el 9% fue reciclado [24], queda claro que el reciclaje no aporta en sí mismo una solución real (ver capítulo “Políticas públicas y responsabilidad de las empresas en la crisis de contaminación plástica”).

Otro aspecto importante para reducir la contaminación plástica en cursos de agua es la eliminación de los basurales a cielo abierto debido a que los residuos no están completamente contenidos y se filtran al entorno circulante a través de lluvias, inundaciones y vientos [19,53]. Blettler et al [14] destacan que la contaminación plástica en la laguna Setúbal (Santa Fe) se relaciona directamente con la presencia de grandes basurales a cielo abierto (legales e ilegales), pertenecientes a las ciudades aledañas a este cuerpo de agua.

4.2. Limpieza de playas, ríos, desagües y ciencia ciudadana

En los últimos años, se han organizado numerosas campañas de limpieza en las playas del río Paraná usualmente dispuestas por organizaciones no gubernamentales, activistas o auto-convocados (por ejemplo, los eventos “Más Río Menos Basura” (Rosario), “Yo amo mi río” (Santa Fe) y “Auto-convocados y clubes rivereños” (Paraná). Grupos de investigadores del Instituto Nacional de Limnología (INALI; Lab. Hidro-ecología; Santa Fe) y del Centro Científico, Tecnológico y Educativo Acuario del río Paraná (Rosario) han puesto en práctica el concepto de

“ciudadanía científica” organizando y participando dichas campañas y obteniendo, a su vez, valiosos datos científicos de los elementos recuperados.

La remoción de macroplásticos de los ríos mediante barreras artesanales o redes instaladas en bocas de drenaje puede ser una acción relativamente eficiente. Sin embargo, al menos dos inconvenientes fundamentales deben ser destacados. En el caso de las primeras es su selectividad: sólo elementos plásticos flotantes serán retenidos. Actualmente, el equipo del Lab. de Hidroecología del INALI y la UNR (Rosario) lideran una investigación sobre la eficiencia de estas barreras bajo el auspicio de *the National Geographic Society*. En el caso de las segundas, su limpieza periódica debe ser garantizada (caso contrario, podrían ocasionar inundaciones al colmatar los desagües donde se instalan).

4.3. Tratamiento de efluentes cloacales

Como se mencionó con anterioridad, muchas ciudades ubicadas a la vera del río PM no realizan tratamiento de sus efluentes cloacales. Sin embargo, estudios recientes muestran que estos efluentes son una importante fuente de contaminación por microplásticos [54].

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Urge la necesidad de reducir el input de plásticos a los cuerpos de agua dulce y, particularmente, al río Paraná. El mayor problema detectado es la mala gestión de los RSU, gran parte de los cuales finalmente terminan acumulándose y contaminando los ambientes acuáticos naturales. Por este motivo, dicha gestión debe ser mejorada urgentemente.

Por otro lado, apremia implementar políticas públicas efectivas tendientes a reducir o eliminar el uso de los plásticos descartables (prohibición de ciertos artículos plásticos, implementación de la responsabilidad extendida del productor, etc.) para no congestionar los ya ineficientes sistemas de tratamiento de RSU.

La ciencia y los científicos juegan un papel clave para mantener alertada a la ciudadanía sobre las consecuencias ambientales del plástico como contaminante emergente, así como para proponer medidas de mitigación que deberían ser adoptadas por los distintos gobiernos.

REFERENCIAS

- [1] M. C. M. Blettler, E. Abrial, F. Khan, N. Sivri & L. A. Espínola, *Water Res.* **143**, 416 (2018).
- [2] D. González-Fernández, & G. Hanke. *Front. Mar. Sci.* **4**, 86 (2017).
- [3] T. van Emmerick, R. Tramoy, C. van Calcar, S. Alligant, R. Treilles, B. Tassin & J. Gasperi, *Front. Mar. Sci.* **6**, 642 (2019).
- [4] J. Gerritse, H. A. Leslie, C. A. de Tender, L. I. Devriese & A. Dick Vethaak, *Sci. Rep.* **10**, 10945 (2020).

- [5] M. Liro, T. Emmerik, B. Wyzga, J. Liro & P. Mikuś, *Water* **12**, 2055 (2020).
- [6] M. Thiel, G. Luna-Jorquera, R. Álvarez-Varas, C. Gallardo, I. Hinojosa et al., *Front. Mar. Sci.* **5**, 238 (2018).
- [7] M. C. M. Blettler & K. M. Wantzen, *Water. Air. Soil. Pollut.* **230**, 174 (2019).
- [8] S. Lucrezi & O. Digun-Aweto, *Mar. Pollut. Bull.* **155**, 111167 (2020).
- [9] D. W. Ihm & D. J. Kim, *Polym. Sci. Tech.* **9**, 479 (1998).
- [10] Y. K. Song, S. H. Hong, M. Jang, G. M. Han & W. J. Shim, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **69**, 279 (2015).
- [11] A. L. Andrady, *Mar. Pollut. Bull.* **62**, 1596 (2011).
- [12] A. Ockelford, A. Cundy & J. E. Ebdon, *Sci. Rep.* **10**, 1865 (2020).
- [13] J. Castro-Jiménez, D. González-Fernández, M. Fornier, N. Schmidt & R. Sempéré, *Mar. Pollut. Bull.* **146**, 60 (2019).
- [14] M. C. M. Blettler, M. Ulla, A. P. Rabuffetti & N. Garello, *Environ. Monit. Assess.* **189**, 581 (2017).
- [15] M. C. M. Blettler, N. Garello, L. Ginon, E. Abrial, L. A. Espínola & K. M. Wantzen, *Environ. Pollut.* **255**, 113 (2019).
- [16] C. Mitchell, M. C. Quaglino, V. M. Posner, S. E. Arranz & A. A. Sciara, *Environ. Sci. Pollut. Res.* DOI: 10.1007/s11356-020-11686-z (2020).
- [17] L. A. Guerrero, G. Maas & W. Hogland, *Waste Manag.* **33**, 220 (2013).
- [18] S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata & F. Van Woerden, *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*, World Bank Group, 2018.
- [19] H. Ritchie, "Plastic Pollution". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>', 2018.
- [20] Ocean Conservancy, *Stemming the tide: land-based strategies for a plastic-free ocean*, McKinsey and Company, New York, 2015.
- [21] UN Environment, *Annual report: putting the environment at the heart of people's lives*, 2018.
- [22] R. Dris, H. Imhof, W. Sanchez, J. Gasperi, F. Galgani, B. Tassin & C. Laforsch, *Environ. Chem.* **12**, 539 (2015).
- [23] M. Cole, P. Lindeque, E. Fileman, C. Halsband, R. Goodhead, J. Moger, T. S. Galloway, *Environ. Sci. Technol.* **47**, 6646 (2013).
- [24] R. Geyer, J. R. Jambeck, & K. L. Law, *Sci. Advances* **3**, 1700782 (2017).
- [25] J. Wang, J. Peng, Z. Tan, Y. Gao, Z. Zhan, Q. Chen & L. Cai, *Chemosphere* **171**, 248 (2017).
- [26] K. Zhang, W. Gong, J. Lv, X. Xiong & C. Wu, *Environ. Pollut.* **204**, 117 (2015).
- [27] K. Zhang, X. Xiong, H. Hu, C. Wu, Y. Bi et al., *Environ. Sci. Technol.* **51**, 3794 (2017).
- [28] L. Lahens, E. Strady, T. C. Kieu-Le, R. Dris, K. Boukerma, E. Rinnert, J. Gasperi & B. Tassin, *Environ. Pollut.* **236**, 661 (2018).
- [29] R. S. Pazos, D. E. Bauer & N. Gomez, *Environ. Pollut.* **243**, 134 (2018).
- [30] T. Mani, A. Hauk, U. Walter & P. Burkhardt-Holm, *Sci. Rep.* **5**, 17988 (2015).
- [31] R. Castaneda, S. Avlijas & A. Ricciardi, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **71**, 1767 (2014).
- [32] M. Eriksen, S. Mason, S. Wilson, C. Box, A. Zellers, W. Edwards, H. Farley & S. Amato, *Mar. Pollut. Bull.* **77**, 177 (2013).
- [33] T. Gouin, J. Avalos, I. Brunning, K. Brzuska, J. de Graaf, J. Kaumanns, T. Konong, M. Meyberg, K. Rettinger & H. Schlatter, *SOFW J.* **141**, 40 (2015).

- [34] J. Boucher & D. Friot, *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*, Gland, IUCN, Switzerland, 2017.
- [35] Colectivo de instituciones "Más Río Menos Basura", *Informe "Residuos en el Río Paraná – Rosario: Orígenes, impactos y acciones ante una amenaza global y local"*, 2019, <http://www.masriomenosbasura.org/wp-content/uploads/2019/09/Residuos-en-el-R%C3%ADo-Paran%C3%A1-Rosario-M%C3%A1s-R%C3%ADo-Menos-Basura-2018.pdf>.
- [36] K. M. Wantzen, C. B. M. Alves, S. D. Badiane, R. Bala, M. C. M. Blettler et al., *Sustainability* **11**, 4965 (2019).
- [37] Z. Xu, J. Xu, H. Yin, W. Jin, H. Li & Z. He, *Nat. Sustain.* **2**, 158 (2019).
- [38] A. R. McCormick, T. J. Hoellein, M. G. London, J. Hittie, J. W. Scott & J. J. Kelly, *Ecosphere* **7**, 01556 (2016).
- [39] M. A. Nadal, C. Alomar & S. Deudero, *Environ. Pollut.* **214**, 517 (2016).
- [40] R. S. Pazos, T. Maiztegui, D. Colautti, A. Paracampo & N. Gomez, *Mar. Pollut. Bull.* **122**, 85 (2017).
- [41] C. W. de Souza Oliveira, C. do Santos Corrêa & W. S. Smith, *Água*. **15** (2020). DOI: 10.4136/ambi-agua.2551.
- [42] B. Q. Urbanski, A. C. Denadai, M. Azevedo-Santos & M. G. Nogueira, *Biota Neotropica* **20** (2020). DOI: [10.1590/1676-0611-bn-2020-1005](https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2020-1005).
- [43] T. do Santos, R. Bastian, J. Felden, A. M. Rauber, D. A. Reynalte-Tataje & F. Teixeira de Mello, *Brazil. Acta Limnol. Bras.* **32** (2020). DOI: 10.1590/s2179-975x3020.
- [44] J. Bellas, J. Martínez-Armental, A. Martínez-Camara, V. Besada & C. Martínez-Gomes, *Mar. Pollut. Bull.* **109**, 55 (2016).
- [45] R. S. Pazos, F. Spaccesi, N. Gómez, *Reg. Stud. Mar. Sci.* **38**, 101360 (2020).
- [46] F. Yaghmour & A. S. Al Marashda, *Mar. Pollut. Bull.* **150**, 110715 (2020).
- [47] D. Nel & J. Nel, *CCAMLR Sci.* **6**, 85 (1999).
- [48] N. J. O'Hanlon, A. L. Bond, J. L. Lavers, E. A. Masden & N. A. James, *Environ. Pollut.* **255**, 113152 (2019).
- [49] M. C. M. Blettler, L. Gauna, A. Andréault, E. Abrial, R. E. Lorenzón, L. A. Espínola & K. M. Wantzen, *Environ. Sci. Pollut. Res.* **27**, 41647 (2020).
- [50] R. Allen, D. Jarvis, S. Sayer & C. Mills, *Mar. Pollut. Bull.* **64**, 2815 (2012).
- [51] E. R. Zettler, T. J. Mincer & L. A. Amaral-Zettler, *Environ. Sci. Technol.* **47**, 7137 (2013).
- [52] C. Dussud, C. Hudec, M. George, P. Fabre, P. Higgs, S. Bruzaud et al., *Front. Microbiol.* **9**, 1571 (2018).
- [53] S. Gündogdu, C. Çevik, B. Ayat, B. Aydoğan & S. Karaca, *Environ. Pollut.* **239**, 342 (2018).
- [54] C. Rolsky, V. Kelkar, E. Driver & R. U. Halden, *Current Opinion Environ. Sci. Health* **14**, 16 (2020).



RESIDUOS PLÁSTICOS EN ARGENTINA. SU IMPACTO AMBIENTAL Y EN EL DESAFÍO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

ISBN 978-987-4111-15-9



9 789874 111159



ANCEFN

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales