



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 MAgDS 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 ANCEFN 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

MICROPLÁSTICOS: MACROPROBLEMAS

*María F. Ríos^{1,2}, Federico Márquez^{2,3,4}, Melisa Gatti², David Galván¹,
Gonzalo Bravo^{2,3}, Gregorio Bigatti^{2,3,4} y Martín I. Brogger^{2,3,*}*

¹ Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CCT CENPAT, Boulevard Brown 2915, U9120ACD Puerto Madryn, Chubut, Argentina

² Fundación ProyectoSub

³ Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), CCT CENPAT, Boulevard Brown 2915, U9120ACD Puerto Madryn, Chubut, Argentina

⁴ Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB), Bvd. Brown 3100; U9120ACV Puerto Madryn, Chubut, Argentina

* E-mail: brogger@cenpat-conicet.gob.ar

Resumen

En este capítulo se introduce el problema ambiental que representan las pequeñas partículas de plástico denominados microplásticos. La intención del presente capítulo no es profundizar en aspectos específicos de dicha problemática, sino presentar una visión general de la misma, que permita al lector tener un panorama general de la situación actual en nuestro planeta y puntualmente en Argentina. Para ello, se presenta un compendio de toda la información científica que se encuentra publicada a la fecha sobre ambientes acuáticos del país. Se hace especial hincapié sobre el impacto que tienen los microplásticos en los organismos, los ecosistemas marinos y en el ser humano. Por otro lado, se pone foco en la problemática de la contaminación por microplásticos y su articulación con la ciencia, aportando la visión de la sociedad y la importancia de la participación de distintas organizaciones no gubernamentales que promueven el cuidado ambiental mediante programas y comunicación de la ciencia. Por último, se hace un aporte a la mitigación del problema mediante la concientización, prevención y reducción del uso indiscriminado de plásticos y la consiguiente contaminación por microplásticos, mediante un enfoque integral considerando a los distintos actores de la sociedad.

Palabras clave: Contaminación; microfibras; Plasticeno; concientización ambiental; ciencia ciudadana.

Abstract

Microplastics: macroproblems. This chapter introduces the environmental problem represented by small plastic particles called microplastics. The intention of this chapter is not to delve into specific

aspects of said problem, but to present a general vision of it, allowing to the reader to have a general overview of the current situation on our planet, and specifically in Argentina. A compendium of all the scientific information available published to date for aquatic environments in the country is presented. Special emphasis is placed on the impact that microplastics have on organisms, marine ecosystems, and humans. On the other hand, it focuses on the problem of contamination by microplastics and its articulation with science, providing the vision of society and the importance of the participation of different non-governmental organizations that promote environmental care through programs and outreach of the science. Finally, a contribution is made to mitigating the problem through awareness, prevention and reduction of the indiscriminate use of plastics and the consequent contamination by microplastics, through a comprehensive approach considering the different social stakeholders.

Keywords: Pollution; microfibers; Plasticene; environmental awarness; citizen science.

INTRODUCCIÓN

Al igual que ocurre con los residuos plásticos más grandes, no existe información cuantitativa respecto al tipo de plástico que componen las fracciones de microplásticos, sino que estos son clasificados principalmente de acuerdo a: su tamaño (por definición), la función original para la cual fueron fabricados y su forma geométrica.

Por definición, el término microplásticos se emplea para nombrar a aquellos plásticos que miden entre 5 mm y un tercio de milímetro. Además, en base a si su tamaño pequeño es intencional o accidental, se los clasifica como “primarios” o “secundarios”. Se denominan microplásticos primarios cuando se fabrican originalmente en tamaño pequeño para uso directo o como precursores de otros productos como las fibras sintéticas, los *pellets* industriales y las microperlas (*microbeads*) agregadas a productos cosméticos. Luego, su forma quedará determinada por su origen y función, pudiendo encontrarse microplásticos primarios con distintas formas (esféricos, cilíndricos, discoidales o cúbicos). Por ejemplo, las microperlas son muy empleadas en la industria cosmética como reemplazantes de ciertos exfoliantes naturales en productos cosméticos de un solo uso, como limpiadores de maquillajes o pastas dentales. Estas microperlas son supuestamente retenidas en los filtros de las plantas de tratamiento de aguas de desecho. Sin embargo, muchas de estas plantas no están diseñadas ni tienen la capacidad de separar efectivamente estos microplásticos, por lo cual son liberados finalmente en los sistemas acuáticos [1].

Los microplásticos secundarios son fragmentos de otros artículos de plástico más grandes. Debido al deterioro continuo de los plásticos, existe una enorme variedad de tamaño, forma, color y tipo de polímero entre los microplásticos

secundarios, principalmente representados por hilos de microfibras sintéticas o fragmentos con formas irregulares.

Los fragmentos de microfibras sintéticas son considerados microplásticos secundarios. Consisten en pequeños hilos de plástico provenientes de diversos productos fabricados con polyester, nylon, acrílico y otros textiles sintéticos, presentes en la ropa, los neumáticos, las redes de pesca, las colillas de cigarrillos y las alfombras, entre otros.

Los principales factores responsables del deterioro de los plásticos son la luz ultravioleta y la abrasión física por el entorno de una playa o el oleaje en los ambientes marinos. La radiación solar UV-B y las altas temperaturas tienen un mayor impacto en materiales plásticos expuestos a ambientes terrestres, por lo que estos materiales se degradarán a un ritmo relativamente más rápido en tierra que en el mar.

La ubicuidad y predominancia de desechos plásticos en el océano, frente a otros residuos como ser los derivados de la madera, como papeles o cartón, refleja la excepcional durabilidad y persistencia de estos materiales en el ambiente [2].

1. Microplásticos en organismos y ambientes marinos

1.2. Origen de los microplásticos y su destino en los distintos ambientes

Dado que la mayor parte de las actividades antropogénicas ocurren en tierra firme, resulta esperable que la mayor cantidad de contaminación por microplásticos se origine en la parte continental del planeta [3]. Los plásticos (de cualquier tamaño) llegan al mar transportados por ríos, aguas residuales, el viento, o a través de actividades humanas como la acuicultura, la pesca, el transporte marítimo y el turismo.

Se ha reportado que cada año aproximadamente 13 millones de toneladas de desechos plásticos o sintéticos alcanzan el océano a través de cursos de agua, de los cuales el 85% tiene a Asia como lugar de origen. Los macroplásticos (>5 mm) ingresan en los ambientes marinos a través de su vertido directo o desecho, o a causa de un incompleto manejo de residuos. Estos son el origen de una gran proporción de microplásticos secundarios que afectan hoy en día, y que seguirán teniendo un impacto a futuro en los ambientes acuáticos.

Debido principalmente a las propiedades físicas de los materiales plásticos, su longevidad y resistencia a la descomposición los microplásticos pueden viajar grandes distancias flotando en el agua o también acumularse en los sedimentos del fondo marino. Así, su presencia es especialmente notoria en los grandes giros oceánicos, y menos evidente, pero con mayor presencia en los fondos de aguas profundas, que sin duda se han convertido en los más grandes basurales alguna vez conocidos. Recientes estudios estimaron la presencia de unos 14 millones de toneladas de microplásticos atrapadas en los primeros 9 cm de sedimentos de los fondos oceánicos del mundo [4]. Este valor indicaría que hay hasta cincuenta

veces más cantidad de plásticos en estos ambientes que los presentes en la superficie del océano.

A pesar del impacto directo que tiene la industria pesquera como responsable de los enmallamientos y la presencia de redes fantasma en el océano, no sería este el principal causante de la presencia de microfibras en los océanos, sino que se estima que el 98% de las microfibras sintéticas en los ambientes marinos tiene origen terrestre [5]. La principal fuente de microfibras sintéticas presentes en el ambiente es la fabricación de textiles, su uso, lavado y descarte. Ya sea por un origen doméstico o industrial, durante el prelavado y confección de prendas nuevas, las microfibras se desprenden y son liberadas a los drenajes urbanos (Fig. 1). En segundo lugar, se encuentra el origen proveniente del desgaste de los neumáticos de los vehículos sobre las rutas y caminos. Los mismos están fabricados por polímeros sintéticos, que son liberados en forma de fibras, para luego ser arrastradas ya sea por el agua de lluvia o los vientos a los cursos de agua o drenajes, alcanzando eventualmente el océano.

1.3. Impacto de los microplásticos en los organismos: problema físico y químico en las cadenas tróficas

Por su tamaño y ubicuidad, los microplásticos se encuentran muy extendidos en el medio marino tanto en la columna de agua, en las costas como en los sedimentos submareales y por lo tanto, se encuentran disponibles para ser consumidos por una amplia gama de organismos, especialmente por aquellos de niveles tróficos inferiores como invertebrados o peces pequeños. La contaminación plástica causa daños a la vida silvestre por enredos e ingestión y además existe la inquietud de que pueda presentar peligros para la salud humana.

Al ser ingeridos por organismos marinos, ya sea de manera involuntaria o voluntaria al confundirlos con alimento, los microplásticos ingresan en las cadenas tróficas pudiendo causar impactos negativos tanto físicos como químicos. El impacto físico incluye daños internos o bloqueos en los tractos digestivos de los organismos que los ingieren, causando en ellos falsa saciedad. Según estudios recientes se ha comprobado que unas 700 especies marinas se encuentran afectadas por detritos marinos (en su mayoría, plásticos) [6]. Sin embargo, en el caso de los organismos de mediano y gran tamaño, el riesgo de sufrir impactos negativos por la exposición a microplásticos sería menor que en los organismos de pequeño tamaño. Algunos trabajos sugieren que al igual que con otros tipos de material no digeribles como partículas de arena, escamas de peces o exoesqueletos de invertebrados, las partículas plásticas podrían ser desechadas de la misma forma, sin generar necesariamente algún daño en el organismo [7]. Sin embargo, los organismos de tamaños medianos a grandes pueden incorporar los microplásticos por traslocación al sistema circulatorio, siendo luego estos alojados en sus tejidos internos. En este sentido hay reportes de microplásticos en músculo, hígado o branquias [8].



Fig. 1. Esquema ejemplificando una de las principales rutas de llegada de las microfibras sintéticas hasta el medioambiente (tomado y modificado del original: *plasticsoupfoundation.org*)

Menos evidentes, pero no por eso de menor relevancia, son los impactos químicos que posee la ingestión de estos plásticos. Debido a su gran área de superficie en relación al volumen, las partículas de plástico a pequeña escala están propensas a una mayor exposición a los contaminantes, con concentraciones varios órdenes de magnitud mayores que las del medio ambiente. Estos microplásticos funcionan como eficientes sistemas de colección y entrega de contaminantes tóxicos, como ser metales pesados y otros químicos lixiviados provenientes de distintas industrias o de residuos urbanos. Diversos microplásticos han sido reportados por presentar adheridas toxinas reproductivas, cancerígenas y mutagénicas. Además, estas sustancias

químicas podrían bio-acumularse a lo largo de las cadenas alimentarias a través de su ingestión sucesiva entre los distintos niveles tróficos, con resultados que aún no han sido del todo estudiados.

En cuanto al estudio de microplásticos en los organismos marinos, los peces son el grupo de organismos más comúnmente estudiados, seguido de moluscos, crustáceos, y en menor medida en gusanos anélidos, mamíferos y equinodermos, aves y cnidarios, poríferos, reptiles y rotíferos [9]. Así, hoy sabemos que una gran cantidad de organismos están expuestos a estas partículas y que esta exposición puede causar una variedad de efectos en los individuos, los ecosistemas en los que viven y, en última instancia, en los humanos.

1.4. Impacto en el ser humano

El proceso más reconocible de entrada de microplásticos en el ser humano (pero no el único) es su ingreso mediante consumo voluntario de alimentos y bebidas, ya sea por formar parte éstos de las cadenas tróficas o como productos colaterales de los procesos industriales de manufacturación (residuo de envases plásticos en el agua, por ejemplo). Particularmente notorio es el aporte de microplásticos en el consumo de agua embotellada en plástico, siendo esta ingestión unas veinte veces mayor (90 mil partículas de microplásticos) que únicamente cuando se consume únicamente el agua de la canilla (4 mil partículas) [10].

En principio el efecto del residuo sólido plástico que conforma el microplástico puede no representar un problema directo, sin embargo, los químicos adheridos, potenciales patógenos asociados o incluso su posterior fragmentación dentro del cuerpo en partículas más pequeñas (denominadas nano- y picoplásticos) podría tener un mayor impacto que el estimado en la salud humana. Por ejemplo, las partículas capaces de translocarse entre los tejidos pueden disparar respuestas inmunes y liberando sus potenciales constituyentes químicos, como toxinas.

Además de la ingestión de microplásticos, es importante el ingreso de estos por vía respiratoria. El consumo total anual de microplásticos por el ser humano se duplica cuando se tiene en cuenta además la inhalación de los mismos durante la respiración [10].

El riesgo real de la ingesta de microplásticos por el ser humano no ha sido aún determinado efectivamente por los científicos. La reducción en la ingesta de organismos bio-acumuladores de partículas plásticas y evitar el consumo de agua de botellas plásticas, reduciría la cantidad de microplásticos que consumimos, pero aún los seguiríamos inhalando por vía respiratoria. Quizás, la forma más efectiva de reducir el consumo de microplásticos sea reducir la producción y el uso de estos materiales que los originan.

2. Ciencia y microplásticos

2.2. Estudio de la problemática a escala global

Los primeros estudios sobre microplásticos se centraron principalmente en su presencia en el ambiente, particularmente en los ecosistemas marinos. Estos trabajos fueron fundamentales para establecer el alcance de esta contaminación y conformaron la base de nuestra comprensión del impacto de los microplásticos en el medioambiente. Si bien las primeras descripciones sobre partículas de microplásticos en aguas costeras y su ingestión por peces datan de la década del 70', su real impacto ambiental tuvo poca atención por otros 30 años más, y el término de "microplásticos" no fue propuesto sino hasta el 2004 [11].

Las investigaciones sobre microplásticos se han incrementado considerablemente en los últimos años, alcanzando un volumen importante de literatura científica. Si bien se ha planteado la necesidad de estandarizar y homogenizar los métodos empleados para el estudio de microplásticos en el medioambiente, la complejidad y novedad de la problemática ha conducido a desarrollar diferentes metodologías y herramientas [12]. Como consecuencia, se ha obtenido una gran variedad de resultados, lo cual no hace otra cosa más que resaltar la naturaleza de los microplásticos como un conjunto diverso de contaminantes, que incluye a una gama de polímeros, tamaños de partículas, colores, morfologías y contaminantes asociados.

La ciencia de los microplásticos reconoce a las microfibras sintéticas como uno de los tipos de microplásticos predominantes a nivel global, revelando la omnipresencia de las microfibras en varias partes de la atmósfera, incluidas diversas fuentes de agua, lodos, sedimentos de ríos, océanos y la capa superficial del suelo, e incluso llegando a zonas tan remotas como los polos geográficos [13]. Se estima que aproximadamente 2 millones de toneladas de microfibras se liberan en el océano cada año provenientes de diversas fuentes. Varios estudios demuestran que el poliéster, producto de la industria textil, es el contaminante de microfibra más dominante del medio marino, siendo China su principal productor [14].

Además de promover metodologías más rigurosas y uniformes en la investigación sobre los microplásticos, se señala la importancia de conducir los futuros estudios desde un punto de vista integrativo, donde estos problemas ambientales se describan incluyendo el rol de la gente en dicho proceso. Las herramientas que aportan las ciencias sociales, respecto a la dimensión humana, son de gran utilidad para incorporar cuestiones de percepción, comunicación e intervención en el cambio de comportamiento. Lo cual es fundamental si las ciencias naturales pretenden promover estrategias de reducción de contaminación por microplásticos [15].

2.3. Situación actual de la problemática en Argentina

En Argentina, al igual que lo ocurrido en otros países, los primeros estudios sobre el impacto de los plásticos en el ambiente estuvieron asociados a relevamientos de detritos varios o censos de basura en el ambiente, mientras que

otros trabajos documentaron la relación entre desechos costeros y la gestión de residuos urbanos. La investigación en cuestiones relacionadas a la fracción de los microplásticos es reciente, publicándose los primeros trabajos científicos a partir del año 2017 (Tabla 1). Por lo tanto, se puede observar que el conocimiento generado para nuestro país es escaso comparado con otras partes del mundo.

Esta escasez de trabajos se puede ver reflejada en el rango de taxones analizados en busca de microplásticos. A la fecha se han reportado 16 especies de peces [16,17,18,19], 4 especies de bivalvos [19,20,21,22] y una especie de cangrejo [23], todas ellas conteniendo microplásticos. En todos estos trabajos se estudian exclusivamente los sistemas digestivos de los organismos, reflejo de hábitos alimentarios, y aún no se ha profundizado la investigación en el país acerca de la presencia de microplásticos en otros tejidos, como ser el tejido muscular de los peces.

En algunos casos los trabajos se centran o incluyen estudios sobre la presencia de microplásticos en el ambiente, como ser en sedimentos costeros [20,24], sedimentos del lecho marino [25], columna de agua [23,26] o el sector superficial de la misma [19,20,27]. También se analiza la presencia de estas partículas en la columna de agua asociada a distintas fracciones de plancton [26,27].

Respecto a la distribución geográfica de los estudios, más de la mitad se han focalizado en las zonas de los grandes estuarios (del Río de la Plata y de Bahía Blanca), mientras que otro poco de información se tiene sobre sectores marinos y lagunas continentales. Lo cual representa una evidente falta de conocimiento sobre la situación actual de la problemática en el país, y a la vez hace que no sorprenda la ausencia de trabajos publicados sobre presencia de microplásticos en los grandes cuerpos lacustres y ríos de Argentina.

En todos los trabajos se registró presencia de microplásticos en el ambiente y en los organismos estudiados, siendo mayoritarios los microplásticos secundarios del tipo microfibras sintéticas. En ninguno se reporta explícitamente la ocurrencia de microplásticos primarios, aunque en un tercio de ellos se reporta la presencia de pellets o “esferas” (*beads*), lo cual podría ser indicativo de este tipo de partículas. Sin embargo, como demuestran Pérez y colaboradores [22] es posible la ocurrencia de partículas no sintéticas, de origen orgánico o inorgánico, con formas esféricas o cóncavas que puedan ser confundidas con microplásticos. Esto refuerza la importancia de incluir en los estudios metodologías analíticas que permitan la discriminación y determinación certera de los microplásticos.

Actualmente, el conocimiento de los microplásticos se encuentra bastante difundido en la sociedad como una problemática ambiental, aun cuando los plásticos

*1 *Luciopimelodus pati*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Oligosarcus oligolepis*, *Parapimelodus valenciennis*, *Odontesthes bonariensis*, *Astyanax rutilus*, *Cyprinus carpio*, *Pimelodus maculatus*, *Prochilodus lineatus*, *Hypostomus commersoni* y *Cyphocharax voga*.

*2 Para sedimentos, la sumatoria de blancos y transparentes es el grupo dominante.

*3 *Helcogrammoides cunninghami*, *Ribeiroclinus eigenmanni* y *Eleginops maclovinus*.

3. Sociedad y microplásticos

3.2. Visión de la sociedad frente a la problemática: actitud y percepción pública hacia los microplásticos

Actualmente, el conocimiento de los microplásticos se encuentra bastante difundido en la sociedad como una problemática ambiental, aun cuando los plásticos como contaminantes es una preocupación relativamente reciente. La combinación de un mayor acceso a la información, una creciente preocupación pública ambiental y, probablemente, la proliferación de redes sociales, han permitido hacer llegar el concepto de estos plásticos de pequeñas dimensiones y de su impacto en el medioambiente a las nuevas generaciones.

La intervención mediante programas apropiados de mitigación y reducción de contaminación por plásticos en el medioambiente requiere de la comprensión sobre la percepción pública de la problemática en la sociedad. Además, se evidencia la necesidad de trabajos colaborativos interdisciplinarios de investigación, incluyendo a especialistas en comportamiento social.

Las nuevas evidencias científicas como resultados de diversos estudios biológicos, ecológicos, químicos y oceanográficos focalizados en comprender la dinámica y el impacto de los microplásticos en nuestro planeta, fueron rápidamente expuestos en campañas públicas por diversas organizaciones ambientalistas, que a su vez fueron replicadas por los medios masivos de comunicación. Así, rápidamente esta problemática fue algo presente en la agenda ambiental de la sociedad, incluso con similar ímpetu que otras problemáticas quizás más trascendentales como el cambio climático global.

Sin embargo, existen pocos estudios realizados sobre el entendimiento público de los riesgos que conllevan los microplásticos, los cuales serían de relevancia, dado que gran parte de la contaminación por microplásticos puede ser directamente relacionada con las elecciones y los hábitos de consumo. Teniendo en cuenta que el plástico es un material de origen artificial, tanto su mal uso y abuso como el impacto que este tiene en los ecosistemas, es responsabilidad exclusiva del ser humano. Cambiar las percepciones y el comportamiento es clave para hacer frente a la contaminación plástica en los entornos naturales [44,45].

Tabla 1. Detalle de los trabajos publicados sobre microplásticos (MPs) en Argentina.

Referencia	Cuerpo de agua	Organismos analizados	Ambiente analizado	Presencia de MPs	Cantidad de partículas	Tamaños MPs (mm)	MPs más abundantes	Color dominante de MPs (n° distintos)
Blettler et al., 2017	Lago Setúbal, Río Paraná	-	Sedimentos costeros	Si	704 m ⁻²	0,35-5,00	Fragmentos (41%)	Blanco y transparente (9)
Pazos et al., 2017	Estuario del Río de la Plata	Peces (*1)	-	100% de los ind.	-	0,06-4,70	Fibras (96%)	Azul (6)
Pazos et al., 2018	Estuario del Río de la Plata	Fracción plancton	Columna de agua	100% de las muestras	114-164 m ⁻³	0,10-5,00	Fibras	Azul (14)
Arias et al., 2019	Estuario de Bahía Blanca	Pez (<i>M. furnieri</i>)	-	100% de los ind.	12 ind. ⁻¹	0,20-5,00	Fibras	Blanco y transparente (6)
Blettler et al., 2019	Río Paraná, Entre Ríos	Pez (<i>P. lineatus</i>)	Sedimentos costeros	100% de los ind.	9,9 ind. ⁻¹ y 4654 m ⁻²	0,50-3,00	Fibras	Azul (5)
Fernández Severini et al., 2019	Estuario de Bahía Blanca	Ostra (<i>C. gigas</i>)	Agua superficial	100% de las muestras	7 ind. ⁻¹	0,17-5,00	Fibras (73-99%)	Azul
Ronda et al., 2019	Plataforma continental, Buenos Aires	-	Agua superficial y lecho marino	100% de las muestras	0,1-0,2 m ⁻³	0,15-5,00	Fibras (60%)	Negro*2 (7)
Alfonso et al., 2020	Lago La Salada, Buenos Aires	Fracción zooplankton	Agua	100% de las muestras	100-180 m ⁻³	0,05-0,95	Fibras (70%)	Negro (6)
Pazos et al., 2020	Estuario del Río de la Plata	Mejillón dorado (<i>L. fortunei</i>)	-	96% de los ind.	0,2-0,7 ind. ⁻¹	0,10-4,00	Fibras (90%)	Azul (3)
Pérez et al., 2020	Bahía de Ushuaia	Mejillón (<i>M. chilensis</i>)	-	100% de los ind.	5,1-12,1 ind. ⁻¹	0,15-4,60	Fibras (78%)	(5)
Ríos et al., 2020	Puerto Madryn, Golfo Nuevo	Peces (*3) y cholla (<i>A. atra</i>)	Agua	100% de las muestras	0,6 ind. ⁻¹ y 0,01 m ⁻³	0,05-5,00	Fibras (90%)	Blanco y transparente (6)
Villagran et al., 2020	Estuario de Bahía Blanca	Cangrejo (<i>N. granulata</i>)	Columna de agua	100% de las muestras	-	0,20-5,00	Fibras	Azul (7)

*1 *L. pati*, *P. corrucans*, *O. oligolepis*, *P. valenciennisi*, *O. bonariensis*, *A. rutilus*, *C. carpio*, *P. maculatus*, *P. lineatus*, *H. commersoni* y *C. voga*.

*2 Para sedimentos, la sumatoria de blancos y transparentes es el grupo dominante.

*3 *H. cunninghami*, *R. eigenmanni* y *E. maclovinus*.

3.3. Programas de ciencia ciudadana: integración de los actores interesados

Se entiende por ciencia ciudadana a la colaboración activa por parte de miembros en general de la sociedad y los investigadores. Los ciudadanos científicos aportan a la ciencia recopilando datos, y llevando a cabo un proyecto de investigación guiados por los científicos. La ciencia ciudadana puede ser una herramienta muy útil para la investigación y a la vez servir como un mecanismo de educación para informar e integrar a la sociedad con los progresos de los estudios de los científicos. Así, los investigadores encuentran una opción para incrementar los tamaños y cobertura de los datos empleados en sus investigaciones del medioambiente, integrando a la sociedad gracias a la ventaja de contar con un creciente interés público en las problemáticas ambientales.

Varios proyectos de ciencia ciudadana se focalizan en macroplásticos, como ser las colillas de cigarrillo, bolsas de plástico y otros envases presentes en las costas [46], y a menudo se integra estos programas con convocatorias de limpiezas de playa. La incorporación de programas de ciencia ciudadana en investigaciones sobre microplásticos a veces puede resultar más compleja, principalmente debido a problemas asociados a la recolección, separado y clasificación de los mismos respecto a otros potenciales elementos y materiales presentes en las muestras. Sin embargo, los microplásticos han sido uno de los principales intereses para la ciencia ciudadana.



Fig. 2. Chicos realizando un muestreo durante una actividad de ciencia ciudadana con el fin de monitorear microplásticos costeros en Puerto Madryn, mediante un

Diferentes trabajos han demostrado que al proveer de instrucciones simples orientadas a la recolección de los datos, se logra evitar la mayor parte de las cuestiones señaladas [Lots et al 2017] y que los mismos han ayudado a desarrollar políticas respecto a áreas marinas protegidas y a la protección de diferentes especies de organismos (Fig. 2).

La difusión de la información mediante estos programas, junto con campañas de comunicación adecuadas, permiten presentar la contaminación por plásticos como socialmente inaceptables y ayudan a concientizar a los consumidores a lo largo de la cadena de producción [47]. Para desarrollar programas de ciencia ciudadana exitosos se requiere de la colaboración de múltiples partes interesadas incluyendo a los ciudadanos científicos, coordinadores voluntarios experimentados, organizaciones de la sociedad civil, gobiernos locales y de investigadores científicos profesionales [48]. La integración de estos actores uniendo fuerzas y trabajando en conjunto, permite obtener datos que contribuyan a batallar la contaminación por plásticos en el medioambiente de maneras que los científicos por sí solos no lo podrían lograr protocolo de muestreo científico propuesto por la Fundación ProyectoSub (www.ProyectoSub.org.ar).

3.4. Soluciones y recomendaciones propuestas para mitigación, saneamiento y remediación ambiental

Vivimos en la era del plástico, o lo que algunos autores llaman el Plasticeno. La contaminación por plásticos se puede prevenir aplicando jerarquías de residuos dentro de la economía de los plásticos para aumentar de manera drástica la reducción, reutilización y reciclaje de residuos plásticos. Desde un punto de vista económico, en principio el plástico es un recurso precioso. Sin embargo, cuando los plásticos se pierden en el medioambiente los materiales se degradan en calidad, perdiéndose oportunidades de mayor valor para la reutilización y el reciclaje.

Dado que el origen de todos los microplásticos secundarios son siempre macroplásticos que se fragmentan en los distintos ecosistemas, la mayoría de las tecnologías aplicadas para su mitigación se encuentran focalizadas ya sea a prevenir su entrada al medioambiente o a la remoción de los mismos *in situ*.

El fomento e implementación de economías circulares, es una excelente opción para reducir los costos asociados a nuestra dependencia de estas tecnologías. Sin embargo, dada la cantidad esperada de contaminación por plásticos que entrará en el futuro inmediato en los distintos ambientes acuáticos, tanto aquellas propuestas basadas en tecnologías de limpieza como la reducción de materiales plásticos en los circuitos productivos, serán necesarias [49].

Idealmente las tecnologías de limpieza de los plásticos debieran usarse conjuntamente con soluciones preventivas, como ser materiales sustentables y biodegradables para reemplazar el plástico, pero también con sistemas de tratamientos de residuos mejorados [49]. A la vez, cuando éstas son implementadas acompañadas de decisiones políticas complementarias, ya sean de carácter regulatorio o incluso mediante incentivos impositivos, es posible alcanzar de manera

sinérgica un mayor efecto global y con una reducción significativa en los costos finales.

Sólidas acciones políticas para frenar los envases de plástico innecesarios, como la prohibición de las bolsas de plástico de un solo uso, o para aumentar sustancialmente la tasa de recolección y reciclado efectivo de desechos plásticos, fomentando esquemas de envases retornables reusables, y la prohibición de microperlas de plástico en cosméticos y productos de cuidado personal, son muy necesarias a nivel regional, subregional o nacional como parte de las estrategias para la gestión de residuos a implementar [47].

Claramente no existe una única solución a la problemática de los microplásticos, sino que se requiere de un enfoque integral que combine nuevas tecnologías, formulación de políticas adecuadas y una clara promoción a la sociedad para prevenir una mayor contaminación por plásticos y el consiguiente daño a los ambientes acuáticos, sus organismos y la salud humana.

REFERENCIAS

- [1] D. Xanthos & T.R. Walker, *Mar. Pollut. Bull.* **118**, 17 (2017).
- [2] A.L. Andrady, *Persistence of plastic litter in the oceans*, Cap. 3. En: M. Bergmann, L. Gutow & M. KLages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 57-72). Cham: Springer International Publishing, 2015.
- [3] S. Mishra, R.P. Singh, C.C. Rath & A.P. Das, *J. Water Process Eng.* **38**, 101612 (2020).
- [4] J. Barrett, Z. Chase, J. Zhang, M.M.B. Holl, K. Willis, A. Williams, B.D. Hardesty & C. Wilcox, *Front. Mar. Sci.* **7**, 576170 (2020).
- [5] J. Boucher & D. Friot, *Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources*. IUCN, **43**, 2017.
- [6] S.C. Gall & R.C. Thompson, *Mar. Pollut. Bull.* **92**, 170 (2015).
- [7] B. Jovanović, *Integr. Environ. Assess. Manag.* **13**, 510 (2017).
- [8] F. Collard, B. Gilbert, P. Compère, G. Eppe, K. Das, T. Jauniaux & E. Parmentier, *Environ. Pollut.* **229**, 1000 (2017).
- [9] C.L. de Sá, M. Oliveira, F. Ribeiro, T. Lopes & M. Norman, *Sci. Total Environ.* **645**, 1029 (2018).
- [10] K.D. Cox, G.A. Covernton, H.L. Davies, J.F. Dower, F. Juanes & S.E. Dudas, *Environ Sci. Technol.* **53**, 7068 (2019).

- [11] R.C. Thompson, Y. Olsen, R.P. Mitchell, A. Davies, S.J. Rowland, A.W.G. John, D. McConigle & A.E. Russell, *Science* **304**, 838 (2004).
- [12] J.F. Provencher, G.A. Covert, R.C. Moore, D.A. Horn, J.L. Conkle & A.L. Lusher, *Sci. Total Environ.* **748**, 141426 (2020).
- [13] R. Di Mauro, M.J. Kupchik & M.C. Benfield, *Environ. Pollut.* **230**, 798 (2017).
- [14] S. Mishra, C.C. Rath & A.P. Das, *Mar. Pollut. Bull.* **140**, 188 (2019).
- [15] C.M. Rochman, A.M. Cook & A.A. Koelmans, *Environ. Toxicol. Chem.* **35**, 1617 (2016).
- [16] R.S. Pazos, T. Maiztegui, D.C. Colautti, A.H. Paracampo & N. Gómez, *Mar. Pollut. Bull.* **122**, 85 (2017).
- [17] A.H. Arias, A.C. Ronda, A.L. Oliva & J.E. Marcovecchio, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **102**, 750 (2019).
- [18] M.C.M. Blettler, N. Garelo, L. Ginon, E. Abrial, L.A. Espinola & K.M. Wantzen, *Environ. Pollut.* **255**, 113348 (2019).
- [19] M.F. Ríos, R.D. Hernández-Moresino & D.E. Galván, *Mar. Pollut. Bull.* **159**, 111491 (2020).
- [20] M.D. Fernández Severini, D.M. Villagran, N.S. Buzzi & G.C. Sartor, *Reg. Stud. Mar. Sci.* **32**, 100829 (2019).
- [21] R.S. Pazos, F. Spaccesi & N. Gómez, *Reg. Stud. Mar. Sci.* **38**, 101360 (2020).
- [22] A.F. Pérez, M. Ojeda, G.N. Rimondino, I.L. Chiesa, R. Di Mauro, C.C. Boy & J.A. Calcagno, *Mar. Pollut. Bull.* **161**, 111753 (2020).
- [23] D.M. Villagran, D.M. Truchet, N.S. Buzzi, A.D. Forero Lopez & M.D. Fernández Severini, *Mar. Pollut. Bull.* **150**, 110686 (2020).
- [24] M.C.M. Blettler, M.A. Ulla, A.P. Rabuffetti & N. Garelo, *Environ. Monit. Assess.* **189**, 581 (2017).
- [25] A.C. Ronda, A.H. Arias, A.L. Oliva & J.E. Marcovecchio, *Mar. Pollut. Bull.* **149**, 110618 (2019).
- [26] R.S. Pazos, D.E. Bauer & N. Gómez, *Environ. Pollut.* **243**, 134 (2018).
- [43] M.B. Alfonso, A.H. Arias & M.C. Piccolo, *Environ. Monit. Assess.* **192**, 117 (2020).
- [44] S. Pahl, K.J. Wyles & R.C. Thomson, *Nat. Hum. Behav.* **1**, 697 (2017).

- [45] L. Henderson & C. Green, *Mar. Pollut. Bull.* **152**, 110908 (2020).
- [46] D. Honorato-Zimmer, J.T. Carlton, G.M. Ruiz & N.A. Maximenko, *Mar. Pollut. Bull.* **150**, 110714 (2020).
- [47] F. Gallo, C. Fossi, R. Weber, D. Santillo, J. Sousa, I. Ingram, A. Nadal & D. Romano, *Environ. Sci. Eur.* **30**, 13 (2018).
- [48] E.R. Zettler, H. Takada, B. Monteleone, N. Mallos, M. Eriksen & L.A. Amaral-Zettler, *Anal. Methods* **9**, 724 (2017).
- [49] E. Schmaltz, E.C. Melvin, Z. Diana, E.F. Gunady, D. Rittschof, J.A. Somarelli, J. Virdin & M.M. Dunphy-Daly, *Environ. Int.* **144**, 106067 (2020).

LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LEY NACIONAL N°27.279 DE ENVASES VACÍOS DE FITOSANITARIOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

*Alejandro Merlo^{[1] [4] *}, José Poma^[2], José Giraldes^{[3] [5] *}*

^{[1] [2]} Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires

^[3] Ministerio de Jefatura de Gabinete de Ministros de la Provincia de Buenos Aires

^{[4] *} merloa@opds.gba.gov.ar, ^{[5] *} jose.giraldes@gba.gov.ar

Resumen

El uso de plásticos para tareas productivas del agro argentino, ya sea en forma directa (silobolsa, invernáculos, mangueras de riego) o indirecta (envases vacíos de fitosanitarios), genera un enorme volumen de residuos plásticos que deben ser gestionados adecuadamente. El Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires (OPDS), es el organismo público encargado de fiscalizar y ejercer las acciones que contribuyan al desarrollo sostenible y a la implementación de políticas públicas que permitan que la gestión de este tipo de residuos se haga en un marco que no genere un impacto ambiental negativo. Específicamente ha sido designado, como Autoridad Competente provincial para la aplicación de la ley nacional N°27.279/16 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios”. En 2019 sancionó la Resolución N°505, la cual define los parámetros para la gestión integral y diferencial de los envases vacíos de fitosanitarios, haciendo hincapié en la gestión diferenciada, la trazabilidad, el Triple Lavado, las Buenas Prácticas Agrícolas y la creación de Centros de Almacenamiento Transitorio (CAT) y Nodos Logísticos de gestión local (NL) que permiten recepcionar, acondicionar, almacenar y derivar los envases vacíos a los canales de valorización o disposición final, y de esta manera asegurar que el material reciclado sea utilizado para la elaboración de productos autorizados en industrias habilitadas.

En el año 2019 se volcaron al mercado 13.151.873 de envases (es un valor de base y se estima que el mismo puede ser un 10% superior) y de acuerdo a los valores de recolección que surgen de los sistemas informáticos de OPDS, en 2020 se alcanzó un valor 642.297 de envases (al 14/09), lo cual representa un 4.88%. Este valor indica la baja eficacia del sistema de gestión privado en la provincia de Buenos Aires y, a su vez, la necesidad de impulsar fuertemente este tipo de políticas públicas.

Palabras clave: envase, residuo, plástico, fitosanitario, silobolsa.

Abstract

The generation of plastic waste in agricultural activities and the implementation of national law N°27.279 on empty phytosanitary containers in the province of Buenos Aires. The use of plastics for productive tasks in Argentine agriculture, either directly (silobag, greenhouses, irrigation hoses) or indirectly (empty phytosanitary containers), generates an enormous volume of plastic waste that must be managed properly. The Provincial Organization for Sustainable Development of the Province of Buenos Aires (OPDS) is the public body in charge of supervising and exercising the actions that contribute to sustainable development and the implementation of public policies that allow the management of this type of waste to be done in a framework that does not generate a negative environmental impact. Specifically, it has been designated as a provincial Competent Authority for the application of national law N°27.279/16 on "Minimum Budgets for Environmental Protection for the Management of Empty Phytosanitary Containers". In 2019 it sanctioned Resolution N°505, which defines the parameters for the integral and differential management of empty phytosanitary containers, emphasizing differentiated management, traceability, Triple Washing, Good Agricultural Practices and the creation of Centers of Transitory Storage (CAT in Spanish) and Local Management Logistics Nodes (NL) that allow receiving, conditioning, storing and diverting the empty containers to the recovery or final disposal channels, and in this way ensure that the recycled material is used for the elaboration of authorized products in qualified industries.

In 2019, 13.151.873 containers were placed on the market (it is a base value and it is estimated that it may be 10% higher) and according to the collection values that arise from the OPDS computer systems, in 2020 a value of 642.297 containers was reached (until 09/14), which represents 4.88%. This value indicates the low efficiency of the private management system in the province of Buenos Aires and, in turn, the need to strongly promote this type of public policy.

Keywords: container, waste, plastic, phytosanitary, silobag.

INTRODUCCIÓN

El incremento del uso de fitosanitarios en las últimas tres décadas ha sido significativo, lo que ha conllevado a un aumento en la cantidad de envases contaminados sin destino cierto. Que los mismos no sean gestionados correctamente implica un riesgo para la salud y el ambiente. Resulta indispensable, por lo tanto, retirar los envases vacíos de los circuitos informales de reciclado y de los campos, procurando que los productores agropecuarios y las empresas de aplicación terrestres y aéreas lleven sus envases vacíos a los Centros de Almacenamiento Transitorio (CAT) habilitados, en el marco de un sistema de gestión privado definido

por la ley nacional N°27.279 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios.

En la provincia de Buenos Aires es el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), organismo público, el encargado de fiscalizar y ejercer las acciones que contribuyan al desarrollo sostenible y a la implementación de políticas públicas que permitan que la gestión de los residuos plásticos provenientes de las actividades agropecuarias en forma directa (silobolsa, invernáculos, mangueras de riego, Mulching o cobertura plástica) o indirecta (envases vacíos de fitosanitarios) se haga en un marco que no genere un impacto ambiental negativo.



Fig. 1. Abandono de envases de fitosanitarios y **Fig. 2** Acopio ilegal de envases



Fig. 3. Quema de envases de fitosanitarios

Específicamente el OPDS ha sido designado, como Autoridad Competente provincial por medio del decreto provincial N°283/18, para la aplicación de la ley

nacional N°27.279/16 de “Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios”. En agosto de 2019 el OPDS sancionó la resolución N°505/19, la cual deroga y reemplaza la resolución N°327/17 y define los parámetros para la gestión integral y diferencial de los envases vacíos de fitosanitarios, haciendo hincapié en la gestión diferenciada, la trazabilidad, el Triple Lavado y/o lavado a presión (Norma IRAM N°12.069), las Buenas Prácticas Agrícolas (Norma IRAM N°14.130) y la creación de Centros de Almacenamiento Transitorio (CAT) y Nodos Logísticos de gestión local (NL) que permiten recepcionar, acondicionar, almacenar y derivar los envases vacíos a los canales de valorización o disposición final, y de esta manera asegurar que el material reciclado sea utilizado para la elaboración de productos autorizados en industrias habilitadas.

La ley nacional N°27.279 establece que son las empresas registrantes las que tienen la obligación de gestionar los envases vacíos de fitosanitarios puestos por ellas en el mercado comercial. En función de esto las empresas que conforman las cámaras con incumbencia en la temática (CASAFE y CIAFA) conformaron la Fundación CampoLimpio, actualmente Asociación CampoLimpio. CampoLimpio, en representación de dichas empresas (99 actualmente), presentó al OPDS un Sistema de Gestión Integral de Envases Vacíos de Fitosanitarios, el cual fue aprobado por Resolución OPDS N°897/18. Las empresas registrantes que quieran adherir a dicho sistema pueden hacerlo, aunque no formen parte de las cámaras nombradas precedentemente, presentando la correspondiente nota de adhesión al OPDS y la conformidad del sistema de gestión privado de CampoLimpio.

En Junio de 2019 se cumplieron, en la provincia de Buenos Aires, los 270 días corridos del plazo establecido por el artículo 10° inciso c) de la ley nacional, para que las empresas registrantes, desde la aprobación del Sistema de Gestión por parte de la Autoridad Competente provincial (OPDS), adecuen su gestión a los lineamientos del mismo.

El OPDS desde el año 2016 ha acompañado e intentado maximizar la sinergia entre el trabajo del sector público y el privado; sin por ello dejar de resaltar que la obligación de la formulación, operación y mantenimiento del Sistema de Gestión es directa responsabilidad de los registrantes de acuerdo a lo establecido en la ley N°27.279 en su artículo 10° inciso a).

A nivel nacional, en solo 5 provincias (Buenos Aires, La Pampa, Corrientes, Salta y Entre Ríos) las Autoridades Competentes designadas han aprobado el sistema de gestión de CampoLimpio. Restan 18 provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Buenos Aires aprobó el sistema el 26/09/2018, La Pampa el 02/05/2019, Corrientes el 16/05/2019, Salta el 14/06/2019 y Entre Ríos en marzo de 2020. Sería muy importante avanzar en que todas las provincias aprueben el sistema de gestión de la Asociación CampoLimpio, para que de esta manera comenzara a correr el plazo de 270 días, definido en el artículo 10° inciso b) de la Ley nacional N°27.279, en todo el territorio nacional.



Fig. 4. Reunión de Autoridades Competentes Provinciales con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable), CABA. 22-03-19

1. Normativa

Las leyes y normativas nacionales y provinciales relacionadas con el ambiente, la gestión de residuos especiales y la problemática de los envases vacíos de fitosanitarios son:

1. Ley Nacional N°27.279/16 de Presupuestos Mínimos para la Protección Ambiental de Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios y su Decreto Reglamentario N°134/18.
2. Ley Nacional de Tránsito N°24.449/95 y su Decreto Reglamentario N°779/95 (Anexo S) para el Transporte de Sustancias Peligrosas.
3. Ley Nacional N°24.051/91 de Residuos Peligrosos.
4. Ley Provincial N°11.723/95 Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
5. Ley Provincial N°11.720/95 de Residuos Especiales y su decreto reglamentario N°806/97 y modificatorio N°650/11.
6. Ley Provincial N°10.699/88 de Agroquímicos y su decreto reglamentario N°499/91 y modificatorio N°956/02.
7. Decreto N°283/18 de Designación de Autoridad Competente en la Provincia de Buenos Aires.
8. Resolución N°246/18 del Ministerio de Agroindustria sobre Aplicación de Fitosanitarios.

9. Resolución N°505/19 del OPDS sobre Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios.

2. Línea de tiempo 2016-2020

A continuación se presenta la cronología de fechas más importantes para la implementación de la ley nacional N°27.279 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios en la provincia de Buenos Aires.

1. El 14 septiembre de 2016 fue sancionada la ley nacional N°27.279 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de Envases Vacíos de Fitosanitarios.
2. El 16 de marzo de 2017 fue sancionada la resolución OPDS N°327 que instrumenta la ley nacional N°27.279 en la provincia de Buenos Aires.
3. El 19 de febrero de 2018 fue sancionado el decreto nacional N°134/18, reglamentario de la ley nacional N°27.279.
4. El 27 de marzo de 2018 se sancionó el decreto provincial N°283/18 por el cual se designa al OPDS como Autoridad Competente provincial de la ley nacional N°27.279.
5. El 27 de marzo de 2018, fecha en que se sancionó el decreto provincial N°283/18, se tomó como “punto cero” para que comenzara a correr el plazo de 90 días para que las empresas presentaran su Sistema de Gestión Integral de envases vacíos de fitosanitarios de acuerdo a lo establecido en el inciso b) del artículo 10 de la Ley N°27.279.
6. El 26 de septiembre de 2018 se aprobó por resolución N°897/18 el Sistema de Gestión Integral de envases vacíos de fitosanitarios de la Fundación CampoLimpio.
7. El 28 de junio de 2019 el COFEMA designó al OPDS como su representante en el Consejo Consultivo definido en el artículo 16° de la Ley nacional N°27.279.
8. En junio de 2019 en la provincia de Buenos Aires se cumplió el plazo establecido en la ley N°27.279 en su artículo 10° inciso b), de 270 días para que las empresas registrantes, desde la aprobación del Sistema de Gestión por parte de la Autoridad Competente provincial (OPDS), adecuen su gestión a los lineamientos del mismo.
9. El 5 de agosto de 2019 fue sancionada la resolución OPDS N°505 que instrumenta la ley nacional N°27.279 en la provincia de Buenos Aires. Deroga y reemplaza la resolución OPDS N°327.

10. En febrero de 2020, 71 empresas registrantes cumplieron con la presentación de la Declaración Jurada anual establecida en el inciso f del artículo 7° de la Res. N°505/19.

3. Situación actual

En 2020 se comenzó a analizar el recorrido del trabajo y la eficacia del Sistema de Gestión de la Asociación CampoLimpio, en función de ello se detectaron incumplimientos a la normativa ambiental por parte de las empresas registrantes, específicamente respecto a la ley N°27.279 y a la resolución OPDS N°505/2019. La Ley mencionada establece que la formulación, operación y mantenimiento del Sistema es de directa responsabilidad de los registrantes sin perjuicio de las obligaciones que le correspondan a otros sujetos alcanzados por esta norma. En este sentido, en los incisos a y b del artículo 10° se establece que el plazo para la formulación y presentación del Sistema es de noventa (90) días corridos a partir de la publicación de la ley en el Boletín Oficial y, a su vez, que desde la aprobación del Sistema, los registrantes tenían un plazo de doscientos setenta (270) días corridos para adecuar su gestión a los lineamientos del mismo, vencido el cual no podían comercializar sus productos hasta tanto no se ajustaran a lo establecido. A ese respecto, se constató que CampoLimpio no ha adecuado aún su gestión al sistema que fuera aprobado, a pesar de haberse vencido ampliamente el plazo para hacerlo. En ese sentido, cabe aclarar que la Resolución N°897/2018, mediante la cual se aprobó el sistema de gestión de CampoLimpio, data del día 26 de septiembre de 2018, y que la validez de la misma quedó condicionada al cumplimiento de los requisitos del Anexo II de dicha resolución, según quedó establecido en el Artículo 2° de la misma. El mencionado plazo venció el día 30 de junio de 2019 y actualmente podemos identificar algunos de los puntos más relevantes del sistema que aún no han sido adecuados, situación que redundará en una ineficaz gestión de envases vacíos de fitosanitarios, responsabilidad directa de CampoLimpio, así como también en una notoria afectación al medio ambiente.

3.1 Construcción e incorporación de centros de almacenamiento

Ante las demoras en la implementación del sistema, específicamente respecto a la incorporación y construcción de nuevos CATs y Nodos Logísticos de gestión local, en julio de 2020 el OPDS informó a las empresas registrantes la situación de la gestión de envases vacíos de fitosanitarios en la provincia de Buenos Aires y el poco grado de avance del sistema de gestión, haciendo mención del vencimiento del plazo legal para su adecuación.



Fig. 5. CAT de Benito Juárez y **Fig. 6.** CAT de Trenque Lauquen

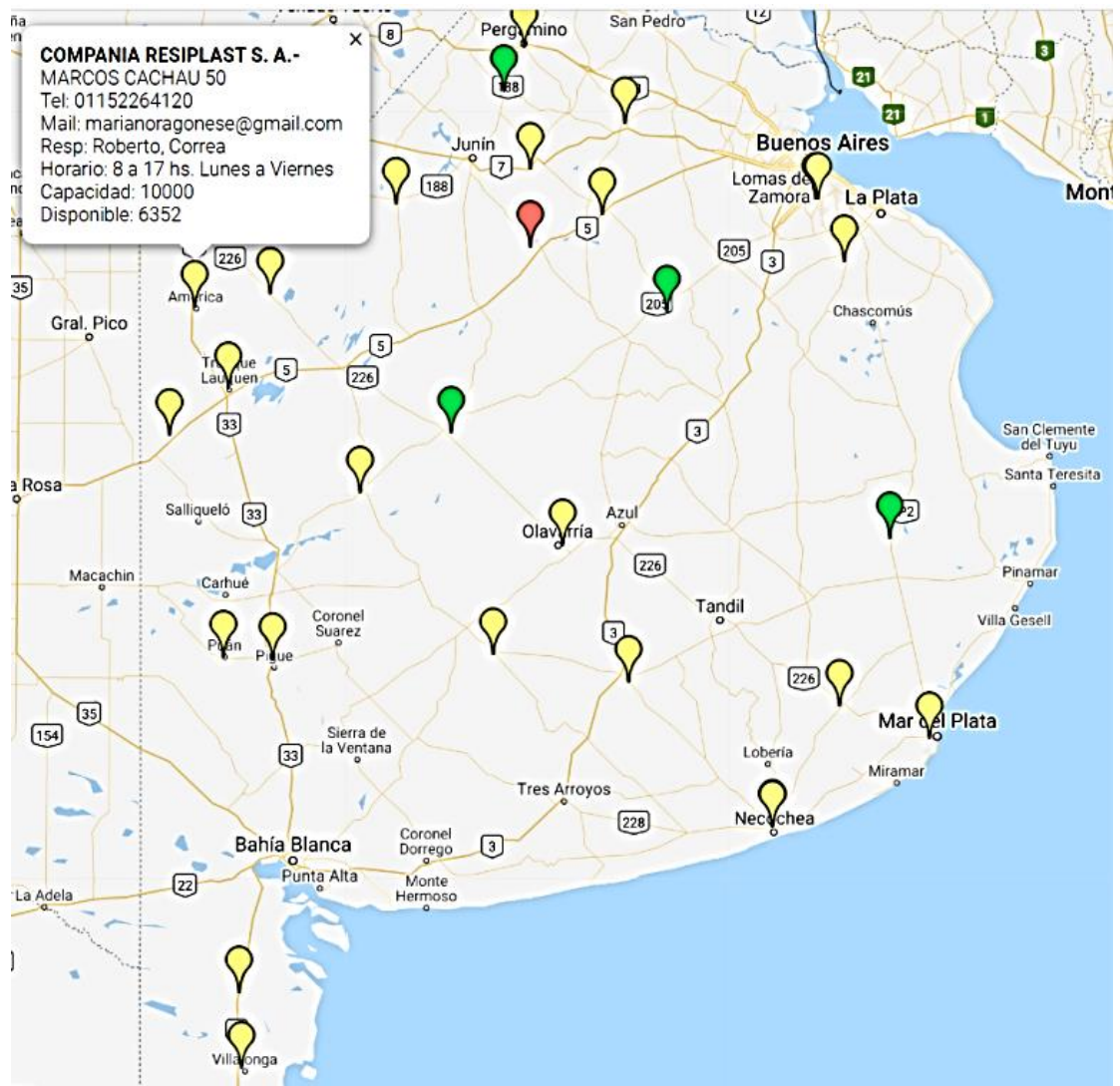


Fig. 7. Ubicación de CATs en la provincia de Buenos Aires [1]

3.2 Recolección de envases

En relación a lo expuesto en el punto 3.1, y como consecuencia de la falta de incorporación y construcción de CATs -este es uno de los principales puntos que influyen en la recolección de los envases vacíos de fitosanitarios- se denota la ineficacia que muestra el sistema de gestión en su implementación en la provincia de Buenos Aires.

Las empresas registrantes deben presentar una Declaración Jurada anual de acuerdo a lo establecido en el Artículo 7°, inciso f) de la resolución del OPDS N°505/2019, en la que deben informar la cantidad total de envases vacíos de fitosanitarios puestos en el mercado el año anterior, solo 71 empresas han cumplido con dicha presentación en 2020. A partir de las declaraciones juradas presentadas, es posible constatar también la falta de una gestión adecuada de los envases. De las mismas, se desprende que se han puesto en el mercado durante el año 2019 la cantidad de 13.151.873 envases de tipo A y B, de los cuales, según consta del relevamiento de los registros correspondientes que surgen de los sistemas informáticos de OPDS, al 14 de septiembre de 2020, se han recolectado tan solo el 4.88% de la cantidad total declarada, es decir apenas unos 641.800 envases de ambos tipos.

Presentamos a continuación el análisis de algunos de los valores obtenidos y gráficos realizados en relación a los envases plásticos fundamentalmente. Debemos tener en cuenta que el valor antes consignado es un valor de base y se estima que el mismo puede ser un 10% superior en función de las siguientes consideraciones:

- Los datos obtenidos surgen de 71 DDJJ de empresas registrantes, las cuales en su totalidad se encuentran en la Asociación CampoLimpio.
- La Asociación CampoLimpio representaba en febrero de 2020 a 105 empresas. Por lo tanto 34 empresas no cumplieron con la obligación de presentar la DDJJ.
- Hay aproximadamente 245 empresas registrantes, en función de la base de datos proporcionada por SENASA, que no han presentado o adherido a un Sistema de Gestión, y tampoco presentaron la DDJJ.
- Que las DDJJ no hayan sido presentadas con datos exactos.

MATERIAL PLÁSTICO	MATERIAL ALUMINIO	MATERIAL VIDRIO	MATERIAL METAL	MATERIAL CARTÓN
12.127.449	592.911	175	9.730	421.608

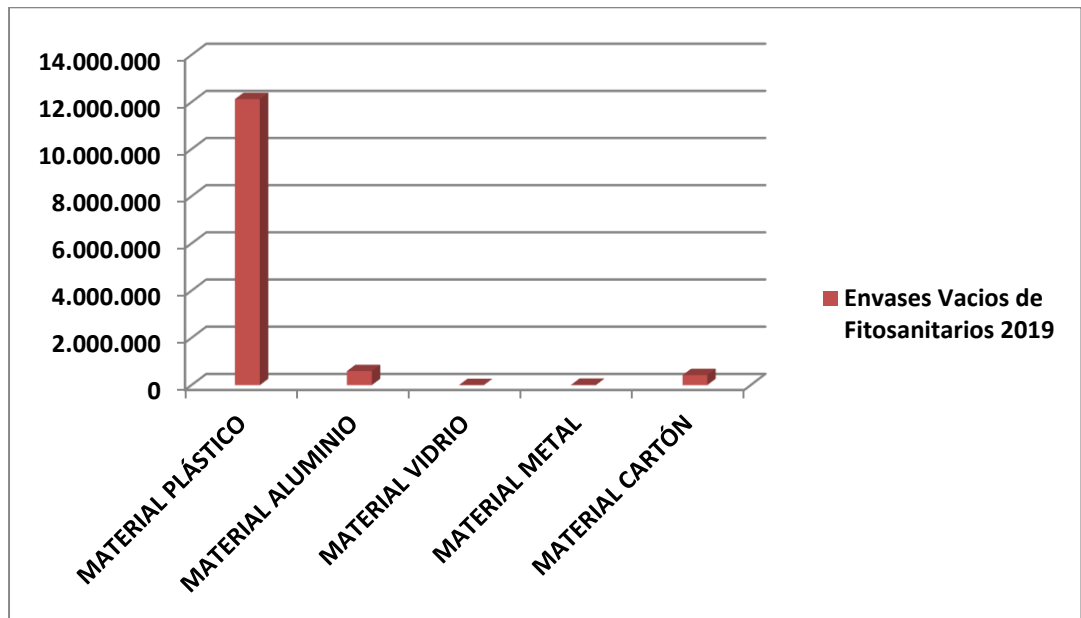


Gráfico 1. Cantidad total de envases clasificados por su material constitutivo[2]

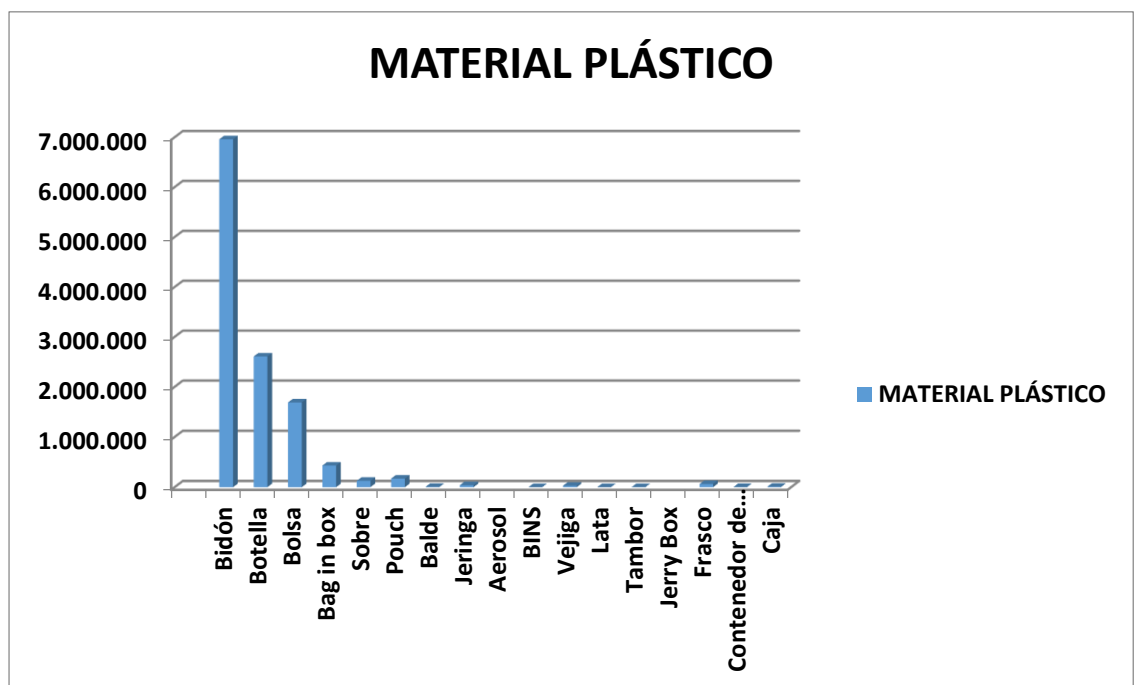


Gráfico 2. Cantidad de envases plásticos clasificados por tipo de envase [3]

En función de ser los bidones plásticos de mayor volumen los más importantes por su valor para el reciclado de los mismos, realizamos un recorte de

dichos envases de entre 10 y 25 litros, de donde se obtuvo que el total de los mismos asciende a 3.972.127.

BIDÓN PLÁSTICO (PEAD, PEBD, COEX, PET, PP y PEBDA)			
10 Litros	15 Litros	20 Litros	25 Litros
437.568	0	3.526.658	7.901

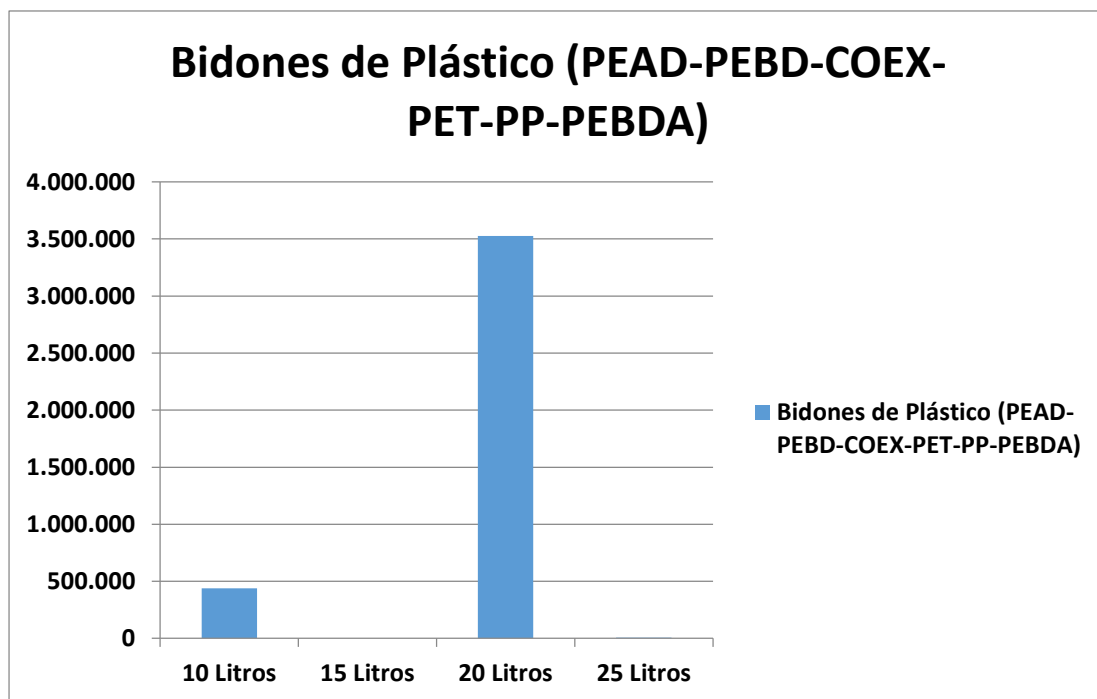


Gráfico 3. Cantidad de envases plásticos en bidones de 10, 15, 20 y 25 litros[4]

4. Usos Prohibidos y Autorizados

En función de aprovechar el plástico recuperado de los envases vacíos de fitosanitarios, dentro de un circuito formal, la ley nacional N°27.279 en su artículo 6°, prevé la jerarquía de opciones para la Gestión Integral de los mismos: *Prevención en la generación, Reutilización, Reciclado, Valorización y Disposición Final*.

El 27 de noviembre de 2019 el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación¹ en su carácter de Autoridad de Aplicación sancionaron la Resolución Conjunta N°2/2019 RESFC-2019-2-APN-SECAGYP#MPYT donde se determinan los usos prohibidos del material recuperado proveniente de los envases vacíos de fitosanitarios, y donde los usos prohibidos alcanzan a los productos destinados a uso

¹ Actualmente es Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

humano cotidiano, personal, doméstico, didáctico, recreativo, uso veterinario destinados a mascotas y a todos aquellos usos que pudieren estar en contacto con agua de consumo o alimentos humano o animal.

En la Resolución OPDS N°505/19, en el artículo 10° se establece que este organismo definirá los productos y accesorios autorizados para el uso del material reciclado, y que podrán agregarse otros conforme los avances científicos y tecnológicos que así lo demuestren. El objetivo es orientar sobre los productos que serán autorizados para el uso del material reciclado procedente de envases vacíos de fitosanitarios que podrán elaborar las empresas. El operador deberá enviar el material recuperado de los envases vacíos de fitosanitarios, al rubro de empresas que elaboran los productos que se enumeran a continuación, el cual es a título enunciativo y no restrictivo:

- Bidones Tricapa
- Postes destinados a alambrado de campo
- Varillas plásticas destinadas a la construcción de invernáculos
- Varillas para alambrado eléctrico de campo
- Pallets/tarimas para uso industrial (exceptuando las alimenticias)
- Pallets/tarimas para uso en la industrias productoras de fitosanitarios
- Caños para conducción de cables de energía eléctrica
- Caños de desagüe
- Envases para aceites lubricantes
- Caja para baterías
- Tapas para envases de plaguicidas
- Tambores para residuos especiales
- Soporte para señalización vial
- Durmientes para vías del ferrocarril
- Autopartes
- Combustible para Cementeras
- Incorporación como árido en carpeta asfáltica

A su vez el OPDS podrá autorizar productos para ser elaborados con material reciclado procedente de envases vacíos de fitosanitarios que sean solicitados por las empresas interesadas y con el aval técnico de una Universidad Nacional que incluya los correspondientes antecedentes y/o prueba piloto.

En función de esto, la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS) ha planteado sus inquietudes y se ha acercado al OPDS con algunas empresas interesadas en adquirir el plástico proveniente de los envases vacíos de fitosanitarios.



Fig. 8. Diferentes tipos de usos autorizados



Fig. 9 y 10. Diferentes tipos de usos autorizados

5. Silobolsas en Argentina

La tecnología de almacenamiento en bolsas plásticas fue introducida en el país en el año 1994 y a partir del año 1995 se comenzaron a realizar, por el INTA, los primeros ensayos en la Argentina. En ese momento, los antecedentes de investigación en el mundo eran muy pocos, y en función de ello el INTA comenzó a desarrollar una serie de ensayos en determinados cultivos que establecieron una base teórica y práctica para que esta tecnología comenzara a difundirse en el país. Inicialmente dada la poca experiencia de los productores que usaban este sistema y los conocimientos técnicos no muy amplios, debido a la poca información a nivel local e internacional de la cual se disponía, se producían pérdidas en cantidad y calidad de los granos y forraje almacenados. Con el devenir de los años aplicando esta tecnología de almacenaje, los productores agropecuarios comenzaron a descubrir una serie de ventajas técnico-económicas y la adopción de la tecnología creció rápidamente, y lo mismo sucedió respecto a los requerimientos en investigación y experimentación, ya que se ampliaban las oportunidades de comercialización del producto almacenado. Los silobolsas facilitan la logística y reducen los costos de todo el sector agrícola, que de otro modo ante el exponencial crecimiento de la producción de granos de las últimas tres décadas se hubiese visto muy restringido.

Específicamente, los silobolsas son envases de polietileno de baja densidad, aproximadamente de 235 micrones de espesor, conformadas por tres capas y fabricadas por el proceso de extrusado. La capa exterior tiene aditivos, filtros UV y dióxido de titanio para reflejar los rayos solares. La intermedia es una capa neutra y la interna tiene un aditivo (negro humo), que es protector de los rayos ultravioletas y evita la penetración de la luz. Su tamaño puede almacenar hasta 400 toneladas de granos. Se presentan de 5, 6, 9, 10 y 12 pies de diámetro y con una longitud de 60 y 75 metros, y los granos se pueden almacenar durante 2 años. El costo de un silobolsa asciende a US\$ 200 y además se estima, según la Revista Márgenes Agropecuarios, un costo adicional de unos US\$ 8 por tonelada por la confección de los mismos.



Fig. 11. Carga de Silobolsa en el campo.

No existe una estadística permanente sobre la capacidad de almacenaje de granos en la Argentina, el Ministerio de Agricultura de la nación, calculó en 2001

que los silos disponibles permitían almacenar 57.000.000 toneladas de granos, lo cual representaba el 89% de la cosecha total, que alcanzaba las 63.000.000 de toneladas. En ese momento la participación de los silobolsas era de solo el 4%.

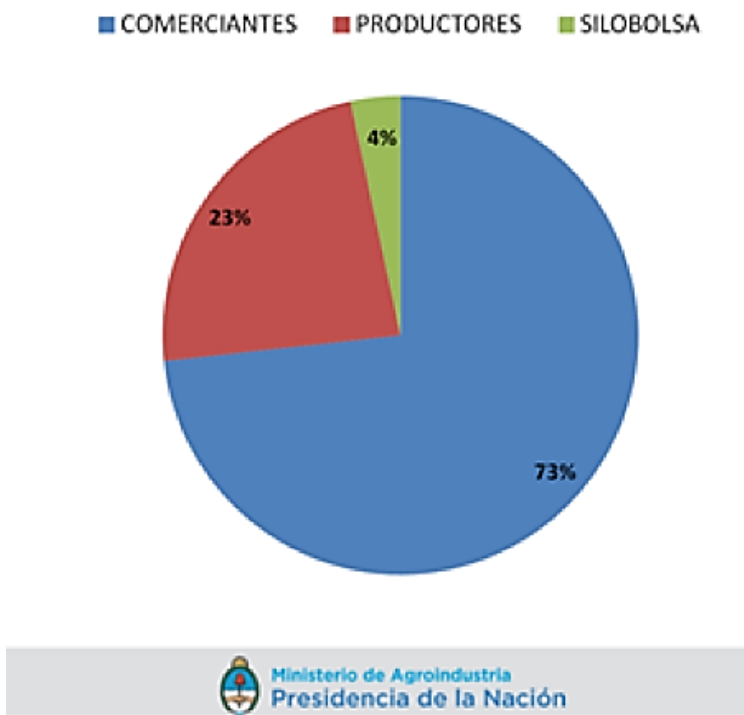


Gráfico 4. Almacenaje 2000/2001 [5]

Sin embargo, en la campaña 2015/16, la capacidad de almacenar la cosecha había alcanzado las 74.000.000 de toneladas, frente a una cosecha que alcanzaba los 116.000.000. En este momento el 35% de la capacidad de almacenaje correspondía a los silobolsas.

La Bolsa de Comercio de Rosario estimó que en la campaña agrícola 2019/20, se almacenaron bajo este sistema 75.000.000 de toneladas (entre granos y forraje), representado casi el 55% de toda la cosecha.

Este estudio de la Bolsa de Comercio de Rosario establece que, si se calcula un promedio de 180 toneladas por silobolsa, en 2019/20 se necesitaron un total de 450.000 silobolsas. La cifra es récord, ya que en la campaña 2018/19, que alcanzó un volumen histórico de 147.000.000 de toneladas, la demanda total había sido de 420.000 unidades. Un incremento cercano al 10%.



Gráfico 5. Almacenaje 2015/2016 [6]

Estimación de demanda de silo bolsa en Argentina*	
Año 2020	
Volumen de granos* neto teórico guardado en silo bolsas (en toneladas)	75.000.000
Mercadería guardada en silos bolsas asignada a forraje (en toneladas)	15.000.000
Mercadería guardada en silo bolsas para su ingreso al circuito comercial (en toneladas)	60.000.000
Estimación Demanda de Silos bolsas para la actual campaña 2019/2020 (en unidades, a 180 t por Bolsa)	450.000
Estimación Demanda de Silos bolsas en la anterior campaña 2018/2019 (en unidades, a 180 t por Bolsa)	420.000
Crecimiento esperado en la actual campaña respecto de la anterior (en unidades, a 180 t por Bolsa)	30.000
Crecimiento esperado en tn guardadas en el 2020 respecto del 2019 (en unidades, a 180 t por Bolsa)	4.860.000
* Incluye cereales, oleaginosas y cultivos industriales. El tonelaje almacenado difiere según tipo de mercadería (por ej, trigo 200 t, soja y maíz 190 t, girasol 130 t, arroz entre 130 y 140 t)	

Gráfico 6. Estimación del D^{to} de Estudios Económicos de la Bolsa de Comercio de Rosario, en base a consultas a empresas proveedoras [7]

El reciclado de silobolsas comienza con su recolección en el campo y transporte a las distintas plantas de tratamiento. Allí, el proceso de reciclado consta de cuatro etapas iniciales que son:

- Triturado.
- Lavado, para remover la suciedad dentro material triturado.
- Decantación, para separar las semillas que pudieran quedar adheridas.
- Secado.

Luego el material molido se extrusa quedando el plástico en forma de hilos, que se cortan y enfrían, conformando un pellet con calidad comercial. Estos pellets debido a la materia prima con los cuales fueron elaborados, no deberían ser utilizados para la fabricación de productos destinados al uso humano cotidiano, personal, doméstico, didáctico, recreativo, uso veterinario destinados a mascotas y a todos aquellos usos que pudieren estar en contacto con agua de consumo o alimentos de consumo humano o animal.

El 60% del silobolsa recuperado se utiliza para la confección de bolsas de residuos y parte se destina para la fabricación de baldes y films de polietileno negro que se usa como aislante. Por otro lado, también se continúan utilizando en el campo como elemento de protección para maquinarias o herramientas agrícolas contra la lluvia y otras inclemencias. Un 10% o menos, en zonas donde la recolección informal es escasa, se quema o se entierra, lo cual genera un impacto ambiental sobre los recursos suelo y aire.

Por otro lado, el OPDS sancionó 30 de agosto de 2010, la resolución N°262/10, donde se crea el Programa Ambiente-AgroSolidario, que tiene por objeto la reducción y valorización de los residuos sólidos por intermedio de una gestión adecuada, post consumo, de los silobolsas. Dicha iniciativa se inscribe en el marco de la política de gestión integral de los residuos sólidos llevada adelante por el OPDS, en los términos de la Ley N°13.592, en la cual se impulsan acciones de valorización económica de los mismos a fin de minimizar los impactos negativos que los desechos mal gestionados producen sobre el ambiente.

El desafío prioritario del programa consiste en reducir el impacto ambiental, revertir la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos, así como contribuir a mejorar la calidad de vida de la población y fomentar el buen uso de los recursos y el ahorro energético.

CONCLUSIONES

Repasando algunos de los puntos desarrollados en el presente trabajo, podemos plantear algunas conclusiones para continuar con la implementación de esta política pública en la provincia de Buenos Aires:

- Lograr la correcta implementación de esta política pública de forma de gestionar los envases vacíos de fitosanitarios a través de los canales de valorización o disposición final habilitados, y de esta manera colaborar en la resolución de la gestión provincial de esta problemática, asegurando la trazabilidad tanto de los envases vacíos de fitosanitarios, como del material procesado reciclado, de forma de lograr que los productos elaborados con el mismo no sean destinados a uso humano cotidiano, personal, doméstico, didáctico, recreativo, uso veterinario destinados a mascotas y a todos aquellos usos que pudieren estar en contacto con agua de consumo o alimentos humano o animal.
- Aumentar los porcentajes de recolección de envases vacíos de fitosanitarios, ya que según los datos obtenidos, al 14 de septiembre de 2020, solo se han recolectado el 4.88% de la cantidad total volcada al mercado en el año 2019.
- Incorporar y construir nuevos CATs y Nodos Logísticos de gestión local en todo el territorio provincial, por parte del sistema de gestión, ya que es una de las principales necesidades de los productores agropecuarios y de los intendentes de los municipios en los cuales se desarrolla actividad agrícola.
- Coordinar a través del COFEMA y la Autoridad de Aplicación nacional de la ley nacional N°27.279 que las jurisdicciones, que aún no lo han hecho, aprueben el sistema de gestión de la Asociación CampoLimpio, para que la responsabilidad de la gestión de los envases vacíos de fitosanitarios este bajo la completa responsabilidad de las empresas registrantes en todo el territorio del país.
- Tomar en consideración que los residuos plásticos del agro afectan el ambiente, el cúmulo de los mismos y el hecho que provienen de recursos no renovables, implica poner en práctica las consignas de reducir, reciclar y reutilizar, y también, dar inicio a un cambio cultural que conlleve la participación y la inclusión social para generar empleo.

REFERENCIAS

- [1] Página Web del OPDS. <http://www.opds.gba.gov.ar/fitosanitarios>
- [2] [3] [4] Los Gráficos son de elaboración propia, en función del análisis de los datos de las 71 DDJJ, establecida en el inciso f del artículo 7° de la Res. N°505/19, presentadas por 71 empresas registrantes en febrero de 2020.
- [5] [6] M.J. Camarero, Capacidad de Almacenaje en Argentina. <https://magyp.gob.ar> (2017).

[7] Bolsa de Comercio de Rosario. <https://www.bcr.com.ar>.

Las imágenes presentadas fueron tomadas en relevamientos de fiscalización sobre fitosanitarios, en el marco de la implementación de la ley nacional N°27.279 y la resolución N°505 del OPDS, en la provincia de Buenos Aires.

ALTERNATIVAS A LOS PLÁSTICOS CONVENCIONALES. LAS DOS CARAS DE LOS PLÁSTICOS VERDES

*Laura Ribba^a, Oswaldo Ochoa-Yepes^b,
Edgar Darío Díaz^b, Silvia Goyanes^{b*}*

^a INTI, CONICET, Dirección de Materiales Avanzados, Áreas del Conocimiento,
San Martín, Buenos Aires, Argentina.

^b Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física.
IFIBA (CONICET). Buenos Aires, Argentina.
goyanes@df.uba.ar

Resumen

En los últimos 10 años, la conciencia social y las normativas medioambientales vienen impulsando el reemplazo de los plásticos tradicionales por los llamados plásticos verdes. En este capítulo se describen en profundidad las ventajas y desventajas de estos materiales respecto a los plásticos convencionales, junto con sus principales aplicaciones actuales y perspectivas a futuro. Los nuevos desafíos que plantean respecto a la gestión de residuos son abordados desde un punto de vista de las tecnologías y las regulaciones. Finalmente, la importancia de políticas de estado integrales que acompañen su implementación para que esto pueda marcar una diferencia es remarcada.

Palabras clave: bioplástico, bio-basado, biodegradable, normas, disposición final.

Abstract

Alternatives to conventional plastics. The two sides of green plastics. In the last 10 years, social awareness and environmental regulations have driven the replacement of traditional plastics by so-called green plastics. This chapter describes the advantages and disadvantages of these materials over conventional plastics, along with their main current applications and future perspectives. The new challenges they pose with respect to waste management are addressed from a technologic and regulatory point of view. Finally, the importance of comprehensive state policies that accompany their implementation is highlighted.

Keywords: bioplastic, bio-based, biodegradable, standards, final disposal.

INTRODUCCIÓN

Los primeros materiales plásticos fueron sintetizados a fines del siglo XIX a partir de materias primas orgánicas, en particular derivados de celulosa. Sin embargo, con el surgimiento de los plásticos de origen petroquímico, más económicos y adecuados para una producción masiva, los bioplásticos fueron desplazados. No fue hasta la segunda mitad del siglo XX que se comenzó a considerar los costos ambientales asociados a la producción de millones de toneladas de materiales desechables no biodegradables.

El primer producto comercializado como bioplástico fue creado en 1976 por la compañía británica Imperial Chemical Industries (ICI), sin embargo, su uso fue muy restringido debido a su alto costo. A partir de allí el interés por estos materiales se incrementó favorablemente y hoy en día el mercado de los bioplásticos es una realidad. Estos materiales son el foco de una industria emergente centrada en hacer que una vida cómoda sea compatible con la estabilidad ambiental. Sin embargo, aún queda mucho por hacer para lograr mitigar el efecto negativo de los plásticos convencionales en el medio ambiente. Dentro del concepto de bioplásticos o “plásticos verdes” se incluye una amplia gama de materiales, incluyendo biodegradables y/o bio-basados, que es necesario comprender a fondo para aprovechar sus ventajas medioambientales. Para lograr explotar la potencialidad de los bioplásticos, es necesario el desarrollo de legislación y políticas de estado que, basados en el avance de la tecnología, permitan una eficiente gestión de residuos. Esto no solo implica disminuir el riesgo ambiental, sino obtener un balance económico positivo, ya sea por potenciar economías rurales regionales donde se producen las materias primas renovables, o gracias a la conversión de desechos biodegradables en biogas.

1. Tipos de plásticos verdes: definiciones y clasificación.

Comúnmente, y en forma incorrecta, se piensa que algo que deriva de la biomasa, también debe ser biodegradable. Sin embargo, es importante comprender que los plásticos de base biológica no siempre son biodegradables y que los plásticos biodegradables no siempre son de base biológica. Con el fin de aclarar la terminología asociada a este capítulo en primer lugar se realizará una breve descripción de los términos más importantes.

Los **plásticos verdes** o **bioplásticos** se definen como polímeros biodegradables y/o bio basados, es decir pueden cumplir ambos requisitos o solo uno de ellos. Por un lado, los polímeros **bio-basados** o **biopolímeros** son definidos por la IUPAC como sustancias macromoleculares derivadas de plantas, animales o microorganismos. Éstos se pueden clasificar en función de distintos criterios, como se muestra en la Fig. 1. Una clasificación propone dividirlos en aquellos extraídos directamente de biomasa, los sintetizados a partir de bio-monómeros y los producidos a partir de microorganismos. Otra opción es clasificarlos como de primera generación, producidos a partir de fuentes alimenticias como carbohidratos (trigo, maíz, caña de azúcar y soja), de segunda generación, que se producen a partir de

materias primas no aptas para alimentos (cultivos no alimentarios y materiales de desecho del primer procesamiento de biomasa); y de tercera generación, refiriéndose a la producción directa de plástico (o monómero) por microorganismos.

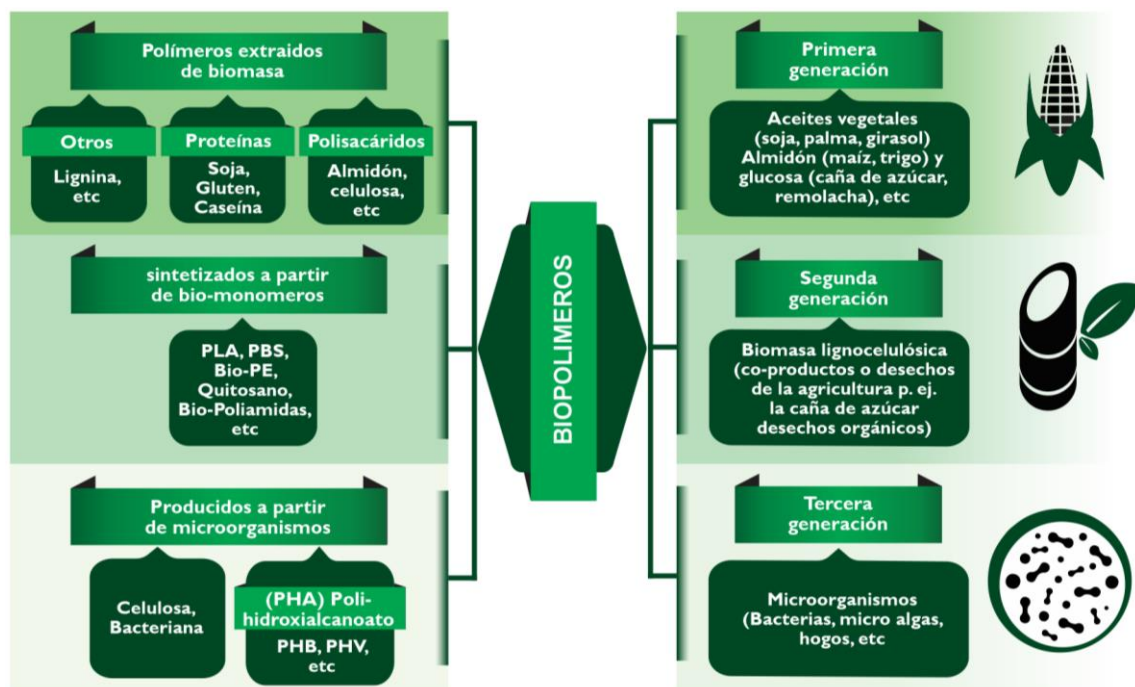


Fig. 1. Clasificaciones de los biopolímeros. Ejemplos de cada tipo.

Por otro lado, se definen como **biodegradables** a los polímeros susceptibles de degradación por actividad biológica, cuya degradación está acompañada de una disminución de su masa molar. Es decir, los polímeros capaces de ser mineralizados (convertidos en compuestos inorgánicos) mediante la acción de microorganismos obteniendo como productos finales compuestos de carbono y agua. Es importante aclarar que la biodegradación de estos polímeros puede ocurrir en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno) o anaeróbicas (en ausencia de él), dando lugar a productos variados. Mientras que durante la degradación aeróbica el polímero es convertido principalmente en CO_2 y agua, durante la degradación anaeróbica se emite además metano (CH_4), un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al calentamiento global del planeta, pero puede utilizarse como fuente de energía si es correctamente colectado.

Además de la presencia de oxígeno, otros parámetros ambientales como la disponibilidad de nutrientes, temperatura, humedad ambiental, presencia de microorganismos y pH influyen la biodegradabilidad de los plásticos. Por ejemplo, la degradabilidad de PLA y PCL en condiciones neutras y ácidas es lenta y alta en condiciones básicas [1]. La biodegradación se puede dar en diferentes ambientes, por lo que al definir un material como biodegradable es necesario aclarar bajo qué condiciones. Hay fuertes diferencias entre disponer el “biodegradable” en un relleno sanitario, en suelo, en una compostera industrial, en agua dulce o en agua marina.

Fijado el ambiente a evaluar, la biodegradabilidad de un polímero dependerá de su estructura molecular y consecuentes propiedades. Por ejemplo, su cristalinidad, peso molecular, presencia de enlaces susceptibles al rompimiento enzimático, estereoquímica, carácter hidrofílico/hidrofóbico, flexibilidad de las cadenas y tamaño de regiones amorfas, serán decisivas para definir la posibilidad de ser degradado por microorganismos.

Como se detalló previamente, un bioplástico puede ser no biodegradable, y un biodegradable puede no provenir de biomasa. Generalmente en la literatura se encuentran esquemas como el de la Fig. 2 para mostrar las diferentes posibilidades que tienen los polímeros tanto desde el punto de vista de su origen como de su capacidad para biodegradarse, siendo todos englobados en la denominación de bioplásticos excepto los polímeros que pertenecen al cuadrante de plástico convencional (no biodegradables y de origen petroquímico).

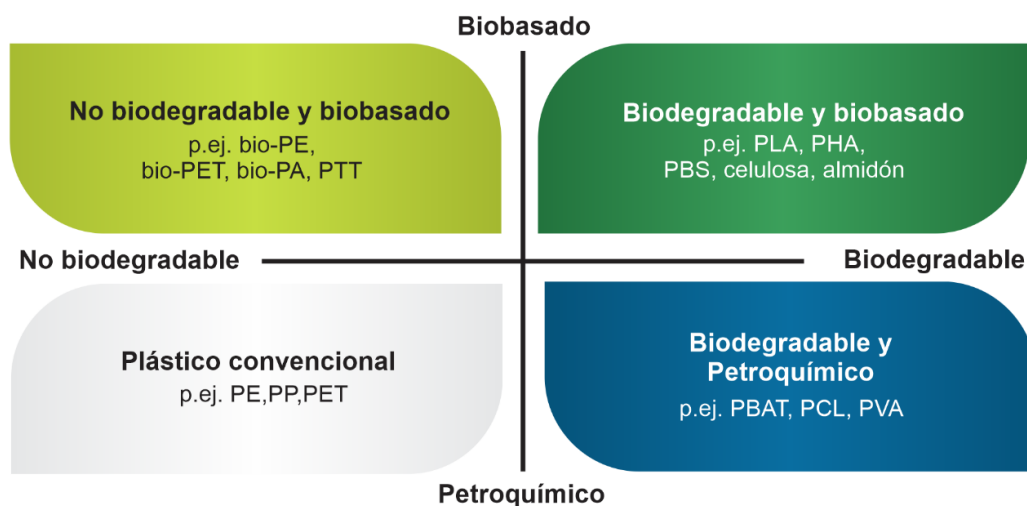


Fig. 2. Sistema de coordenadas de materiales de los plásticos.

Una palabra que puede llevar a confusión es el término **biomateriales** (o **polímeros biocompatibles**). Éstos son polímeros utilizados en aplicaciones biomédicas ya que no interfieren ni degradan el entorno biológico, es decir, interactúan con los tejidos vivos, sin causar daño.

Otra definición que es importante aclarar es que es la **oxo-degradación** consiste en la degradación física de los plásticos en unidades más pequeñas a través de acciones de oxidación, térmicas o ultravioleta. A través de estos procesos, el peso molecular disminuye, sin embargo, estos materiales pueden ser muy nocivos porque quedan como microplásticos (MP). La dirección general para el medio ambiente de la Unión Europea ha recomendado la restricción en el uso de este tipo de materiales, ya que no hay evidencia que los polímeros oxo-degradables sean biodegradados en un periodo razonable en un medio ambiente abierto, rellenos sanitarios o ambientes

marinos. Además, hay un considerable riesgo de que los plásticos fragmentados se bioacumulen en la cadena trófica, especialmente en los ambientes marinos [2].

2. Aplicaciones actuales y perspectivas de los bioplásticos

Los bioplásticos tienen día a día un mayor número de áreas de aplicación, siendo la más destacada el envasado de alimentos (con un 52% del mercado total de bioplásticos en 2019). Estos también se utilizan en otras industrias como textiles (10%), bienes de consumo (10%), autopartista (en particular los bio-basados no biodegradables) (7%), agricultura (7%), recubrimientos y adhesivos (7%), construcción (4%) y varios otros (3%).

El crecimiento continuo de la variedad de bioplásticos disponibles, con propiedades aplicables como plásticos de un único uso (biodegradables) así como plásticos de larga duración (versiones bio-basadas de los plásticos convencionales), ha revolucionado el mercado. Algunos autores, como por ejemplo [3], opinan que la sustitución de derivados del petróleo, por plásticos verdes, es técnicamente posible en la mayoría de los casos. Según un estudio realizado por la Universidad de Utrecht, los bioplásticos podrían sustituir técnicamente al 85% de los plásticos convencionales, y éstos podrían sinterizarse realizando sólo pequeñas modificaciones de proceso, en las refinerías que se emplean actualmente [4] La gran limitación actual para imponer los plásticos verdes es la fuerte diferencia en costos, respecto de los plásticos convencionales.

Los costos actuales de producción de materiales de base biológica dependen en gran medida de la materia prima. Cuando éstos se derivan de fuentes de bajo costo (como los residuos de biomasa) es probable que se logre un precio competitivo, siempre que esta biomasa esté disponible en altas cantidades y sea sencilla su recolección. Por otro lado, los obtenidos a partir de microorganismos necesitan mejorar el rendimiento para lograr competir. En ambos casos, hoy en día, se sigue necesitando fuerte investigación para solucionar muchos de los problemas que aún presentan. Por ejemplo, el bioetileno, monómero a partir del cual se sintetiza el bio-PE, es al menos un 30% más caro que su homólogo fósil, y su precio depende en gran medida del precio de la materia prima. El precio del PLA, también es del orden de un 30 % mayor al de los polímeros petroquímicos con los cuales compite. Peor aún es el caso de los compuestos a base de almidón, como por ejemplo el Mater Be, que son aproximadamente un 60% más caros que el LDPE. En el caso de los biodegradables de origen petroquímico, en general son más caros que los convencionales, pero existe una gran gama de precios, entre los que podemos encontrar el PVA, el PCL y el PBAT.

Según la *European Bioplastics*, asociación que representa los intereses de la industria de los bioplásticos, en 2019 la producción mundial de bioplásticos estuvo por debajo del 1% de la producción total de plásticos a nivel global, de este valor, el 52,6% corresponde a bioplásticos biodegradables y el 47,4% a plásticos bio-basados que no son biodegradables [5], Asia representó la mayor parte de la producción, con un 45%, seguida por Europa con un 25%. Se estima que la capacidad de producción mundial de plásticos verdes aumentará de 2,114 millones de toneladas en 2019 a

aproximadamente 2,426 millones de toneladas en 2024. Este crecimiento viene impulsado fuertemente por la introducción de nuevos bio-basados equivalentes a derivados del petróleo ya en el mercado. *European Bioplastics* espera un rápido desarrollo de PEF (furanoato de polietileno) y su entrada en el mercado en 2023. El PEF es técnicamente similar al PET, pero completamente de base biológica, reciclable y con una amplia gama de PET, pero completamente de base biológica, reciclable y con una amplia gama de aplicaciones, incluido el embalaje. En 2019, el bio-PP entró en el mercado y se proyecta un fuerte crecimiento debido a la aplicación generalizada del PP en una amplia gama de sectores. Bio-PU es otro bioplástico importante con potencial de producción masivo y con alto crecimiento proyectado debido a su versatilidad.

3. Plásticos verdes vs plásticos convencionales.

La amplia variedad de plásticos verdes existentes impide describir sus ventajas y desventajas en general, por lo que resulta más fácil caracterizar los sub-grupos definidos anteriormente en la Fig. 2.

- **Bio-basados y biodegradables:** Tanto su obtención a partir de materias primas bio-basadas como su carácter biodegradable son las principales ventajas de estos materiales frente a los plásticos convencionales. Por un lado, su origen a base de fuentes renovables y abundantes en la naturaleza los hace no depender de los derivados fósiles petroquímicos. Por el otro, su carácter biodegradable hace que si son desechados de manera correcta logren disminuir la cantidad de basura acumulada en rellenos sanitarios o fuentes hídricas (ríos y mares). Varios de los bio-basados y biodegradables, como el almidón, la celulosa y el PHA, logran biodegradarse en ambientes con condiciones variadas, a diferencia de la mayoría de los biodegradables petroquímicos, que suelen tener un rango muy acotado de condiciones en las que lo logran. La reducción de la huella de carbono (cantidad de gases de efecto invernadero que implica por su producción) es otra importantísima ventaja respecto a los plásticos convencionales, con un 80% menos de producción de CO₂. Sin embargo, estos materiales también tienen desventajas, siendo una de las principales su elevado costo. Además, algunos de los plásticos verdes son elaborados a partir de materias primas comestibles, que son usadas también para la producción de alimentos, lo que, para un grupo de investigadores, resulta un problema. Sin embargo, hoy en día el área de tierra cultivada para la producción de bioplásticos es solo un 0.02 % del total de la tierra agrícola [5]. A pesar del crecimiento del mercado de bioplásticos previsto para los próximos años, se espera que la cuota de uso de la tierra se mantenga en torno a ese porcentaje, demostrando claramente que no hay competencia entre la materia prima renovable para alimentos y la producción de bioplásticos. Más aún, la transformación de un comestible en un “envase comestible” (*edible film*) es la solución que no solo aporta valor al producto primario, sino que es lo óptimo para el medio ambiente. Otra posible desventaja ocurre si no son descartados de manera correcta. Los bio-basados y biodegradables no deben disponerse en rellenos sanitarios dado que

en este caso no sólo liberarían metano al ambiente (por la ausencia de oxígeno), sino que podrían generar serias inestabilidades, al igual que el efecto que produce en estas instalaciones el depósito de restos de alimentos. Un caso particularmente problemático es el PLA dado que este no degrada en suelo ni en ambiente marino, por lo cual, en estos dos casos, generará MP, problemática particular que se detallará más adelante.

- **Bio basados y no biodegradables:** Su principal ventaja es justamente el carácter bio-basado de los mismos, y la posibilidad de su uso como sustitutos de los plásticos convencionales en aplicaciones de larga duración. Sin embargo, desde el punto de vista de la biodegradabilidad, estos no presentan ninguna ventaja respecto de su homónimo petroquímico. Si bien no son biodegradables, debe recalcar que pueden ser reciclados junto con sus equivalentes fósiles. En aquellos casos en que la cadena de reciclaje esté bien instrumentada su implementación es fuertemente beneficiosa. Un claro ejemplo es el de una reconocida marca de gaseosa que desde 2009 está implementando el reemplazo de parte del PET utilizado para sus botellas por bio-PET.
- **Biodegradable no bio-basados:** Si bien son de origen petroquímico, su gran ventaja respecto a los plásticos convencionales es su biodegradabilidad. Esta ventaja debe ser evaluada con cuidado, ya que depende de que se dispongan correctamente, y como se mencionó anteriormente, suelen tener un rango acotado de posibles ambientes para biodegradarse. Algunos ejemplos de estos son el PBAT o el PVA, el primero se degrada en suelo, pero no en agua, mientras que el PVA degrada en agua, pero no en suelo. Si el medio de degradación no es el adecuado, el tiempo de degradación es prolongado y durante el proceso pueden generarse MP que resultan contaminantes para el medio ambiente, problemática que se abordará en profundidad en la siguiente sección.

3.1 Microplásticos generados por plásticos verdes.

Los efectos de los MP generados a partir de los polímeros petroquímicos no biodegradables se han convertido en un importante tema político y académico, y serán detallados en otro capítulo de este libro. En cuanto a las versiones bio-basadas de dichos polímeros, la problemática es equivalente, ya que como se detalló anteriormente la estructura polimérica y consecuentes mecanismos de degradación son los mismos. Por esa razón, en esta sección se describirá la problemática asociada a los MP generados a partir de plásticos biodegradables, también denominados bio-microplásticos (bio-MP).

Uno de los primeros y más importantes pasos de degradación es la biofragmentación, que depende del tipo y número de enzimas. Las enzimas se producen de forma intracelular y se requieren condiciones relativamente específicas para su excreción. Si un polímero es por ejemplo biodegradable en un determinado ambiente marino, una pequeña variación en la temperatura o el pH puede hacer que la biodegradación no se de en forma completa y se generen bio-MP.

Anteriormente se creía que los bio-MP producirían consecuencias menos dañinas que los MP convencionales; pero los resultados experimentales son contradictorios, independientemente de los tipos y tamaños de los bio-MP estudiados. En algunos casos se ha demostrado que los bio-MP pueden exhibir características similares y causar efectos análogos a los de los MP convencionales, mientras que en otros el efecto de los biodegradables es mucho menor y hasta inexistente. En particular, desde 2015 se están estudiando sus consecuencias ecotoxicológicas en hábitats marinos y de agua dulce. Se ha reportado que la presencia de PLA induce estrés y eleva las tasas de respiración en ostras (*Ostrea edulis*) y *Arenicola marina* L). El estado de salud, los comportamientos alimenticios y los procesos ecológicos de estas especies se han visto afectados por el estrés inducido debido a la presencia de micropartículas de este bioplástico [6]. En cambio, fue reportado que MP de PLA no mostraron ningún efecto significativo sobre la salud de pulgas de agua (dáfidos), mientras que MP de PS causaron una alta mortalidad, disminución de la tasa de alimentación y rendimiento reproductivo [7].

Estos resultados, demuestran que aún hay mucho por entender respecto al efecto de los bio-MP, pero es clara la necesidad de al desecharlos exponerlos a las condiciones específicas necesarias para su biodegradación. En este sentido, las regulaciones internacionales, detalladas más adelante, exigen demostrar que los MP que se forman con la degradación del material no sean tóxicos para certificar su biodegradabilidad en cada medio específico.

4. Nuevos desafíos en la gestión de residuos

Dentro de los plásticos verdes, aquellos bio-basados no biodegradables se comportarán en su disposición final de la misma manera que sus equivalentes derivados del petróleo. Como se mencionó anteriormente, estos materiales (por ejemplo, el bio-PET) se pueden mezclar con sus homólogos basados en combustibles fósiles (por ejemplo, PET industrial) y reciclar en las instalaciones de reciclaje existentes. Teniendo esto en cuenta, en esta sección se abordará el tema de los nuevos desafíos planteados en la gestión de residuos por la inclusión de plásticos biodegradables, teniendo en cuenta la amplia variedad existente.

Para estudiar si los plásticos biodegradables realmente pueden reducir la problemática asociada a la acumulación de basura plástica en el planeta, debe analizarse que ocurre en su etapa final de vida útil, al ser tratados mediante las tecnologías y prácticas de gestión de residuos predominantes. La tasa de biodegradación de estos materiales depende de las condiciones físico-químicas a las que se exponen en dichos tratamientos (por ejemplo, presencia de oxígeno, temperatura, presencia de luz, presencia de microorganismos específicos).

Los principales medios de tratamiento de desechos son el reciclaje, el compostaje, la digestión anaeróbica, la incineración y el vertido en rellenos sanitarios. Cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas desde un punto de vista operativo, económico y ecológico, y tendrá nuevos desafíos técnicos impuestos por los plásticos biodegradables.

4.1 Reciclaje y reprocesamiento

El reciclaje de plásticos biodegradables es un tema controvertido. Por un lado, solo algunos pueden ser reciclados por medios mecánicos y químicos, como el PLA, PHA, el PHB y el PHBV [8]. Si bien esta metodología no aprovecha la biodegradabilidad de estos materiales, los partidarios del reciclaje afirman que muchos de los polímeros biodegradables comerciales (como el PLA) solo se biodegradan en condiciones muy particulares, por lo que sus residuos pueden crear problemas ambientales en el futuro. En este sentido proponen el reciclaje como una forma de cumplir con los requisitos de economía circular.

Sin embargo, los opositores al reciclaje afirman que además de no aprovechar la biodegradabilidad, los polímeros biodegradables plantean un problema grave cuando entran en corrientes de reciclaje de plásticos convencionales. Los sistemas ópticos actualmente utilizados para la separación de residuos no permiten diferenciar los plásticos convencionales de los biodegradables. Separarlos mediante la tecnología de detección del infrarrojo cercano es posible, pero su puesta en funcionamiento es costosa. Además, todos los plásticos en general tienen densidades similares, lo que evita cualquier separación mecánica sencilla. El proceso típico de reciclaje de plástico implica altas temperaturas, que pueden provocar la descomposición de los biodegradables, haciendo imposible su procesamiento posterior. La mezcla de plásticos biodegradables en la materia prima de reciclaje dañará así el proceso y la calidad de los productos reciclados. Un número creciente de recicladores de PET, asociaciones de reciclado y funcionarios han expresado su preocupación por la posible contaminación del flujo de reciclado de PET por las botellas de PLA, la pérdida de rendimiento, el aumento de los costos de clasificación y el impacto en la calidad y el procesamiento del PET reciclado [8]. Es necesaria una masa crítica de PLA (de al menos 200 millones de kg producidos anualmente) para que el reciclado independiente de envases rígidos sea rentable.

Por estos motivos, los productos fabricados con plásticos biodegradables deberían etiquetarse como tales, de modo que puedan separarse de los reciclables.

4.2 Incineración con recuperación de energía

Los plásticos biodegradables pueden incinerarse de la misma manera que los plásticos convencionales, siendo su capacidad energética similar. En particular, la fibra de celulosa natural y el almidón tienen un valor calorífico bruto relativamente más bajo que el carbón, pero similar a la madera, por lo que son considerables para la incineración. La principal diferencia entre los bio-basados y los derivados del petróleo es que el balance de CO₂ es mucho más favorable en el caso de los primeros, ya que durante el crecimiento de las plantas se consume dicho gas. En el caso de los plásticos compostables certificados también se tiene un impacto medioambiental menor tras la incineración, ya que la certificación requiere que se demuestre que el plástico contiene niveles bajos de metales pesados [9]. Si bien la recuperación de energía mediante incineración puede ser una opción técnicamente viable para los plásticos biodegradables, desaprovecha muchos de los beneficios de la biodegradabilidad del material.

4.3 Relleno Sanitario

Los rellenos sanitarios o vertederos presentan condiciones de biodegradación anaeróbicas, temperatura ambiente, y presencia de distintos consorcios bacterianos. En este ambiente, muchos de los biodegradables, como el PLA, tendrán bajas tasas de degradación, mientras que otros como el TPS lograrán descomponerse casi por completo. Esta biodegradación que puede parecer a priori positiva debe ser estudiada con mucho cuidado. La falta de oxígeno durante la degradación producirá la generación de gas metano, un gas de efecto invernadero con 25 veces el efecto del CO₂. En un vertedero ideal, donde los gases producidos sean recolectados y los desechos no tengan la posibilidad de contaminar ningún ecosistema, el único problema a resolver es la posible generación de inestabilidades en el apilamiento. Sin embargo, en rellenos sanitarios deficientes la entrada de plásticos biodegradables aumentará la biodegradación ya existente al generar más lixiviados y gases y, por lo tanto, empeorará la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales y el medio ambiente. En este contexto se puede decir que los plásticos biodegradables no están hechos para ser depositados en vertederos, demostrando una vez más la importancia del correcto etiquetado de estos materiales.

4.4 Tratamientos de residuos orgánicos: Compostaje / digestión anaeróbica

El compostaje ha sido identificado como la tecnología de tratamiento de residuos más relevante disponible para plásticos biodegradables. Durante este proceso la materia orgánica se transforma en CO₂, agua, calor y biomasa en condiciones aeróbicas por acción de microorganismos, lo cual se considera un mecanismo de reciclaje biológico para plásticos biodegradables.

El compostaje industrial ocurre cuando bacterias y hongos degradan la biomasa en condiciones aeróbicas y a altas temperaturas (50–60 °C). Esta condición se conoce como fase termofílica, que es crucial para asegurar la destrucción de patógenos humanos y vegetales termosensibles, larvas de mosca y semillas de malezas. Si bien en esta metodología se aprovecha completamente la biodegradabilidad de los materiales, pueden existir complicaciones introducidas por el tiempo de compostaje de determinados plásticos. Por ejemplo, el PLA tarda alrededor de 3 meses en compostarse, mientras que hojas y ramas tardan menos de 1 mes. Esto genera una ecuación económica que en países como Alemania se está cuestionando. La disponibilidad de instalaciones de compostaje industrial en el mundo y en particular en Argentina es limitada.

Por otro lado, el compostaje doméstico ocurre cuando bacterias y hongos degradan la biomasa en condiciones aeróbicas a temperatura ambiente (≤ 35 °C). Esta metodología es ideal para el tratamiento de residuos orgánicos, ya que no tiene costo y genera un subproducto útil a la comunidad. Debido a una baja temperatura y una mezcla menos frecuente, la biomasa se degrada lentamente en comparación con el compostaje industrial. En tales condiciones, ciertos materiales compostables certificados para compostaje industrial, como el PLA, pueden no biodegradarse lo suficiente. Por el contrario, el almidón es completamente degradable en composteras hogareñas.

Aunque es un sistema más complejo y caro que el compostaje, la digestión anaeróbica tiene el beneficio de la producción de energía. Esta tecnología para la biodegradación de residuos orgánicos en condiciones anaeróbicas permite generar biogás (CO_2 y metano), y se puede dar a temperaturas menores a 35°C (mesofílica) o entre 50 y 60°C (termofílica). Los materiales residuales ($> 40\%$ de la materia orgánica) permanecen en el digestato y, en la mayoría de los casos, se convierten en abono para que se degrade aeróbicamente. Si bien esta metodología es bastante popular en Europa, la digestión anaeróbica no se ha aplicado en gran medida en otras partes del mundo debido a que tiene un coste de capital más alto que otras opciones de gestión de residuos. En Argentina, esta tecnología está empezando a utilizarse para la transformación de residuos agroindustriales.

El éxito de los plásticos biodegradables en general dependerá de la disponibilidad de instalaciones de compostaje / digestión. En este sentido, mejorar la recolección separada de desechos orgánicos y plásticos biodegradables para separarlos de materiales no compostables es vital, ya que se ha demostrado que el compostaje de residuos mixtos tiene un gran efecto negativo en la calidad y comerciabilidad del compost. Además, para que sea económicamente viable debe haber un mercado o uso para el compost generado.

5. Normativas internacionales

A partir de toda la información descrita hasta aquí es clara la necesidad de regulaciones, normas y estándares que detallen metodologías claras y confiables para determinar tanto el origen de los plásticos verdes (bio-basados o no) así como su comportamiento en las distintas posibles condiciones de disposición final. La conflictividad del tema es clara a partir del gran número de normas que en vez de actualizarse se dan de baja y surgen versiones diferentes de las mismas. En esta sección describiremos las normas existentes en la actualidad que permiten regular estos aspectos.

Como se explicó en los incisos anteriores, los plásticos verdes pueden o no ser bio-basados. Para una comunicación clara con respecto a la fracción bio-basada en materiales plásticos, las normas ASTM D6866-20, ISO 16620-5 y EN 16785-1 regulan las metodologías propuestas para determinar contenido de carbono de base biológica. Éstas se basan en la medición del contenido de C^{14} , un isótopo de carbono radiactivo que solo está presente en materiales que estaban recientemente vivos (el componente de base biológica) y no en aquellos de origen fósil (derivados del petróleo). Los materiales certificados como de base biológica, basados en estas normas, pueden llevar etiquetas que incluyen el porcentaje de material bio-basado (puede ir desde un 20 hasta el 100%), siendo las más importantes las otorgadas por DIN CERTCO, TÜV AUSTRIA y el departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA).

Paralelamente al origen de los plásticos verdes, también interesa certificar que les ocurrirá al ser desechados. La biodegradabilidad es una cuestión clave al caracterizar estos materiales, pero como se discutió anteriormente, si no son

detalladas las condiciones en las que fue evaluada, el término puede causar confusión sobre la forma adecuada de eliminación del plástico por parte del consumidor. Cada medio en el que se puede evaluar la biodegradabilidad tendrá condiciones únicas como temperatura, presencia de oxígeno y presencia de determinados microorganismos. En la Fig. 3 se observan las diferentes condiciones de los destinos usuales para residuos plásticos, así como una lista de cuales resultan biodegradables en cada caso. Como se puede observar tanto las condiciones como los materiales realmente biodegradables en cada tratamiento son muy diferentes, y solo algunos logran biodegradarse en todas las posibilidades, como el almidón y el PHA.

Existen entonces normas y estándares para certificar biodegradabilidad en diferentes condiciones. En un principio las normas se basaban en evaluar la biodegradabilidad en compostajes industriales, donde las temperaturas son relativamente altas y existen variadas comunidades de microorganismos. Sin embargo, esto no garantizaba bajo ningún concepto que el material se biodegrade en suelo o en una compostera hogareña. Tal es el caso de la EN 13432, titulada “Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje”. Esta norma requiere que la muestra a evaluar se mezcle con desechos orgánicos y se mantenga en condiciones de compostaje de prueba durante 12 semanas, después de lo cual no se permite que más del 10% de los fragmentos de material sean mayores de 2 mm, y se exige la ausencia de cualquier efecto negativo en el proceso de compostaje. Además, pide el 90% de biodegradación en 6 meses. Basándose en esta norma junto a otras preexistentes, la ISO 17088 especifica los procedimientos y requisitos para la identificación y etiquetado de plásticos y productos fabricados a partir de plásticos que son adecuados para la recuperación mediante compostaje aeróbico. Del mismo modo, la ASTM D6400 especifica las propiedades necesarias para determinar si los plásticos y los productos fabricados con plásticos se compostarán satisfactoriamente en las instalaciones de compostaje comerciales y municipales, incluida la biodegradación a una velocidad comparable a la de los materiales compostables conocidos (por ejemplo, celulosa microcristalina). Otras normativas regulan requerimientos para ciertos sistemas específicos, como la ASTM D6868, que detalla los requisitos para que un material laminado con un recubrimiento de plástico biodegradable sea etiquetado como compostable en compostaje aeróbico industrial; o las EN 14045 y EN 14806 que avalúan la desintegración de envases en este tipo de instalaciones. También existen otras normativas abocadas a compostajes en diferentes escalas, como de laboratorio o planta piloto (ISO 20200, ASTM D5338, ISO 16929).

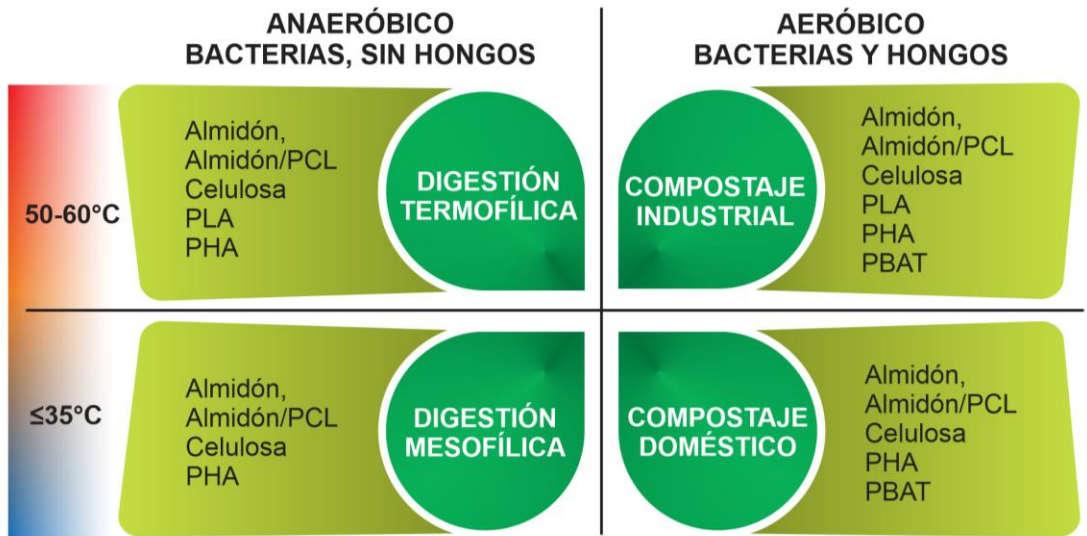


Fig. 3. Principales bioplásticos biodegradables en las condiciones de compostaje doméstico e industrial y digestión mesofílica y termofílica.

Actualmente está en discusión una norma a nivel internacional que regule la compostabilidad doméstica de bioplásticos (proyecto PNE-prEN 17427), pero ya existen varios estándares nacionales y esquemas de certificación, que se basan principalmente en la EN 13432. Para confirmar el cumplimiento de estos estándares y esquemas, los bioplásticos se prueban de acuerdo con las condiciones propensas a encontrarse en el compostaje doméstico, en particular, temperaturas más bajas y tiempos de permanencia más largos en comparación con las condiciones en las instalaciones de compostaje industrial. Los materiales o productos que cumplen con estos estándares pueden ser reconocidos por una marca de conformidad que indique su compostabilidad en el hogar. El certificador TÜV AUSTRIA BELGIUM, por ejemplo, ofrece un esquema de certificación de compostabilidad en el hogar de este tipo, y DIN CERTCO ofrece una certificación de compostabilidad en el hogar de acuerdo con la norma australiana AS 5810. Italia tiene una norma nacional para el compostaje a temperatura ambiente, UNI 11183. En noviembre de 2015, se introdujo la Norma francesa NF T 51-800 Plásticos: especificaciones para plásticos aptos para el compostaje doméstico. Esta norma está incluida en el esquema DIN CERTCO.

Otro medio en el que se puede testear la biodegradabilidad es el suelo. Este tipo de biodegradación tiene un rol importantísimo en la agricultura, en especial en las películas de acolchado plástico “mulch”. Los primeros estándares nacionales relacionados con la biodegradación en suelos fueron emitidos por las organizaciones nacionales de normalización de Francia e Italia: AFNOR NFU 52-001 y UNI 11495, respectivamente. Estas normas se usaron como base para el desarrollo de un estándar internacional europeo, el EN 17033, que regula los requisitos para las películas de acolchado de plástico biodegradables: su composición, biodegradabilidad en el suelo, ecotoxicidad, propiedades mecánicas y ópticas y los procedimientos de prueba para cada una de las categorías enumeradas. En particular la

biodegradabilidad se prueba según la ISO 17556 (equivalente a la ASTM D5988-18) que pide más de un 90% de conversión del carbono del material en CO₂ en 2 años en condiciones ambientales del suelo. Para asegurar esto se mide la demanda de oxígeno en un respirómetro o la cantidad de dióxido de carbono desprendido.

A diferencia de la biodegradabilidad en suelo, que es un proceso aeróbico, en los digestores anaeróbicos justamente hay ausencia de oxígeno, por lo que la biodegradabilidad debe probarse separadamente. La norma ASTM D5511 regula la determinación de la biodegradabilidad anaeróbica final bajo condiciones de digestión anaeróbica de alto contenido en sólidos estáticos a través del análisis del biogás liberado. Si bien esta norma no da un límite de tiempo, para otorgar el sello se pide más de un 60% de degradación 2 meses y más de un 90 % de desintegración en 5 semanas. Las condiciones planteadas por esta norma también simulan las de un relleno sanitario donde se recupere el biogas generado. Existe también una ASTM específica para la degradación en rellenos sanitarios anaeróbicos, la ASTM D5526, que plantea condiciones propias de este tipo de disposición final.

Otro medio muy importante en donde evaluar biodegradabilidad es el agua, pero por supuesto también dependerá en qué tipo de agua. Por un lado, la biodegradación en aguas residuales puede evaluarse tanto para condiciones aeróbicas como anaeróbicas. Para simular plantas de tratamiento donde hay aireación y presencia de organismos mesófilos (que crecen entre los 20 y los 45 °C) se puede exponer el material a un inóculo de lodo activado y evaluar biodegradabilidad a partir de la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro cerrado, como indica la ISO 14851. Otra posibilidad es analizar el CO₂ emitido como propone la ISO 14852. Ambas piden más de un 60% de demanda de oxígeno o emisión de CO₂ respecto a una referencia, respectivamente, y dan un tiempo máximo de evaluación de 6 meses. En otro tipo de plantas de tratamiento las condiciones son anaeróbicas, por lo que la biodegradación se puede medir evaluando el biogas emitido, tal como proponen las ISO 14853 y ISO 13975.

Por otro lado, la biodegradación marina es más lenta debido a las condiciones particulares del sistema (alta salinidad, bajas temperaturas, baja carga microbiana, bajas concentración de micronutrientes). Todas las normativas para este medio evalúan condiciones aeróbicas, pero varía el método para validar la degradación, así como el medio donde se estudia. La ASTM D6691 se usa para determinar el grado y la velocidad de degradación de plásticos en agua con al menos diez microorganismos marinos a una temperatura alrededor de los 30 °C evaluando la emisión de CO₂. Otras normas, como la ASTM D7473 avalúan la biodegradación en el sedimento marino. En particular determina la pérdida de masa de plásticos que no flotan en función del tiempo, teniendo en cuenta la ausencia de luz solar (tal como ocurre en el lecho marino). También determinan la biodegradabilidad de plásticos en suelo marino la ASTM D7991 y la ISO 19679. Ambas se basan en mediciones de CO₂ a temperaturas de entre 15 y 28°C durante menos de 24 meses. La ISO 18830 estudia el mismo fenómeno, pero a partir de mediciones del oxígeno consumido. Existe actualmente un certificado de biodegradable en ambientes marinos otorgado por Vinçotte, "*OK Biodegradable MARINE*". Esta certificación pide un 90 % de biodegradación después de 6 meses de exposición, según la Norma ASTM D6691.

En los últimos 15 años Argentina, presenta sus normas IRAM dedicadas a biodegradabilidad y compostabilidad de plásticos. Este tema así como el de residuos solidos urbanos (RSU) son desarrollados en otros capítulos de este libro.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Para que la aplicación de plásticos verdes alivie la problemática actual de acumulación de residuos es vital que vaya de la mano de políticas públicas que acompañen su implementación desde variados puntos de vista. Por un lado, es necesario que se exija un etiquetado claro, para que el usuario sepa como disponer los residuos. Esto implica la necesidad de educar al consumidor respecto de las alternativas posibles, así como la implementación de las metodologías de gestión de residuos necesarias para aprovechar la potencialidad de estos materiales (plantas de compostaje, digestores anaeróbicos, métodos eficientes de separación de residuos). También es fundamental transformar los desechos orgánicos en recursos, ya sea para la obtención de abono como para la generación de biogas.

Es importante recalcar que, si bien estas nuevas gestiones son importantes para lograr el éxito de los plásticos biodegradables, su importancia medioambiental excede este campo. Lograr el tratamiento de los residuos orgánicos por separado (preferentemente en composteras hogareñas, pero también en plantas de compostaje industrial y digestores) permite aliviar fuertemente la presión de rellenos sanitarios y evitar las dañinas emisiones de metano. Para que un sistema de recolección de desechos orgánicos por separado sea posible, estos deberían disponerse por los usuarios en bolsas biodegradables, y aquí vuelve a aparecer la importancia de estos materiales.

Por último, para que la implementación sea exitosa en el país es necesario que los productores locales puedan formular y procesar materiales a base de bioplásticos. Para ello, es precisa la instalación de plantas piloto accesible para desarrollos conjuntos de investigadores y pymes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen el financiamiento de la Agencia Nacional de Promoción científica y Tecnológica (ANPCyT PICT 2017-2362) y la Universidad de Buenos Aires (UBACyT 20020170100381BA).

REFERENCIAS

- [1] M. A. Elsayy, K.-H. Kim, J.-W. Park, y A. Deep, *Renew. Sustain. Energy Rev.* **79**, 1346 (2017).
- [2] Comisión Europea 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/ALL/?uri=CELEX%3A52018DC0035>

- [3] R. E. Putri, *The water and land footprint of bioplastics*, University of Twente, Países Bajos, 2018.
- [4] J. Brizga, K. Hubacek, y K. Feng, *One Earth*, **3**, 515 (2020)
- [5] European Bioplastics, nova-Institute 2019. <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- [6] D. S. Green, B. Boots, J. Sigwart, S. Jiang, y C. Rocha, *Environ. Pollut.* **208**, 426 (2016)
- [7] V. C. Shruti & G. Kuttralam-Muniasamy, *Sci. Total Environ.* **697**, 134139 (2019)
- [8] M. Niaounakis, *Eur. Polym. J.* **114**, 464 (2019)
- [9] R. Ciriminna y M. Pagliaro, *ChemistryOpen*, **9**, 8 (2020)

UNA MIRADA ECONÓMICA SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Marcelo Garriga y Norberto Mangiacone*

Centro de Estudios en Finanzas Públicas (CEFP),
Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de La Plata
marcelogarriga@yahoo.com.ar

Resumen

El proceso de urbanización, el crecimiento económico, el aumento en el consumo, el desarrollo de nuevas formas de empaquetado de los productos, han llevado a que el incremento de los residuos sólidos urbanos se transforme en un problema a escala global. Las externalidades ambientales, como el efecto invernadero o la contaminación de los océanos con residuos plásticos, afectan al conjunto del planeta. En el marco de una creciente preocupación por el deterioro ambiental, el tratamiento de los residuos adquiere vital importancia. La forma de relacionarse con los residuos, como tratarlos, reciclarlos y reducir su generación, no sólo se vincula con la cultura de cada sociedad respecto al cuidado del medio ambiente, sino también con los incentivos económicos que se establezcan. Implementar un sistema de incentivos adecuado no es una tarea sencilla, dado que se observa un alto grado de informalidad, la disposición ilegal de la basura es una práctica habitual y no hay una cultura hacia una menor generación de residuos y cuidado del medio ambiente. Pero es necesario utilizar los instrumentos fiscales que conduzcan a generar un sistema de recolección y tratamiento de los residuos sustentable económica y ambientalmente.

Palabras clave: residuos, reciclado, externalidades ambientales, política de incentivos.

Abstract

An Economic Outlook on Urban Solid Waste. The urbanization process, the economic growth, increased consumption and the development of new forms of product packaging have led to the increase in urban solid waste, which has become a problem on a global scale. Environmental externalities, such as the greenhouse effect or ocean contamination with plastic waste, affect the entire planet. Amid growing concerns about environmental deterioration, the treatment of waste becomes key. The manner in which we treat, recycle and reduce the generation of waste is not only related to the culture of each society in terms of environmental care, but also to the economic incentives that are established. Given the high degree of informality observed, the illegal disposal of garbage as a common practice and the absence of a culture as regards waste generation and environmental care, implementing an adequate incentive system is no

easy task. Nevertheless, we must use the fiscal tools available for the generation of a recollection and waste management system that is both economically and environmentally sustainable.

Keywords: garbage, recycling, environmental externalities, incentive policies.

INTRODUCCIÓN

El proceso de urbanización, el crecimiento económico, el aumento en el consumo, el desarrollo de nuevas formas de empaquetado de los productos, han llevado a que el incremento de los residuos sólidos urbanos se transforme en un problema a escala global. Las externalidades ambientales, como el efecto invernadero o la contaminación de los océanos con residuos plásticos, afectan al conjunto del planeta. En el marco de una creciente preocupación por el deterioro ambiental, el tratamiento de los residuos adquiere vital importancia.

La forma de relacionarse con los residuos, como tratarlos y reducir su generación, no sólo se vincula con la cultura de cada sociedad respecto al cuidado del medio ambiente, sino también con los incentivos económicos que se establezcan. Tradicionalmente, la gestión de los residuos se ha considerado como un tema de preocupación ingenieril y medio ambiental, tanto en la Argentina como en resto del mundo. En este sentido, algunos autores han señalado que “el problema de la gestión de residuos sólidos proviene de la falta de reconocimiento hacia la naturaleza económica del problema”.

Las estadísticas de los países desarrollados (OECD) muestran que la reducción de los residuos no es una tarea sencilla. Si bien se observa una atenuación del problema, su gestión y tecnología de tratamiento está en debate.

La composición de los residuos es un buen indicador de los sectores donde deberían concentrarse los esfuerzos. Kaza et al. [1] estiman a nivel mundial para el año 2016 que el total de residuos plásticos generados asciende a 242 millones de toneladas, representando un 12% del total de desechos sólidos. Reducir los residuos y aumentar la tasa de reciclaje es una tarea pendiente. El debate de cómo tratar los residuos se vuelve crucial: la incineración compite claramente con el reciclaje.

La práctica de disponer los residuos en rellenos sanitarios es probablemente la más extendida en aquellos países en que la tierra es un recurso abundante. Obviamente, en países como los del norte de Europa, donde la tierra es un factor escaso, la incineración es la solución más utilizada. Dadas las restricciones de tierra esta solución se ha extendido en los países desarrollados. Esta decisión, como fuera señalado, también está afectada por la composición de los residuos. La incineración requiere de residuos con poder de combustión para que su utilización sea rentable o sostenible. Sin embargo, ya sea la disposición de los residuos en rellenos sanitarios como su incineración, traen aparejados costos ambientales que

muchas veces no se muestran en los precios de mercado (externalidades). En consecuencia, el resultado es más basura y menos reutilización o reciclado de lo socialmente deseable. Esta falla en el funcionamiento del mercado debería ser corregida mediante una política de intervención pública específicamente orientada.

Por el lado de los consumidores, o los hogares, la mayoría se comporta como si el tratamiento y la disposición final de los residuos no tuvieran costos y no produjeran externalidades ambientales. Como resultado, se generan desechos hasta que el beneficio marginal de un residuo adicional es cero. No hay visibilidad (*salience*) hacia los individuos que revele que existen costos de tratamiento. Estos costos pueden no reflejarse adecuadamente en los precios o a menudo carecen de transparencia y visibilidad.

El objetivo de este capítulo es dar un marco de referencia para el análisis de la problemática relacionado con la disposición de residuos sólidos urbanos considerando los instrumentos de política fiscal que se dispone para atenuar la generación y disposición de residuos e incentivar las conductas de reciclado.

Residuos plásticos en Argentina

1. El contexto internacional: hacia dónde va el mundo

La experiencia de los países más avanzados en el tratamiento de los residuos puede servir de aprendizaje para los aquellos en vías de desarrollo. Sin embargo, hay que ser cuidadosos en no copiar recomendaciones de países que enfrentan fuertes limitaciones territoriales (restringe las opciones de enterramiento de residuos) y que cuentan con otra capacidad en términos de recursos económicos y disponibilidad tecnológica.

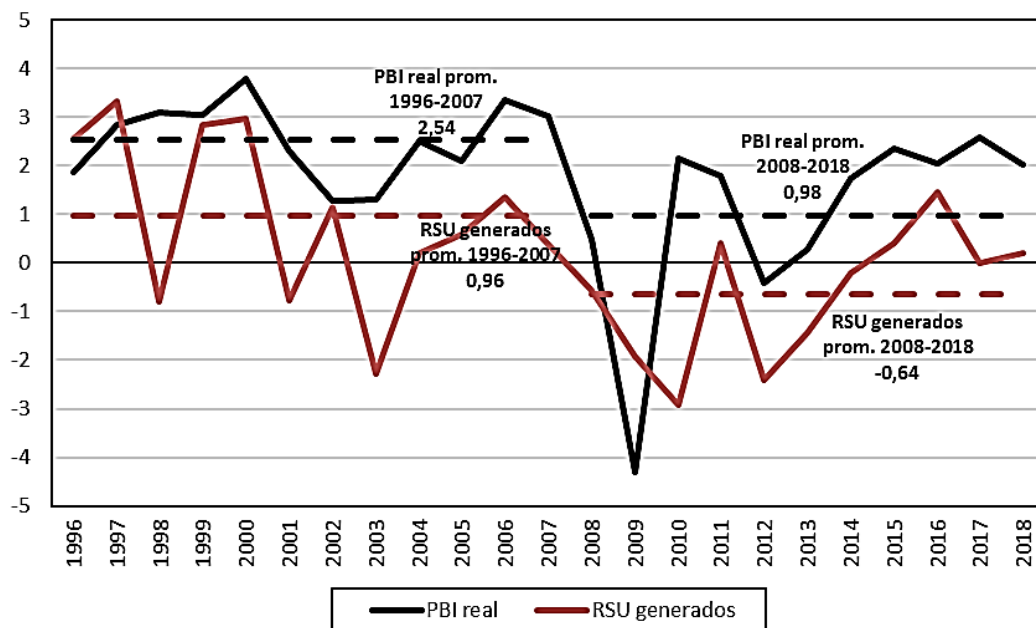


Fig. 1. Crecimiento económico y generación de RSU en la UE. 1995-2018. (var. i.a. %) Fuente: Elaboración propia con base en datos de Eurostat.

La cantidad de residuos de los países que componen la Unión Europea muestra una evolución estrechamente vinculada a las variaciones del PBI, en un contexto de un significativo esfuerzo para reducir la cantidad de residuos (1,4 Kg por persona por día). Las series arrojan un coeficiente de correlación de 0.54 (Fig. 1).

Por su parte, la tecnología del tratamiento final de los residuos ha cambiado significativamente con el transcurso del tiempo (Fig. 2). La disposición en rellenos sanitarios ha disminuido fuertemente entre los años 1995 y 2018 como resultante de cambios en la normativa de la UE en materia de gestión de RSU (impuestos a los rellenos sanitarios). De representar más del 60% se redujo a casi el 20%. Se observa un sensible crecimiento de la cantidad de residuos tratados por compostaje (pasó del 6% en 1995 a 17% en 2018) y reciclado (de representar 12% en 1995 a 30% en 2018). También la incineración y termovalorización energética crece de manera significativa reportando en 1995 una participación del 15% mientras que en 2018 la misma se ubica en torno al 28%.

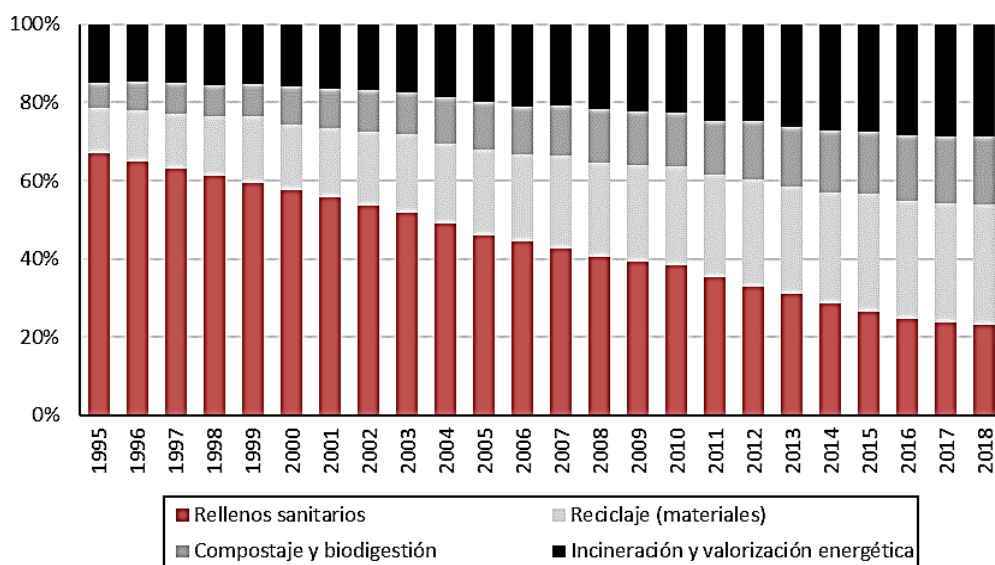


Fig. 2. Evolución de la composición de RSU tratados en UE. 1995-2018. (en %) Fuente: Elaboración propia con base en datos de Eurostat.

En el caso de los EEUU la situación es diferente (Fig. 3). Los rellenos sanitarios siguen ocupando un lugar central en el tratamiento final de residuos, la incineración y termovalorización mantiene niveles estables cercanos al 12% y el reciclado ha aumentado en el período 1995-2017.

México es el caso de un país de ingresos medios y amplia disponibilidad de territorio donde se observa la utilización creciente de rellenos sanitarios (Fig. 4). La disponibilidad de datos solo permite observar la evolución en la estructura de tratamiento de residuos hasta el año 2012. Es importante resaltar que se encuentra en proceso de construcción una planta con tecnologías de termovalorización energética con un plazo de finalización estimada en el corriente año que podría

modificar parcialmente esta matriz (se procesarían 4,500 tn de residuos diarios que generarían electricidad para la red de subte).

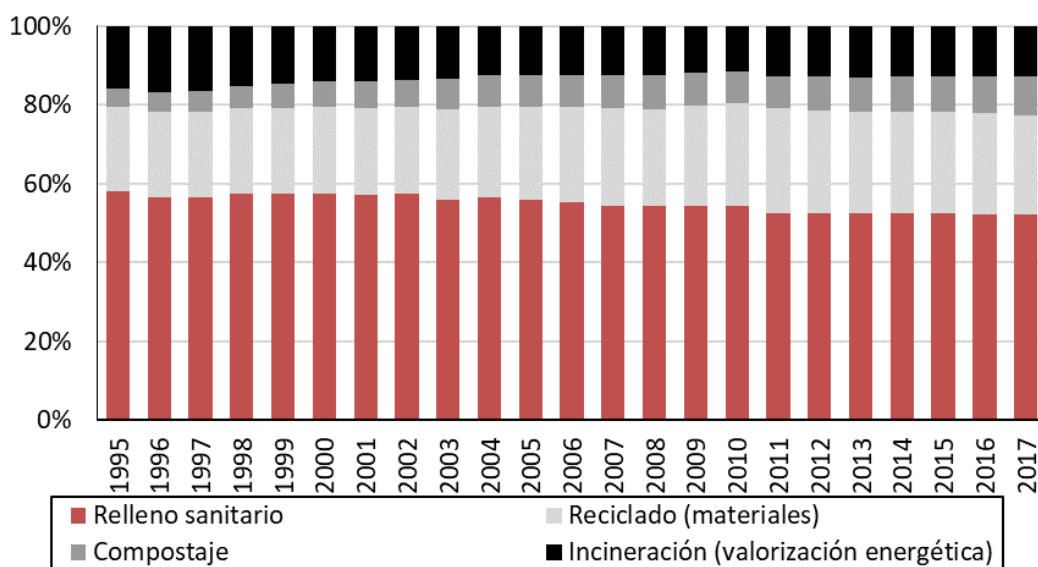


Fig. 3. Evolución de la composición del tratamiento de residuos municipales en EEUU. 1995-2017. (en %) Fuente: Elaboración propia con base en datos de OECD y EPA.

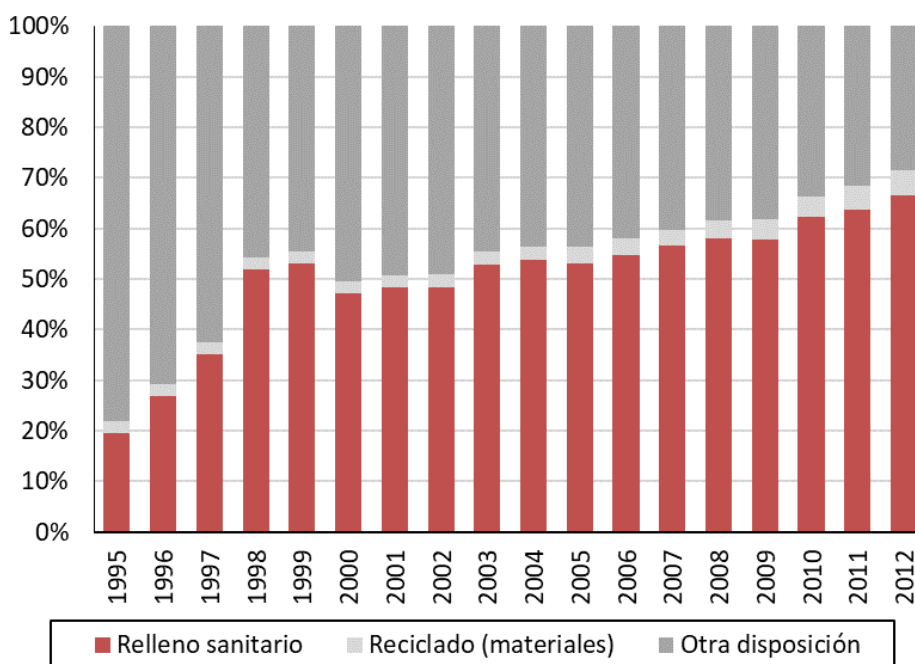


Fig. 4. Evolución de la composición del tratamiento de residuos municipales en México. 1995-2012. (en %) Fuente: Elaboración propia con base en datos de OECD.

2. ¿Qué explica políticas diferenciales en el tratamiento y disposición final de residuos?

Existen cuatro variables clave que pueden explicar las distintas formas de tratamiento de los residuos: el nivel del PBI per cápita, el territorio habitable y las características geográficas, la densidad poblacional y la capacidad regulatoria y ambiental.

En general los países de la Unión Europea presentan un alto PBI per cápita, son densamente poblados, enfrentan una considerable reducción del espacio disponible para llevar adelante rellenos sanitarios (ya se ha alcanzado ciertos límites territoriales), y cuentan con una gran capacidad regulatoria. En este contexto la incineración y termovalorización energética es una alternativa viable junto a políticas de reciclaje y compostaje.

La situación es diferente en EEUU y México, que disponen de grandes territorios para utilizar rellenos sanitarios, aunque en algunas regiones particulares está alternativa ya no está disponible (por ej. Nueva York y Ciudad de México).

Los costos de estas opciones difieren sustancialmente. De acuerdo con estimaciones del Banco Mundial [2] los costos de gestión de los residuos sólidos según el método de disposición final presentan valores muy disímiles. La incineración y termovalorización es casi cuatro veces más costosa que los rellenos sanitarios (Tabla 1).

Los aspectos señalados indican que la termovalorización energética es solo utilizable en los países en desarrollo en casos acotados, en los cuales la alternativa de rellenos sanitarios no está disponible y donde se han extremado las políticas de reducción, reciclaje y compostaje de residuos.

Tabla 1. Costos estimados de la gestión de residuos sólidos

Costos de recolección y disposición de residuos (dólares por tonelada)				
	Naciones de ingresos bajos	Naciones de ingresos medios-bajos	Naciones de ingresos medios-altos	Naciones de ingresos altos
Recolección	20-50	30-75	40-90	85-250
Relleno sanitario	10-30	15-40	25-65	40-100
Disposición a cielo abierto	2-8	3-10	NA	NA
Compostaje	5-30	10-40	20-75	35-90
Incineración	NA	40-100	60-150	70-200
Digestión anaeróbica	NA	20-80	50-100	65-150

Fuente: Banco Mundial (2012). “*What a waste. A global review of solid waste management*”.

El dilema que se enfrenta es que la incineración compite con el reciclaje de los residuos y demanda que la composición de los mismos contenga productos altamente combustibles (papel, cartón, plásticos) para que la operación sea rentable. Como se puede ver en la Fig. 5 la composición de los residuos sólidos cambia según el nivel de ingreso de los países. Aquellos de niveles de ingresos bajos y medios tienen una alta participación de residuos orgánicos (65% y 43%), que es poco combustible, papel y cartón un 10% y 28% y plásticos un 9% y 11%, estos dos últimos materiales muy combustibles.

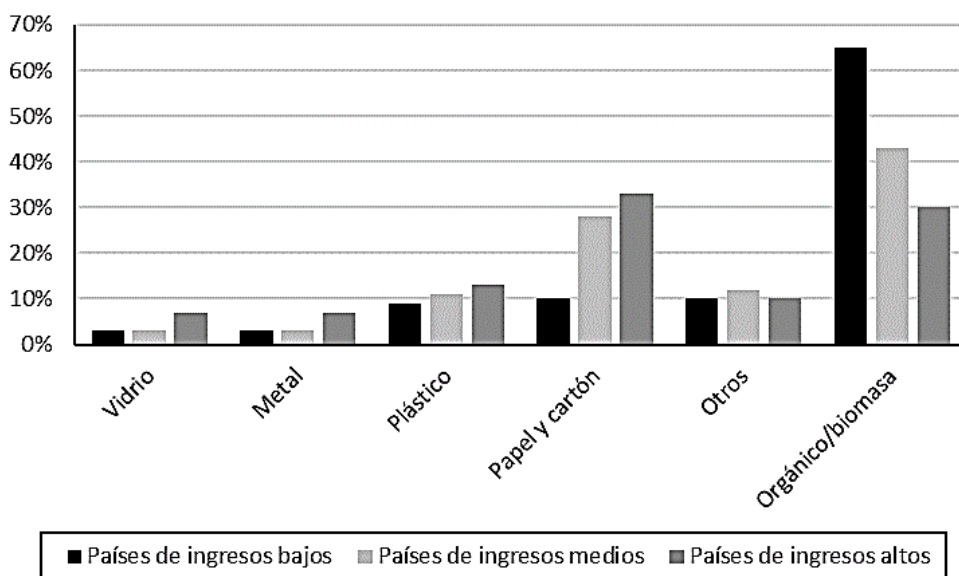


Fig. 5. Composición de los residuos sólidos según nivel de ingreso de los países. (en %) Fuente: Elaboración propia con base en datos de Thornton, M. (2019).

3. El comportamiento de los hogares

No existe conciencia en la población de que los residuos que se generan como parte del proceso de producción y consumo deben ser dispuestos en algún lugar, o, en caso contrario, reciclarse, reutilizarse o reducir la cantidad de residuos. La generación de residuos tiene un costo para la sociedad y de alguna forma hay que pagarlo. Todos quieren tener la basura lejos, pero nadie quiere hacerse cargo de los costos de esa decisión. No hay, a nivel de los consumidores ni de los productores, señales de precios que lleven a internalizar el costo de producir basura. El precio de los servicios de recolección y disposición a nivel domiciliario (en Argentina se cobra generalmente mediante la tasa municipal de alumbrado, barrido y limpieza) es independiente de la cantidad de basura que se produce, al tiempo que existen muy pocos planes e incentivos para separar los residuos reciclables de aquellos que no lo son.

Los modelos económicos neoclásicos tradicionales suponen el libre tratamiento y disposición final de los bienes (sin costo). Ante la falta de políticas públicas destinadas a revelar los costos de tratamiento de los residuos sólidos e

internalizar las externalidades, la mayoría de los consumidores se comportan como si el costo fuera cero. Los individuos generan residuos hasta que el beneficio marginal de un residuo adicional es cero. Por supuesto, la eliminación gratuita es un mito: la recolección y disposición de residuos consume recursos valiosos, como mano de obra, capital, tierra y combustible. Estos costos pueden no reflejarse adecuadamente en los precios o a menudo carecen de transparencia y visibilidad. En algunos países con el objeto de internalizar estos costos, por ejemplo en Holanda, Alemania, algunos Estados de EEUU, los vecinos deben adquirir una bolsa especial o un sticker para sacar la basura a la calle como una forma de relacionar la cantidad de basura con el costo del servicio.

Dijkgraaf y Gradus [3] examinan para los Países Bajos la incidencia de diversos sistemas de cargos al usuario por la recolección y tratamiento de los residuos. Analizan su efectividad en la reducción de generación de residuos domésticos considerando el tiempo de adopción de la política de precios. Los mencionados autores, en otro trabajo de investigación para los Países Bajos [4] analizan los efectos de la frecuencia de recolección de residuos y del tipo de material reciclable sobre las cantidades de residuos. Usui y Takeuchi [5] analizan el caso de Japón para estimar el efecto de los cargos al usuario sobre la generación de los distintos tipos de residuos domésticos. Encuentran que inicialmente los hogares reducen los desechos luego de la implementación de una tarifa al usuario, pero con el tiempo esta reducción se disipa. También encuentran que los cargos al usuario incentivan a los hogares de bajos ingresos a reciclar, pero los hogares de altos ingresos reciclan incluso en ausencia de un incentivo de precio.

Diversos trabajos estudian la relación entre los cargos al usuario y el reciclaje. Kinnaman y Fullerton [6] realizan un estudio a nivel nacional sobre los determinantes del reciclaje. Van Houtven y Morris [7] examinan datos de hogares para Marietta, Georgia para estimar la eficacia de dos tipos de programas de precios sobre el reciclaje de residuos, uno de suscripción a contenedores y otro de bolsas. Los resultados obtenidos no son concluyentes ya que si bien ambos programas aumentan significativamente la probabilidad del reciclaje doméstico, ninguno afecta significativamente la cantidad total reciclada. En el caso de Canadá, Ferrara y Missios [8] estiman que las tarifas de usuario por bolsa y la obligatoriedad del reciclaje doméstico aumentan las tasas de reciclaje.

4. Señales de precios e instrumentos fiscales

La experiencia internacional muestra la utilización de una amplia variedad de instrumentos regulatorios ("políticas de comando y control") y económicos (impuestos, tarifas y subsidios) para administrar y financiar la recolección y eliminación de desechos sólidos. Los instrumentos normativos comunes incluyen requisitos para los rellenos sanitarios, responsabilidad ampliada del productor, cuotas de reciclaje y prohibiciones de aquellos plásticos que se utilizan solo una vez. Las políticas de incentivos para minimizar los costos de la generación de residuos y dar señales claras a los productores y consumidores son [9]: i) cargo por recolección y tratamiento (*waste collection charges*), ii) cargo/precio disposición final

(*tipping fees*), iii) impuesto a los rellenos sanitarios (*landfill taxes*), iv) impuesto a los bienes finales (*advanced disposal fees*) y, v) sistemas de reembolso por devolución de envases (*deposit-refund schemes*). En general un único instrumento no es ideal para atender todos los contextos, herramientas regulatorias y económicos pueden servir tanto como complementos como sustitutos. En los países en desarrollo los incentivos económicos son un buen instrumento para movilizar recursos internos. Los ingresos provenientes de estos instrumentos están fuertemente correlacionados con la gestión de los residuos, dando señales claras en pos de una menor producción de residuos y mayor reciclaje.

En el caso del Reino Unido (UK) se observa cómo los impuestos sobre los rellenos sanitarios (*landfill tax*), dirigidos a internalizar las externalidades que produce la generación de residuos, reducen sensiblemente la cantidad de residuos vertidos en los rellenos sanitarios (Fig. 6).

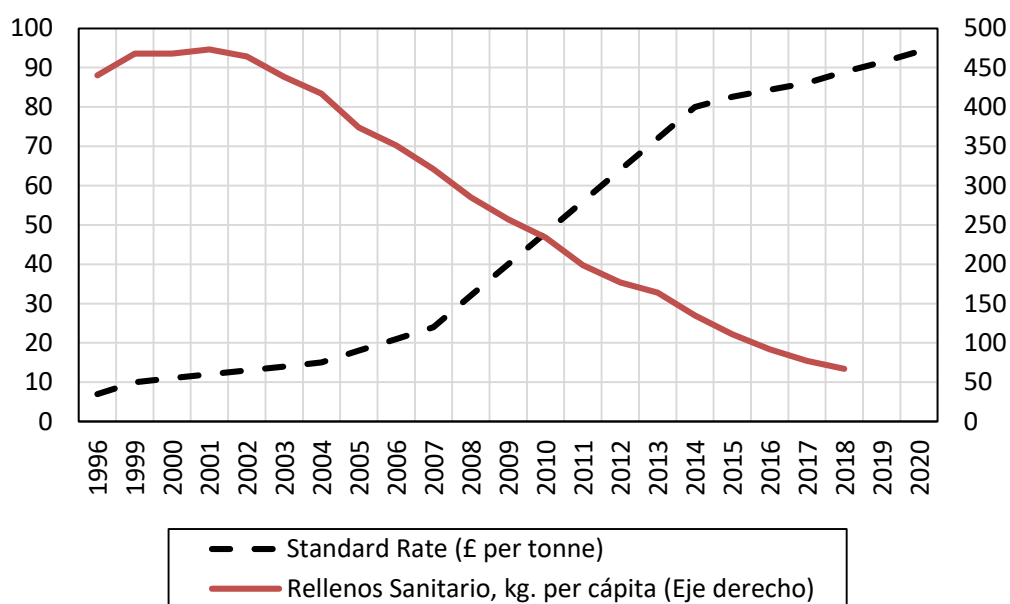


Fig. 6. "Landfill Tax" y disposición final en UK. Fuente: Elaboración propia con base en datos de HMRC Landfill Tax Statistics y OECD.

En este sentido, la literatura económica [10, 11] muestra como las señales de precios, cargos e impuestos modifican la conducta de los agentes económicos. En forma estilizada se presentan los principales resultados:

1. Precio cero para la recolección y disposición de residuos lleva a que se produzcan residuos hasta el punto en que el beneficio marginal de un kilogramo adicional de generar residuos es cero. Es decir, se producen más residuos que lo socialmente óptimo. Existe una elasticidad precio negativa de la generación de residuos.
2. Cada individuo genera residuos considerando solo sus costos y beneficios, sin tener en cuenta los costos para el conjunto de la sociedad (externalidades

negativas). La forma de corrección de esta externalidad es a través de impuestos ambientales.

3. Precios de transporte de residuos inadecuados (por ejemplo, excesivamente bajos) puede conducir a que los mismos se trasladen para su tratamiento a regiones alejadas (contrariamente a lo que indica la experiencia internacional y la eficiencia económica).
4. Los riesgos de establecer un sistema de precios es que los individuos se deshagan de los residuos en lugares inapropiados o se quemen ilegalmente (*dumping* o *burning*).

5. La situación del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA)

Según datos de la Secretaría de Medio Ambiente en Argentina se producen en promedio, 1,15 kilos de desechos diarios por habitante (con una amplia varianza), lo que equivale a casi 45.000 toneladas diarias para el total de la población (una tonelada cada dos segundos) lo que importa un valor de alrededor de 16,5 millones cada año. Estos valores están ligeramente por debajo de los residuos que generan los países desarrollados (1,4 kg día). También la Secretaría destaca la existencia de 5.000 basurales a cielo abierto en todo el país con todos los riesgos que ello implica en términos de contaminación ambiental.

En la Fig. 7 se presenta la composición de los residuos urbanos en Argentina. Se observa que tienen un alto componente de desechos orgánicos (49%), papel y cartón (14%), plásticos (15%), vidrio (3%), metales (2%) y otros (17%). Esta estructura es similar a la se presentó para los países de ingresos medios para el conjunto de la población mundial.

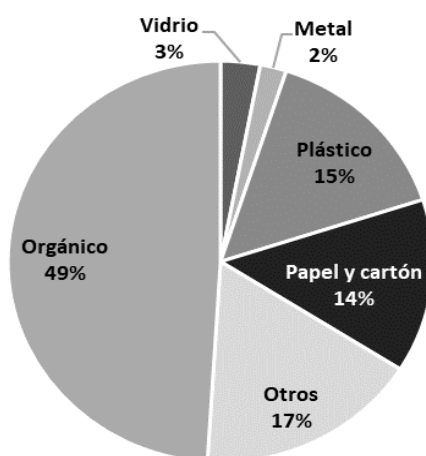


Fig. 7. Composición de los residuos sólidos urbanos (en %). Fuente: Elaboración propia con base en datos del Informe del estado del ambiente 2016 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable).

La información presentada es muy útil para diseñar las políticas públicas dirigidas a atenuar el problema de los residuos. Por ejemplo, el alto componente de residuos orgánicos debilita la posibilidad de que la termovalorización sea sostenible económicamente, además de todos los problemas señalados en cuanto a los riesgos ambientales y los desincentivos al reciclaje de los residuos. A su vez el margen para avanzar en políticas que reduzcan la utilización de plásticos es importante.

En este contexto, los municipios enfrentan un gasto creciente para atender los costos de recolección, transporte y disposición de los residuos. Estimaciones recientes [12] señalan que absorbería el 15/20% de los presupuestos municipales sin incluir los gastos que también realizan las provincias (por ejemplo la Pcia de Buenos Aires a través del CEAMSE). Estos valores no consideran los costos a largo plazo del tratamiento inadecuado de los residuos (basureros ilegales).

A efectos de ilustrar el problema de los residuos donde se dispone de mayor información, se analiza el Área Metropolitana de Buenos Aires. El AMBA tiene organizada la disposición final de residuos a través del CEAMSE. La empresa, propiedad de la Provincia de Buenos Aires y CABA, fue creada hace más de 40 años en tiempos de la dictadura militar, en donde el enfoque de gestión se focalizaba en la administración centralizada y la minimización de los costos de transporte.

Este sistema de disposición se encuentra en una etapa que seguramente requiera algún replanteo. En la actualidad, los residuos del AMBA se concentran en Norte III (San Miguel, Pcia. de Buenos Aires) con una disposición anual de más de 5 millones de toneladas de residuos, con fuertes externalidades ambientales (crecen exponencialmente con la cantidad de residuos), altos costos de transporte y con un déficit anual para la empresa administradora en torno a \$6.500 millones (2019). Los precios de disposición, transporte y centros de transferencia que pagan los municipios al CEAMSE por sus servicios están alejados de los costos reales. En este contexto, los incentivos a reducir la cantidad de residuos y aumentar el reciclado son bajos. No hay señales claras en este sentido.

Tanto la Ciudad de Buenos Aires como los municipios que conforman el AMBA enfrentan tarifas sistemáticamente por debajo de los costos de tratamiento, transferencia y disposición final de residuos, lo cual deriva en significativos subsidios al sector para cubrir el financiamiento de la actividad. Además del problema de incentivos, los subsidios implícitos violan el principio de equidad horizontal entre municipios, ya que los municipios del interior de la Provincia que no reciben el servicio financian indirectamente al AMBA.

Este esquema de incentivos, alejado del objetivo de reducción progresiva del volumen per cápita de RSU generado anualmente, no sólo aumenta los costos ambientales y de transporte, sino que libera a los municipios de la responsabilidad de asumir los costos reales de tratar los residuos.

Tampoco a nivel de los hogares hay señales contundentes que induzcan a los individuos a llevar adelante un comportamiento que minimice la generación de residuos y aumente el compostaje y reciclaje de los mismos.

Prácticamente ninguno de los instrumentos fiscales señalados en la sección anterior para que individuos y gobiernos locales visibilicen el problema de los costos sociales, ambientales y económicos de la generación de residuos se han utilizado. La estructura tarifaria del CEAMSE debe reflejar los costos reales de cada servicio. Esto estimularía la separación de los residuos en origen y su reciclado, abaratando los costos de tratamiento de la basura. La disposición ilegal de la basura requiere mayor control social, educación ciudadana, entre otras políticas. Es necesario comenzar a generar las señales de precios, tarifas e impuestos que conduzcan a un sistema de recolección y tratamiento de los residuos sustentable económica y ambientalmente.

CONCLUSIONES

El deterioro ambiental, costos crecientes para los municipios, zonas sin recolección adecuada, basurales a cielo abierto, poca conciencia ciudadana sobre los costos de tratamiento y la magnitud de los daños ambientales, constituyen una combinación de problemas que requiere urgente tratamiento desde las políticas públicas y la conciencia ciudadana.

La literatura y la experiencia internacional muestran un conjunto de instrumentos fiscales y regulatorios que pueden ayudar a morigerar el problema de los residuos. Pero fundamentalmente se requiere un cambio cultural donde los gobiernos y la ciudadanía reconozcan el problema: Los residuos contaminan y su tratamiento cuesta mucho dinero.

REFERENCIAS

- [1] S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata & F. Van Woerden, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, The World Bank, Washington, DC, 2018.
- [2] D. Hoornweg & P. Bhada-Tata, *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*, The World Bank, Washington, DC, 2012.
- [3] E. Dijkgraaf & R. H. J. M. Gradus, Waste Management in the Netherlands, en *Handbook on Waste Management*. T.C. Kinnaman & K. Takeuchi (Eds.), Edward Elgar, Cheltenham, UK, 2014, pp. 287-317.
- [4] E. Dijkgraaf & R. H. J. M. Gradus, *Tinbergen Institute Discussion Paper*, **155**, 6 (2014).
- [5] T. Usui & K. Takeuchi, *Environmental and Resource Economics*. **58**, 2 (2014).
- [6] T. C. Kinnaman & D. Fullerton, *Journal of Urban Economics*, **48**, 3 (2000).
- [7] G. Van Houtven & G. Morris, *Land Economics*, **75**, 4 (1999).
- [8] I. Ferrara & P. Missios, *Environmental and Resource Economics*, **30**, 2 (2005).

- [9] M. Thornton (2019). “Disposal is Not Free: Fiscal Instruments to Internalize the Environmental Costs of Solid Waste”, FMI, WP 283.
- [10] T.C. Kinnaman & D. Fullerton, *Journal of Environmental Economics and Management* **29**, 1 (1995).
- [11] M. Garriga, ¿Qué Hacer con la Basura en el Área Metropolitana de Buenos Aires? Un análisis de los incentivos económicos, Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, 2008.
- [12] M. Lozupone, El Costo de la Gestión de los RSU en los Municipios Argentinos, Un Estudio Desde la Economía Circular hacia la Sustentabilidad Integral. CECE, 2019.

**NACIÓN, PROVINCIA DE BUENOS AIRES Y MUNICIPIOS.
MISIONES Y FUNCIONES, SITUACIÓN AMBIENTAL,
POLÍTICA, ECONÓMICA Y SOCIAL**

Juan José Paladino y Walter Daniel Berman *

*Instituto del Ambiente de la Academia Nacional de Ingeniería- Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional La Plata
juanpaladino2014@gmail.com

** Comisión de Investigaciones Científicas, Buenos Aires - Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional La Plata
wdberman@gmail.com.ar

Resumen

Se identifican las incumbencias de las jurisdicciones Nación, Provincia de Buenos Aires y Municipios respecto de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en general y la situación de los Residuos Plásticos (RP) en particular. Son estas gobernanzas las que generan las normativas que regulan las actividades relacionadas con los residuos y en base a ellas las políticas públicas y las acciones específicas que deberían implementar los sistemas de gestión integral que contemplen la preservación de los recursos ambientales, la calidad del ambiente y la salud de la población. Se toma el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) como epicentro de trabajo, por contar con mayor información y datos disponibles y considerando la convergencia de jurisdicciones, Nación-Provincia de Buenos Aires -CABA- Municipios, y por poseer la mayor concentración de población (más de 15 millones de habitantes) y generación de RSU de Argentina y donde se concentran las mayor actividad de recuperadores formales (cooperativas) e informales y de industrias plásticas del país.

Palabras Claves: Residuos Sólidos Urbanos. Legislación. Incumbencias Nación, Provincia de Buenos Aires y Municipios. Residuos Plásticos.

Abstract

Nation, Province of Buenos Aires y Municipalities. Missions and functions, environmental, political, economic and social situation. The responsibilities of the Nation, Province of Buenos Aires and Municipal jurisdictions are identified with respect to Urban Solid Waste (MSW) in general and the situation of Plastic Waste (RP) in particular. It is these governance that generate the regulations that regulate activities related to waste and based on them the public policies and specific actions

that should be implemented by the comprehensive management systems that contemplate the preservation of environmental resources, the quality of the environment and the health of the population. The Metropolitan Area of Buenos Aires (AMBA) is taken as the work epicenter, because it has more information and data available and considering the convergence of jurisdictions, Nation-Province of Buenos Aires-CABA-Municipalities, and because it has the highest concentration of population (more than 15 million in habitants) and generation of RSU in Argentina and where the largest activity of formal (cooperatives) and informal reclaimers and plastic industries in the country are concentrated.

Keywords: Urban Solid Waste. Legislation. Incumbences Nation, Province of Buenos Aires and Municipalities. Plastic Waste.

INTRODUCCIÓN

En ámbitos urbanos la situación y el impacto que generan los residuos plásticos (RP) no pueden abordarse disociado de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y asimilables. En general se han transformado en las últimas décadas, en la problemática ambiental por excelencia de la República Argentina. En Argentina la participación de los RP en la matriz de RSU sigue en aumento, siguiendo la tendencia mundial. Según datos de la CEAMSE, que se encarga de la disposición de los RSU de AMBA y municipios vecinos (en total 52 municipios y Capital Federal), se trasladan actualmente entre 22 y 26 mil toneladas de RSU diariamente, a lo cual se suma los RSU que se disponen clandestinamente en basurales a cielo abierto (BCA) activos y microbasurales en toda la región. Entre el 12 a 14 % son Residuos Plásticos (RP), a lo que hay que agregar los RP que no llegan a los rellenos sanitarios y que son separados y recuperados por Recolectores informales y Cooperativas de Recicladores Urbanos. Los RP de CABA alcanzan un 19 %, dato consistente con la comunicación de algunas Cooperativas que estiman un 20 % de RP de la masa total de los residuos valorizados. El incremento en la generación de materiales plásticos se debe a la ductilidad que presentan estos materiales para la vida cotidiana, tanto en la industria, en el comercio y principalmente en las distintas actividades antrópicas, aún en las domésticas [1]

Como ocurre con otros componentes de los RSU, principalmente el papel, el cartón, el vidrio y los plásticos, al no existir normativa específica en la materia para cada uno de estos elementos, se establece un mercado informal, mediante los recuperadores urbanos, organizados a veces en cooperativas (CRU), acopiadores (intermediarios), e industriales que utilizan estos residuos para su reciclaje y reutilización en otros usos. Este mercado no está regulado y genera una economía informal, con pérdida de recursos impositivos de las distintas jurisdicciones y una desprotección (salarial, atención de salud y previsional) de los sectores que inician este sistema al recolectar primariamente estos desechos. Asimismo, esta situación de segregación de RSU en procura de obtener residuos valorizables, en algunos casos se realiza en sitios inapropiados afectando la aptitud de los cuerpos receptores y la calidad de vida de la población.

El sistema formal de la gestión de los RSU (separación en origen; recolección; recuperación o reciclaje; tratamiento y disposición final), se encuentran regulados parcialmente por las distintas jurisdicciones, pero con responsabilidad bien definidas en los Municipios, quienes finalmente tienen la obligación legal de una adecuada gestión de los mismos. Como expresaremos más adelante, el manejo de los RSU está enfocado en la normativa bajo un criterio de “Integralidad” que en la práctica no se cumple.

Todos estos aspectos serán abordados, intentando la mayor claridad posible, para interpretar los procesos actuales y cuáles a criterio de los autores son las acciones a mediano y largo plazo, para alcanzar un sistema de gestión compatible con la economía circular.

En virtud de la trayectoria y experiencia de los autores, se hará expresa mención a la Provincia de Buenos Aires y al AMBA en particular, dada su extensión territorial y la dimensión de sus áreas urbanas, que representan, un tercio de la población total de la RA, un 50 % de la producción agropecuaria y de la actividad industrial. Asimismo en el AMBA es donde convergen las jurisdicciones, Nación-Provincia de Buenos Aires - CABA y Municipios, por poseer la mayor concentración de población (más de 15 millones de habitantes) en áreas urbanas y concentrando la mayor generación de RSU de Argentina. Asimismo, centraliza una importante actividad de recuperadores formales (cooperativas) e informales y de industrias plásticas del país.

También en las actividades agropecuarias, propias de las áreas rurales, se generan otros tipos de RP, no menos importantes, los cuales son tratados en otro capítulo por calificados especialistas.

1. Regulaciones que contemplan a los RP

1.1 Ámbito Nacional

A partir de la Constitución Nacional de 1994, se establecieron nuevos paradigmas en el tema que nos ocupa, a saber:

- El artículo 124° *in fine* establece “Corresponde a las provincias el dominio originario de los Recursos Naturales, existentes en su territorio.” Independientemente de la discusión fina sobre las competencias de las distintas jurisdicciones, que mínimamente aún perduran, este artículo vino a disipar y poner luz sobre cuestiones muy controversiales.
- El artículo 121°: “Las provincias conservan todo el poder no delegado por esta Constitución al Gobierno Federal, y el que expresamente se hayan reservado por pactos especiales al tiempo de su incorporación”. Este artículo deja en claro por defecto las competencias provinciales en materia medioambientales.

- El artículo 41°, tercer párrafo dice “Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales.”

Entre 1990 y 1993, se firma el Pacto Federal Ambiental, entre el Poder Ejecutivo Nacional y las Provincias, y en ese período se constituyó el Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) con el objeto de coordinar acciones de política ambiental.

Durante el año 2002, se sanciona la Ley de Presupuestos Mínimos N° 25.675, denominada “Ley General del Ambiente”, donde su artículo 4°, expresa entre otros principios, el de Congruencia en la aplicación de la política ambiental, el cual establece “La Legislación provincial y municipal referida a lo ambiental deberá ser adecuada a los principios y normas fijadas en la presente ley; en caso de que así no fuere, éste prevalecerá sobre toda otra norma que se le oponga”.

El artículo 6° de esta normativa, interpreta el significado estricto de los presupuestos mínimos, estableciendo “Se entiende por presupuesto mínimo, establecido en el artículo 41° de la Constitución Nacional, a toda norma que concede una tutela ambiental uniforme o común para todo el territorio nacional, y tiene por objeto imponer condiciones necesarias para asegurar la protección ambiental. En su contenido, debe prever las condiciones necesarias para garantizar la dinámica de los sistemas ecológicos, mantener su capacidad de carga y, en general, asegurar la preservación ambiental y el desarrollo sustentable.”

Durante el año 2004, se sanciona la Ley de Presupuestos Mínimos N° 25.916, sobre “Gestión Integral sobre los Residuos Domiciliarios”, fijando pautas, etapas de gestión, competencias y metas de cumplimiento. A continuación, citamos las más destacadas:

- Define a un “Residuo Doméstico”, a todo elemento, objeto o sustancia que producto de prácticas de consumo y actividades humanas son desechables.
- Denomina “Gestión Integral”, a la generación, disposición inicial, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final, definiendo cada una de ellas.
- Incorpora la “Valorización de Residuos”, como el procedimiento para aprovechar los mismos como recursos, mediante transformación física, química, mecánica o biológica, y la reutilización.
- Establece como “Autoridades Competentes”, a las jurisdicciones locales, es decir a los municipios o departamentos.
- Nombra al COFEMA, como ente Coordinador Interjurisdiccional, con atributos de consensuar políticas, criterios técnicos y ambientales.
- Prohíbe la importación o introducción de estos residuos de otras jurisdicciones.
- Establece un plazo de 10 años, para que las jurisdicciones se adecuen a lo definido en lo que respecta a la disposición final, transcurridos los cuales

estará prohibido cualquier disposición final que no contemple lo fijado en la norma. También establece un plazo de 15 años, para el resto de la gestión integral, en los mismos términos.

Si bien transcurrieron 10 años entre la Constitución del 94' y la sanción de esta normativa, sobre todo tratándose de unos de los problemas ambientales más importantes de las concentraciones urbanas de nuestro país; y no habiendo el COFEMA ejercido eficientemente con la manda del Capítulo VI sobre la coordinación de políticas y criterios, no deja de ser una importante contribución de base para todo el territorio nacional. Asimismo, tampoco se ha cumplido con los plazos establecidos en los artículos 33° y 34° para adecuarse a la normativa. A pesar de todo ello, es importante destacar que la norma fija pautas sobre el sistema de gestión Integral y busca un camino muy adecuado para abordar tan amplia y compleja problemática.

1.2. Ámbito Provincia de Buenos Aires

1.2.1 Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA)

En un país federal como la República Argentina (RA), con realidades tan distintas, en cuanto a extensiones de territorio, particularidades, culturas, composiciones sociales y economías, se hace casi imposible contar con un diagnóstico único en referencia a las distintas gestiones que realizan las provincias y dentro de ellas los municipios o departamentos que definitivamente son los actores primarios y esenciales en cualquier sistema de gestión que se adopte. Razón por la cual los autores de este acápite, se referirán especialmente a la Provincia de Buenos Aires (PBA), en la cual han desarrollado gran parte de su actividad profesional, tanto pública como privada.

Ya nos hemos referido de manera genérica a la fuerte concentración poblacional y a la elevada generación de RSU y de RP en el área del AMBA, integrada por más de 14 distritos y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). A pesar de su elevada demografía, y extendiendo la mirada hacia otros distritos contiguos del Gran Buenos Aires, hay una diversidad de realidades, principalmente socio económicas, diferentes. CABA como epicentro, continuando en provincia por los municipios de San Isidro y Vicente López al norte, que presentan recursos medidos en ingresos per cápita muy superiores a los municipios del Oeste, como Morón, José C. Paz, Moreno y la Matanza. Como situación intermedia los distritos del sur de PBA, como Florencio Varela y Berazategui. Esta disparidad económica y social también se refleja en la composición y volumen de los RSU y a la inversión y la implementación de políticas públicas en materia de gestión de RSU en cada distrito, o bien al aporte que los mismos hacen al sistema general del AMBA [2].

Sin pretender realizar una revisión histórica en el ámbito del AMBA del manejo de los RSU, es necesario referenciar algunos hitos que marcaron un cambio de paradigma para esta región.

La usanza de la época desde los primeros asentamientos, era enterrar los residuos en pozos en sus propios terrenos y antes de colmatarse quemarlos, para recuperar espacio para continuar depositando. Entre fines del siglo XIX y principios

del XX, los residuos eran quemados en lugares predeterminados, denominadas Quemadas, ya en forma institucionalizada, uno de los lugares más conocidos en la Ciudad de Buenos Aires (CBA), así su estatus jurídico en aquella época, era la ribera del Riachuelo, donde hoy se encuentra la cancha de Huracán. Los Basurales a Cielo Abierto (BCA), las quemadas formales e informales se encontraban en numerosos lugares de ambas jurisdicciones. Alrededor de 1910, se inicia la instalación de la incineración mediante hornos, denominados usinas, que se inician en la zona de Barracas y luego se extienden a Flores y Chacarita.

También existían instalaciones similares en Avellaneda, sumado a las industrias que quemaban sus residuos y la proliferación de edificios de departamentos en la ciudad y en algunas localidades del primer cordón que usualmente tenían incineradores, donde los habitantes de los mismos, mediante una puerta que existía en cada piso arrojaban sus residuos al subsuelo, donde diariamente se incineraban; y las quemadas en los BCA que proliferaban en la totalidad de los distritos, que ya asomaba como un gran complejo urbano como el actual, todo ello coexistía en esa época

El panorama, sin duda era dantesco, con una significativa contaminación de la calidad del aire que hubiera sido ambientalmente inviable en virtud del crecimiento poblacional de la región.

En 1976, CBA cierra las usinas y determina la prohibición de incineración para los particulares. En 1977, se firma el convenio entre CBA y PBA, para la disposición de los RSU en la provincia, mediante la metodología de relleno sanitario.

En 1978, se sanciona en PBA el Dto. Ley N° 9.111, creando la actual Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad de Estado (CEAMSE), conocida comúnmente como “El Cinturón Ecológico”. Esta normativa establece la disposición final solamente a través de rellenos sanitarios, de los residuos generados en la CBA y 22 partidos del Gran Buenos Aires, en las instalaciones de la empresa de servicios creada.

Estas decisiones de gran magnitud fueron posibles porque se desarrollaba la dictadura iniciada en 1976, que culmina en 1983, con el regreso a los procesos democráticos.

Tal medida significó un sinnúmero de expropiaciones, muchas de las cuales generaron conflictos judiciales de larga data.

Los primeros rellenos sanitarios, Bancalari; Santo Domingo; Norte I y Norte II, en la actualidad se encuentran cerrados, en tareas de postcierre. El relleno de Ensenada, donde volcaban originalmente La Plata, Berisso y Ensenada, y luego se incorporaron Brandsen, Magdalena y Punta Indio, se encuentra en una controvertida etapa de cierre y su reemplazo por una Planta de Tratamiento Mecánico Biológico (TMB) que se encuentra operando en la actualidad. Finalmente, el relleno de González Catán, donde actualmente dispone los RSU el distrito de La Matanza.

Hoy los únicos rellenos en actividad son el de González Catán y el Norte III, en particular este último se encuentra en un estrés operativo, principalmente por aportes paulatinos de nuevos municipios que se han incorporado a disponer sus RSU en la CEAMSE. De los 22 municipios originales, hoy ya suman alrededor de 52 distritos.

El Dto. Ley N° 9.111/78, establecía la prohibición de los BCA, en los 22 distritos incorporados en la norma, dando 18 meses para el cierre de los existentes, y además prohibía expresamente la recuperación de residuos y el “cirujeo”. Estas prohibiciones fueron luego derogadas por la Ley Provincial N° 13.592, de la cual posteriormente haremos referencia.

La realidad social y económica, los cambiantes rumbos políticos y la falta de recursos y de políticas apropiadas de los municipios, impidió llevar adelante gestiones sustentables e integrales de RSU, con algunas excepciones. Una arista de esta problemática es la presencia de BCA y especialmente los micro basurales, los cuales siguen coexistiendo en muchos municipios en la actualidad. Cabe destacar que la grave situación económica y sanitaria que viene atravesando el país, trasciende también en una disminución notable de la cobrabilidad de los impuestos municipales que sostiene la gestión de los RSU.

Tampoco, se cumplió con la prohibición de recuperación de residuos y el cirujeo, tareas asociadas históricamente. Las cuales fueron tomando distintas formas, evolucionando desde las más básicas hasta las organizadas en Cooperativas de Recuperadores Urbanos (CRU).

Durante 2005, la CABA sanciona la Ley N° 1.854, sobre “Gestión Integral de RSU”, denominada como “Ley de Basura Cero”, la cual comienza a aplicarse a partir del 2007, cuando se reglamenta. Esta normativa, controversial para muchos, se fijó metas progresivas muy exigentes, como reducir la disposición final en la CEAMSE 30% para 2010; 50 % en el 2012 y 75 % en 2017 (con base en 2005), metas estas que fueron revisadas en 2018 y con base en lo dispuesto en 2012, se establecieron nuevos porcentajes de reducciones del 50% para 2021; 65% en 2025 y 80% en 2030. Para el año 2028, se prevé la prohibición de la disposición final de elementos reciclables [6]

A pesar de no haber alcanzado las metas establecidas, es una norma que produjo un avance muy importante, respecto a la selección en origen, recolección diferenciada, contenerización, apoyo a las CRU, profundizando la Ley N° 992, del 2002 sobre los recuperadores urbanos, y estableciendo con éxito parcial el criterio de progresividad. Los resultados arrojados entre 2012 y 2016, fueron alentadores, pero el 2017 se volvió a incrementar la disposición final, y esto generó la modificación en 2018 de las nuevas metas. Habrá que observar lo que ocurra de acá en más con la evolución de las toneladas dispuestas anualmente. Situación similar ocurrió en PBA donde tampoco se alcanzó los porcentajes de reducción en la generación de RSU previstos.

Un apartado muy especial amerita tratar un aspecto muy importante y muy controversial, fue y a nuestro entender sigue siendo, la modificación de esta norma en el 2018, respecto a la prohibición de la incineración de residuos, sin discriminar con o sin generación de energía. La norma modificada sólo deja la prohibición de incineración lisa y llana, sin generación de energía, pero habilita taxativamente a las metodologías de Termovalorización Energética (TVE). Esta modificación, con aparentes procedimientos incompletos, desató una verdadera catarata de críticas de ONG's, profesionales independientes y una mirada crítica de la Comisión de Residuos de Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA). La intervención de la Justicia, por un lado y las dificultades económicas por otro, desalentaron momentáneamente las intenciones del gobierno de CABA, con la anuencia implícita del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Inclusive, a través de un anteproyecto elaborado por la CEAMSE, se establecían la instalación de varias Plantas de Termovalorización Energética, de aparente origen francés, de las cuales su gran mayoría se emplazaban en la PBA.

No es una discusión menor y aún no se encuentran saldadas las objeciones que tal proyecto desató en distintos ámbitos de la comunidad.

Los autores del presente acápite [3] [9], tienen una firme posición y convicción en la materia, la cual se expresa en dos documento realizados en oportunidad del conocimiento referido a la intención de instalar estas tecnologías en PBA, considerando los impactos ambientales, sociales y económicos que puede tener termovalorización de RSU [4].

A continuación, extractamos algunos conceptos y conflictos referidos a la incineración de RSU, que a nuestro juicio, se relacionan y atentan contra los sistemas de gestión ambientalmente adecuados de los RSU y los RP en particular, y que atentan contra cualquier enfoque de economía circular; a saber:

- Según economistas especializados en temas energéticos y residuos, expresan que los costos de estos sistemas de generación de energía, son muy elevados en referencia a aquellos tradicionales y a otros alternativos.
- Si bien la TVE, tuvo su euforia hace algunas décadas, y proliferó con numerosas instalaciones principalmente en países de la Comunidad Económica Europea (CEE), en la actualidad la misma se ha desacelerado y en muchos países frenado, en virtud que se ha revisado su uso a la luz de los nuevos paradigmas de la economía circular. En la actualidad el Parlamento Europeo dejó de subvencionar estas tecnologías y advierte sobre los riesgos ambientales de su utilización.
- Es indudable que estas metodologías necesitan de calorías mínimas para la combustión, que requiere de aporte de combustible, además de los RSU. Cabe señalar que más del 60% es materia orgánica con alta concentración de humedad lo que implica inyectar una fuente calórica constante para incinerarlos. El aporte de calorías en los RSU, provienen del papel, el cartón y especialmente de los RP. Esta necesidad de contar con este tipo de residuos por su valor calórico colisiona con los procesos recuperación, separación en origen, reciclaje, reuso y toda otra forma de evitar que los

mismos lleguen a su disposición final en rellenos sanitarios, BCA o Incineración.

- Vinculado con el punto anterior emergen las problemáticas sociales que generan al competir con las CRU. Como señalamos la fuerte crisis económica creciente, sobre todo de la última década, implica mayor presencia de recuperadores formales e informales trabajando y viviendo de los RSU como “economía de subsistencia”. Si la discusión es recuperar o incinerar, entendemos que un sector social muy vulnerable estará directamente perjudicado.
- Otro aspecto importante a considerar, son las emisiones que estos emprendimientos generan, más allá del avance tecnológico en la materia, en PBA, como tendencia general, tenemos sobrados ejemplos de tecnologías de punta, que con el correr del tiempo, la falta de normas y controles y el deterioro de las instalaciones han generado focos de contaminación y pasivos ambientales.
- Por último, señalamos la escasa a nula capacidad de los organismos del estado para controlar eficientemente semejante estructuras. Los organismos de control, lejos están de alcanzar los estándares de los países avanzados que tienen estas tecnologías en operación, presentan deficiencias producto de prioridades políticas, déficit de la inversión en capacitación, equipamiento, gestión técnica administrativa, muy lejanas de los estándares internacionales. Ni CABA, ni PBA, tienen normas adecuadas ni experiencias sobre cómo controlar eficientemente estos incineradores

En diciembre de 2006 se sanciona en PBA la Ley N° 13.592, sobre “Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos”, la cual es reglamentada por el Dto. N° 1.215/10. La misma establece varios conceptos interesantes, como la “Responsabilidad del Causante”, deberes de los generadores o tenedores de estos residuos; la progresividad de los sistemas de gestión; la valorización de los residuos mediante procesos físicos, químicos, mecánicos, biológicos y energéticos; medidas compensatorias a las jurisdicciones receptoras de residuos de otros municipios para su tratamiento y/o disposición final; participación social; incorpora a los trabajadores informales e instala paulatinamente la separación en origen, la valorización, reutilización y el reciclaje. Sin embargo, los porcentajes de reducción en la generación de RSU expresados en la ley no se han alcanzado y por el contrario la generación de RSU ha crecido.

Por otro lado, deroga varios artículos del Dto. Ley N° 9.111, principalmente los que prohíben la disposición final mediante quema e incineración; los depósitos de basura; la recuperación y el “cirujeo”. También, el artículo que establecía al CEAMSE, como único ente oficial para asesoramiento técnico a los municipios.

El decreto reglamentario, establece plazos para que los municipios presenten el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PGIRSU) ante la Autoridad Ambiental Provincial (OPDS), completos para aquellos municipios que no dispongan los mismos en la CEAMSE, y el sistema de gestión, sin la etapa de la disposición final para los restantes [5].

Lamentablemente, no sólo no se cumplieron los plazos establecidos en la ley, ni en la reglamentación, sino que a la fecha ningún municipio tiene aprobado el PGIRSU.

En referencia al Programa Básico Preliminar (PBP), necesario para alcanzar el PGIRSU, sólo 52 municipios bonaerenses alcanzaron ese objetivo.

En el año 2011, se sanciona la Ley N° 14.273, sobre “Grandes Generadores de RSU o Asimilables en el Área Metropolitana de Buenos Aires”, y en el 2013 se reglamenta a través de 3 Resoluciones OPDS N° 137 (Clubes de Campo y Barrios Cerrados); N° 138 (Hoteles 4 y 5 estrellas, hipermercados, galerías comerciales, cadenas de comidas rápidas, etc.), N° 139 para industrias. En todos los casos los administrados por estas resoluciones deben presentar un Plan de Gestión diferenciada de los Residuos Sólidos Urbanos, debiendo hacerse cargo de su separación en origen y transporte de la fracción reciclable para su tratamiento.

Si bien estas normativas fueron acertadas, a fin de disciplinar a los grandes generadores, la capacidad limitada de fiscalización del organismo ambiental, y la escasa información pública disponible, no permite tener una evaluación actualizada, aunque según datos extra oficiales los resultados no son los esperados en cuanto a la gestión de RSU y asimilables. CABA, también tiene normativa en materia de Grandes Generadores y como un paso adecuado incorpora a las Cooperativas a la Gestión.

Como puede observarse, los residuos plásticos no tienen normativas específicas, ni diferenciación de los restantes componentes de los RSU. Su gestión de recuperación, selección, y acopio se desarrolla muy similarmente a como históricamente se hace con el papel y el cartón, hasta tanto estos residuos entran en el circuito industrial, para la fabricación de papel Tissue, cartones y cartulinas. En el caso de los plásticos la industria recicladora se ha ido especializando en el tratamiento e incorporación de los distintos polímeros, el PET es un caso elocuente. Antes de llegar a la industria los RP atraviesan por distintos canales y circuitos informales. En algunos casos organizados a través de cooperativas y con una fuerte participación de recuperadores urbanos no organizados, en una economía informal que luego se concentra en compradores o intermediarios que almacenan y venden a las diferentes industrias recicladoras. Asimismo, algunas Cooperativas que alcanzan un volumen y calidad significativos también venden los RP a la industria transformadora [8]

1.2.2 Municipios del Interior

Los 83 municipios fuera del AMBA y de aquellos que se han sumado a su disposición final en la CEAMSE en los últimos años, tienen realidades muy distintas por su envergadura, caso Bahía Blanca, Mar del Plata, en menor medida Tandil, Azul, Olavarría, San Nicolás, Zárate, Campana, etc. que presentan un grado de urbanización importante, en algunos casos compartida con profusa actividad industrial, minera y agropecuaria, y el resto de los demás distritos, con localidades reducidas, mayoritariamente rural.

La responsabilidad de los Municipios en los Sistemas de Gestión de los RSU, es indiscutible. Históricamente, todos los municipios de la PBA se ocuparon de la Recolección como elemento primario y del transporte a las plantas de transferencia o los rellenos sanitarios de la CEAMSE, en el caso del AMBA, y de los lugares destinados a la disposición final en los del interior, sea un relleno sanitario bien concebido, o bien un BCA.

Si bien, algunos municipios del interior tienen incipientes planes de gestión, en pocos casos de separación en origen, recolección diferenciada, o bien en plantas de separación, la mayor dificultad aparece en el final del sistema, cuando hablamos de plantas de tratamiento (Tipo TMB, u otras tecnologías), o disposición final en rellenos de seguridad. La dificultad es económica, dado que una planta de las características planteadas exige una inversión tal, insostenible casi para la totalidad de los municipios, que además en estos casos se magnifica por la escasa población en la mayoría de los mismos. Ocurre algo similar, cuando pensamos en algo aparentemente más sencillo, como es un relleno sanitario, el cual conlleva también una inversión importante, y una vida útil menor.

Debe quedar claro, que los sistemas de gestión, por modestos que sean, necesitan de una inversión, que salvo en la etapa de recolección y transporte, las demás nunca estuvieron internalizadas en los presupuestos municipales. La única forma de realizarlas es con aportes provinciales o nacionales o proyectos de inversión de organismos internacionales. Para lo cual, hay que transparentar los costos de mantenimiento de las instalaciones y la reposición al final de la vida útil del emprendimiento, cualesquiera fuera.

Una posibilidad, que prevé la normativa es la regionalización de varios municipios en un proyecto conjunto, a los fines de optimizar las inversiones y los gastos operativos. La dificultad más importante que presenta el sistema, además del incremento de los costos en transporte, generalmente por distancias grandes entre las principales localidades, es la “licencia social”, del distrito receptor de los residuos de otras jurisdicciones. En estos casos, habría que poner en juego las medidas de compensación, que prevé la norma para los distritos receptores, como elemento de compensar los impactos negativos que genera una disposición de RSU (olores, vectores, lixiviados que pueden contaminar las aguas superficiales o subterráneas, la desvalorización de las propiedades, etc.). Esto es casi insalvable, a la hora de imaginar un proceso de regionalización, donde la economía pasa a un segundo plano [7].

En el AMBA, existen estas medidas de compensación para los distritos receptores, que consiste en disponer los residuos de su municipio, sin costo alguno. Si bien es justa esa medida, no es un incentivo para que esos distritos se esfuercen en las etapas preliminares a la disposición, como ser recuperar, reusar y reciclar.

Hay varios ejemplos para mencionar de regionalización en la PBA, los más antiguos y conocidos son el del Municipio de la Costa y la Municipalidad de General Lavalle, y el de Villa Gessell, Pinamar y General Madariaga. Si bien, Gral. Lavalle y Madariaga, son los receptores de los RSU de los municipios costeros, la

durabilidad de los mismos, y la licencia social implícita, deviene de cuando estos municipios eran una misma jurisdicción (Lavalle y de la Costa, eran el Municipio Urbano de la Costa), mientras el Municipio de General Madariaga, involucraba a Pinamar y Gessell, hasta 1978. La historia común de esos distritos, ante la imposibilidad de contar las localidades marítimas con espacios para la disposición de residuos, se estableció que los mismos se emplacen en las zonas rurales de los mismos, que sin lugar a dudas eran Lavalle y Madariaga.

Desde la mirada técnica y la particularidad de la concentración de los mayores volúmenes en la época estival, estas disposiciones dejan mucho que desear, hay por delante, fuertes inversiones a realizar, para que ambas disposiciones alcancen valores de aceptabilidad.

Un ejemplo del pasado, fue el acuerdo entre los Municipios de Zárate y Campana, para la disposición de los RSU de ambos partidos, con emplazamiento en éste último, en el cual se contrató una empresa para la operación, que duró poco tiempo, por falta de pago de los municipios y posterior retiro de la empresa contratista. Una experiencia fallida.

Un buen ejemplo para destacar, es el relleno sanitario recientemente inaugurado en la localidad de Viedma, Provincia de Río Negro, en el cual verterá sus RSU la Municipalidad de Carmen de Patagones (PBA). Este es un verdadero ejemplo interprovincial, que puede alentar a superar la licencia social entre municipios vecinos de la misma provincia.

Otra mención, que hay que ir observando atentamente, es la de los distritos del Noroeste de la PBA, aunque de distintos colores políticos, tienen intereses comunes, y avanzan en posibles asociaciones en referencia a temas ambientales, que tarde o temprano abordarán la problemática de los RSU.

CONCLUSIONES

En una temática tan compleja, con aristas de todo tipo, con muchos intereses sectoriales, económicos, sociales, y políticos, intentaremos una serie de conclusiones y recomendaciones, que permitan alcanzar los objetivos básicos de una gestión sobre los RSU y los RP en particular.

- Es indispensable alcanzar el consenso necesario para poder contar con una Ley de Presupuestos Mínimos, sobre envases, progresiva y de aplicación sectorial.
- Idéntica propuesta para los Residuos Eléctricos y Electrónicos (RAEE's), los cuales, aportan volúmenes muy importantes de residuos plásticos, además de otros elementos recuperables.
- Otra normativa, que no puede esperar demasiado, es la relacionada con la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), para cambiar el paradigma de una economía lineal, a una circular.
- Por otra parte, una legislación apoyada en la incorporación paulatina de material reciclado como "corte" en nuevos productos plásticos incentivará el

mercado de material reciclado, no dependiendo en su totalidad en el valor de mercado del material reincorporado.

- Es importante transparentar la economía de los residuos, el costo de cada una de las etapas, para que la propia sociedad esté debidamente informada sobre el esfuerzo económico que significa una gestión adecuada de los RSU, y que los dirigentes internalicen los mismos y los subsidios asociados necesarios para su abordaje.
- A pesar de los inconvenientes planteados en los procesos de regionalización, hay que profundizar y apoyar esa política para multiplicar una práctica muy aconsejable.
- Hay que convocar a la comunidad a una participación activa en cada distrito, respecto de la responsabilidad personal que nos cabe por ser generadores de ese tipo de residuos, sin excepciones, y no podemos desentendernos de su gestión, sino involucrarnos en su solución.
- Por último, reclamar a nuestros dirigentes políticos, sociales, sindicales, industriales, que asuman las responsabilidades que a cada uno le toca, internalizando la importancia de ocuparse de los problemas ambientales, como los que se han tratado en este libro.

REFERENCIAS

- [1] N. Zaritzky, N. Nudelman, “*Gestión de los Residuos Plásticos. Una preocupación Global*”. Instituto del Ambiente, Academia Nacional de Ingeniería, 2020.
- [2] M. Garriga, “*¿Qué hacer con la basura en el Área Metropolitana de Buenos Aires?. Un análisis de los Incentivos económicos*”, *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política, XLIII. Reunión Anual*, 2008.
- [3] W.D. Berman, J.J. Paladino, “*Tratamiento y Disposición Final de los RSU en La Provincia de Buenos Aires. Aportes a la Economía Circular*”, 2018.
- [4] United Nations Environment Programme, ONU Medio Ambiente, “*Perspectiva de Residuos en América Latina y el Caribe*”, 2018.
- [5] The World Bank, “*Diagnóstico de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la Argentina. Recopilación, generación y análisis de datos – Recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final*”. 2015
- [6] CEAMSE, Facultad de Ingeniería, Instituto de Ingeniería Sanitaria, “*Estudio de calidad de los RSU de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Informe Final*”. 2015.
- [7] Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Presidencia de la Nación, “*Informe del estado del Ambiente*”, 2017.
- [8] Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, “*Los Residuos que generamos. Su manejo sustentable, un gran desafío*”, 2019.

- [9] W.D. Berman, J.J. Paladino, *“Evaluación ambiental de la Termovalorización de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Más interrogantes que certezas”*. Consejo Federal del Medio Ambiente (COFEMA), Comisión Nacional de Residuos. II Jornadas de Trabajo de la Comisión Nacional de Residuos, CABA, 2018.

LA INDUSTRIA DE RECICLADO DEL PLÁSTICO EN ARGENTINA

*José Luis Picone**
Giada Seraffini

Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS)
jpgicone@cairplas.org.ar

Resumen

Las industrias recicladoras de plástico en Argentina surgen en la década del '90 al ver la oportunidad de valorizar la gran cantidad de plástico que era generada y desechada. Estas, fueron creciendo y dispersándose a lo largo de todo el país, aunque la mayor parte se concentraron en el Área Metropolitana de Buenos Aires, allí donde la densidad de población es mayor.

Cada industria recicla algún tipo específico de plástico, por lo que el residuo a reciclar debe llegar a la industria bien clasificado.

La Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS), nace en 2009 por iniciativa de un grupo de empresarios argentinos comprometidos con el ambiente y la sociedad. CAIRPLAS tiene como misión: *“promover la recolección y el reciclado de plásticos y crear las condiciones que posibiliten una actividad rentable y sustentable”*.

En este capítulo, nos vamos a focalizar en la industria recicladora del plástico en Argentina, comentando su situación, características y capacidades de reciclado; así como también los beneficios que aporta y los desafíos que enfrenta.

El foco será puesto en el proceso de reciclado mecánico, que es por mucho el más difundido, pero es importante destacar que hay en desarrollo otros tipos de reciclado: químico, biológico, etc.

Gracias al reciclado puede recuperarse el valor del material contenido en los residuos sin necesidad de utilizar nuevas materias primas, y así cerrar el circuito de la tan ansiada economía circular.

Palabras clave: Plásticos, Reciclado, Residuos, Industria Recicladora, Economía Circular

Abstract

The plastic recycling industry in Argentina. The plastic recycling industry in Argentina emerged in the 90s when they saw the opportunity to value the large amount of plastic that was generated and discarded. These

grew and dispersed throughout the country, although most of them were concentrated in the Metropolitan Area of Buenos Aires, where the population density is higher.

Each industry recycles some specific type of plastic, so the waste to be recycled must reach the plants well classified.

The Argentine Chamber of Plastic Recycling Industry (CAIRPLAS) started in 2009, as an initiative of a group of Argentine businessmen committed with the society and the environment. CAIRPLAS mission is: “to promote recovery and recycling of plastics, and to create conditions for profitable and sustainable activity”.

In this chapter we are going to talk about the plastic recycling industry in Argentina, including comments about situation, characteristics and recycling capacity; as well as the benefits it brings and the challenges it faces.

The focus will be on the mechanical recycling process, which is by far the most widespread, but it is important to note that other types of recycling are under development: chemical, biological, etc.

Thanks to recycling, the value of the material contained in the waste can be recovered without the need to use new raw materials, thus closing the circuit of the long-awaited circular economy.

Keywords: Plastics, Recycling, Waste, Recycling Industry, Circular Economy

INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas, el uso del plástico en todos los sectores ha ido tomando mayor relevancia. En principio, es posible crear plásticos con casi cualquier combinación de propiedades para adaptarlos a prácticamente cualquier aplicación imaginable.

Debido a sus atractivas propiedades, se ha ido aumentando la utilización del plástico en estas principales aplicaciones: envases, construcción, transporte, medicina, electrónica, agricultura.

Además, el uso del plástico tiene múltiples beneficios en cuanto al ahorro de energía y recursos:

- Se obtienen productos más compactos y livianos que facilitan su transporte y reducen la huella de CO₂.
- Su poder aislante ahorra energía de calefacción y refrigeración.
- Su durabilidad y versatilidad de aplicaciones reemplaza otros materiales, evitando así la deforestación, la contaminación y la matanza de animales.

Los envases plásticos pueden alargar la conservación de un alimento de 5 a 10 días, de forma que las pérdidas de alimentos se pueden reducir del 16% al 4%”.

En cuanto al ahorro de recursos, los envases plásticos también destacan puesto que conservan su valor incluso al final de su vida útil. Pueden reciclarse y transformarse en nuevos productos, o recuperarse como energía para reducir el consumo de los combustibles fósiles.[1]

1. Clasificación de los plásticos y reciclabilidad

Para referirnos a la clasificación de los plásticos es importante aclarar que existen diversas formas de clasificar los plásticos.

1.1. Según su comportamiento ante el calor

Una de ellas es en base a su comportamiento ante el calor, lo que posibilita o no su reciclado mecánico. Pueden distinguirse 2 grupos:

- **Termoplásticos:** se deforman y funden a temperaturas altas, y se endurecen cuando se enfrían. No sufren cambios en su estructura química durante el calentamiento, se pueden calentar y volver a moldear cuantas veces se desee.
- **Termorrígidos o termoestables:** no se funden con el calor y son insolubles. Sufren un cambio químico cuando se moldean y, una vez transformados por la acción del calor, no pueden ya modificar su forma.

1.2. Por tipo de resina

De acuerdo a la Norma IRAM 13700 elaborada en base a normas internacionales, se clasifican los siguientes plásticos: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, y una séptima categoría denominada “otros” (**Fig.1**). En esta última categoría deben incluirse todo tipo de resina no incluida en los números 1 a 6, así como también productos elaborados con mezcla de resinas.



Fig. 1. Identificación de los plásticos [2]

Esta norma solo es de identificación de plásticos y nada dice sobre su reciclabilidad, aunque es importante destacar que los identificados de 1 a 6 son

reciclables mecánicamente, debiendo estudiarse cada caso de los incluidos en el número 7.

Como toda norma es de uso voluntario mientras no exista una legislación que obligue a su uso, pero se alienta a los fabricantes de productos plásticos que impriman esta identificación en sus productos para una buena identificación que facilite el reciclado.

Para la identificación de los productos reciclables de los no reciclables, **ECOPLAS** (Entidad técnica especializada en plásticos y medio ambiente) implementó el uso de la simbología de “La Manito” (**Fig.2**). Éstas vienen impresas en los envases de las empresas que adhirieron y facilitan la identificación del mismo por parte del consumidor –ayudando a una correcta separación domiciliaria-, y también benefician las tareas de identificación, recolección y clasificación del envase por parte el recuperador urbano. Las marcas y empresas que ya certificaron sus envases están facilitando el reciclaje y contribuyendo a la sustentabilidad.



Fig. 2. Identificación de los plásticos reciclables [3]

2. Origen de los residuos plásticos

Por supuesto los residuos plásticos pertenecen a la categoría de residuos sólidos y según su origen pueden clasificarse en:

- 2.1. Residuos domiciliarios (RSU):** provienen de domicilios, de grandes generadores (edificios, hoteles, etc), y comercios. Los residuos plásticos reciclables generados son: envases, envoltorios, botellas, bolsas, films, etc.
- 2.2. Residuos industriales:** provienen de la producción industrial, son residuos que quedan al pie de la máquina, denominados habitualmente “scrap industrial”. Existe gran diversidad dependiendo del tipo de industria. Algunos ejemplos son: molindas, tortas, films, productos discontinuos o con fallas de producción, envases usados de materias primas.
- 2.3. Residuos agrícolas:** son generados en la producción agropecuaria. Entre los reciclables los mas comunes son: silobolsa, film de invernadero, mulching y bidones de fitosanitarios.
- 2.4. Residuos comerciales:** es una cuarta categoría que eventualmente se cita, y es generada en centros de distribución, supermercados, etc. Los residuos típicos son: films termocontraíbles, film stretch, pallets plásticos, cajas y cajones.

3. Jerarquización, generación y desafíos

Son altamente conocidas las **4 letras “R”** en la jerarquización para el tratamiento de los residuos:

- Reducir
- Reutilizar
- Reciclar
- Recuperar energía

Desde la observación y experiencia de la generación y gestión de residuos, y la industria recicladora de plásticos, hemos descubierto otros dos grupos de letras.

El primero se refiere al punto de generación, en el que los residuos están caracterizados por **4 letras “M”**, a saber:

- Muchos – 1 kg/día/habitante
- Múltiples – todo tipo de materiales
- Mezclados – no hay costumbre de separarlos
- Muy dispersos – donde hay una persona hay un punto de generación

Esas 4 M, que representan el gran desafío para la industria recicladora, deben transformarse en **4 letras “C”** para poder ser valorizados por dicha industria:

- Clasificados – por tipo de residuo y material
- Cantidad – para justificar la inversión en equipos para la industria
- Calidad – grado de limpieza aceptable para su valorización
- Continuidad – para asegurar ingreso de “material prima” a la industria

4. El camino del plástico reciclado

Una vez que ya fueron utilizados, los plásticos recuperados de todos los diversos sectores de la cadena no deben ir a los rellenos sanitarios, sino que deben ser gestionados como recursos recuperando su valor.

En el proceso de reciclado el primer eslabón es que los residuos plásticos lleguen desde el lugar de generación hasta la industria. Analizaremos el camino del plástico según su origen de generación:

4.1. Residuos domiciliarios (RSU):

En el caso de los residuos domiciliarios y asimilables a domiciliarios existen dos grupos de generadores que son: *Domicilios y pequeños comercios*, y *Grandes generadores*.

4.1.1. Domicilios y pequeños comercios

Los residuos generados en los domicilios y los comercios son aquellos que están más dispersos y sucios, por lo tanto, el proceso de acumulación, clasificación, transporte y reciclado es el más complejo. En esta etapa es importante insistir en la concientización del ciudadano en la clasificación de sus residuos.

Por un lado, los domicilios y comercios que aplican y disponen de la separación en origen, los reciclables pueden ser llevados a punto de entrega voluntaria, entregar a un recuperador urbano o poseen recolección municipal diferenciada como el “día verde”. Luego son trasladados a cooperativas donde son clasificados por tipo de material. De aquí puede pasar por galponeros y acopiadores anteriormente a llegar a la industria recicladora.

Por otro lado, los domicilios y comercio que no aplican la separación en origen, la recolección municipal retira los residuos, se trasladan a plantas de clasificación donde los “no reciclables” van a relleno sanitario y los “reciclables” se llevan a la industria recicladora previamente clasificados (**Fig. 3**).

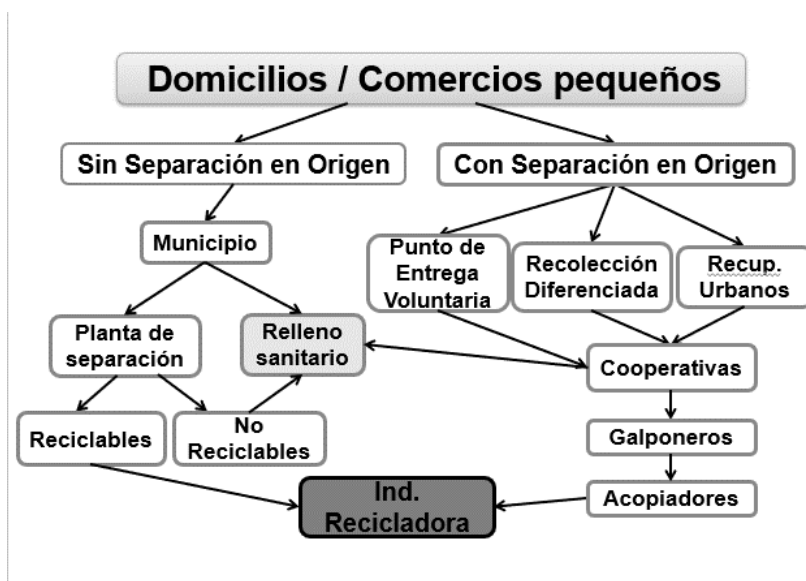


Fig. 3. Desplazamiento de residuos domiciliarios

4.1.2. Grandes generadores

En este proceso, el proceso es similar solo que el volumen de residuos es mucho mayor (**Fig. 4**).

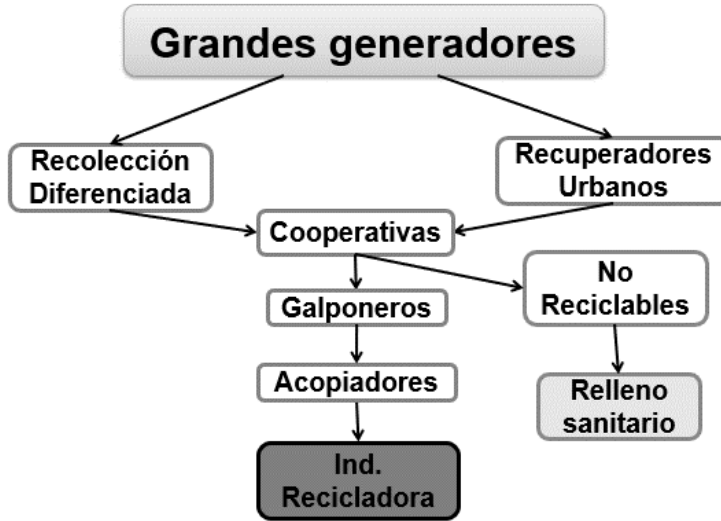


Fig. 4. Desplazamiento de residuos de grandes generadores

4.2. Residuos industriales:

Los residuos plásticos provenientes de la industria tienen un camino más sencillo. Si son reciclables, la empresa interesada puede contactarse con un intermediario o bien negociar directamente con la industria recicladora. En caso de los residuos no reciclables que generan están destinados a ser llevados a un relleno sanitario (**Fig. 5**).

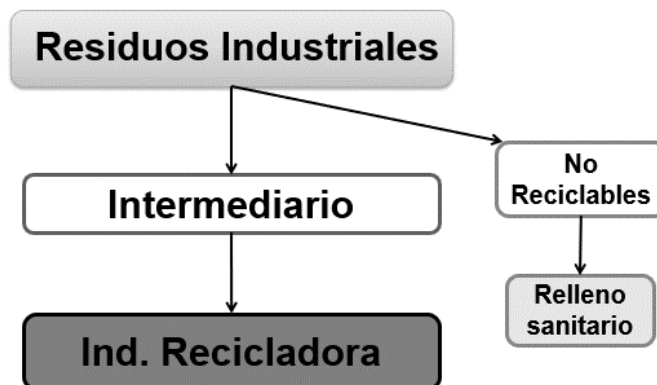


Fig. 5. Desplazamiento de residuos industriales

Residuos agrícolas:

Los residuos plásticos del agro son fundamentalmente los silobolsas/otros fims de PE y los bidones de fitosanitarios.

Sencillamente los silobolsas son recolectados y acopiados previamente y luego llevados a la industria recicladora para su proceso.

Un caso particular es el de los bidones de fitosanitarios que deben ser tratados bajo la *Ley 27.279 de presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de envases vacíos de fitosanitarios y su decreto reglamentario 134/2018*. Además, está la norma *IRAM 12069* (Fitosanitarios. Procedimiento para el lavado de envases rígidos vacíos de productos formulados miscibles o dispersables en agua). Se deben considerar también las normativas provinciales y municipales. Estos bidones deben contar con el triple lavado y ser enviados a un acopiador autorizado previo a ser enviado a la industria recicladora habilitada por la autoridad provincial que los trate (**Fig. 6**).



Fig. 6. Desplazamiento de residuos agrícolas

5. El reciclado industrial

En la Argentina y en todo el mundo el proceso industrial para el reciclaje del plástico más difundido es el **reciclado mecánico**, un proceso físico-mecánico mediante el cual el plástico postconsumo proveniente de los residuos sólidos urbanos o el industrial (scrap) es recuperado, fabricándose una nueva materia prima. Cuanto mejor separados estén los residuos plásticos por tipo de resina, mejor será la calidad del producto final. Si el material no está debidamente clasificado traerá aparejada una complicación extra.

A continuación, enumeraremos brevemente las principales etapas del reciclado mecánico (**Fig. 7**):

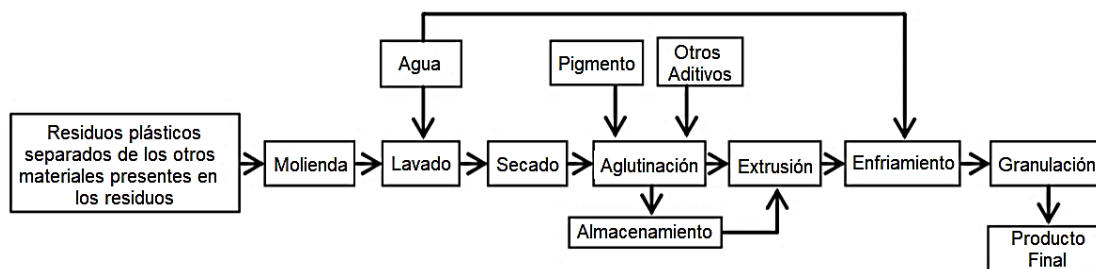


Fig. 7. Reciclado mecánico [4]

5.1 Molienda. Los plásticos separados son molidos y tamizados. Es importante que previamente haya detectores ópticos y sistemas de separación automatizados para asegurarse que los residuos sean todos del mismo material y no se encuentren contaminados con objetos metálicos, ya que esto dañaría las cuchillas del molino.

5.2 Separación por densidad. Aprovechando que los distintos plásticos tienen distintas densidades, esta técnica permite separar los distintos tipos de resinas. Aquí se separan las trazas remanentes de otros plásticos, así como partes de distintos materiales que se han molido en forma conjunta, por ejemplo, el caso de botellas y etiquetas. Este proceso consiste en una decantación en una pileta con agua. En el ejemplo citado se separan por densidad el PET de las botellas, del PP de las tapas y etiquetas.

5.3 Lavado. En el caso de que los plásticos se encuentren sucios el lavado se efectúa con agua y detergentes de baja espuma. Pudiendo requerir temperatura para una mayor descontaminación.

5.4 Secado. Para eliminar los restos de humedad luego del proceso de lavado y/o separación.

5.5 Extrusión-granulación. El material se funde y se alimenta al tornillo de un extrusor, que lo obliga a pasar por una matriz, luego es enfriado por agua y finalmente es cortado en forma de pequeños cilindros (de aproximadamente 3 mm x 3 mm) denominados pellets. En caso de ser necesario el material es aditivado con distintas sustancias químicas, para mejorar su performance en su reutilización, y también puede ser coloreado con el agregado de masterbatch. Durante esta etapa puede purificarse el material fundido removiendo contaminantes con sistemas de desgasificación, filtración y desodorización.

5.6 Embolsado y almacenado. Luego de este procedimiento el material es adecuado para su reutilización.

5.7 Venta. Los mayores compradores de materias plásticas recicladas son las propias empresas transformadoras, ya que normalmente pueden fabricar sus productos mezclando materias primas vírgenes y recicladas.

El procedimiento desarrollado hasta aquí es un modelo standard de reciclado mecánico para la elaboración de pellets plásticos para soplado, inyección, extrusión de distintos productos finales.

Por otro lado, el reciclado mecánico puede producir un deterioro en las propiedades originales del plástico que se puede evitar o minimizar con el agregado de aditivos. Es común que la industria plástica haga mezclas con materiales vírgenes para mejorar las propiedades mecánicas de los materiales reciclados.

El proceso de reciclado mecánico es el más difundido y utilizado en el mundo por haber sido el primero en ser desarrollado y por poder aplicarse a la mayoría de los residuos plásticos. El desarrollo de nuevos productos, fundamentalmente envases de bajo peso y propiedades especiales, ha llevado a diseñar productos multimateriales que son difíciles de reciclar mecánicamente (“hard to recycle”) o aun imposibles de hacerlo.

Eso ha llevado a desarrollar nuevas técnicas de reciclado que incluyen procesos de disolución, reciclado químico, reciclado biológico y otros.

Por último, cuando no existe la posibilidad de reciclado, existe la posibilidad de recuperación energética.

6. Productos finales fabricados con plástico reciclado

A continuación, citamos algunos de los usos más comunes de los plásticos reciclados, clasificados por tipo de polímero.

6.1 Usos del PET reciclado: Envases para bebidas (procesos de súper limpieza), envases para productos de limpieza, fibras textiles, lonas, velas náuticas, alfombras, flejes, cuerdas, monofilamentos, etc.

6.2 Usos del PEAD reciclado: Bolsas de residuos domésticas y de consorcio, botellas varias para productos de limpieza, cañerías, madera plástica, rotomoldeo, etc.

6.3 Usos del PVC reciclado: Caños para la construcción, riego y protección de cables, muebles de jardín, barandas, suelas para calzado, etc.

6.4 Usos del PEBD reciclado: Bolsas de residuos, caños, madera plástica, films para uso agrícola, membranas aislantes, macetas, etc.

6.5 Usos del PP reciclado: Contenedores, cajones, baldes, piezas para automotores, madera plástica, monofilamentos, señales luminosas, cajas de batería, etc.

6.6 Usos del PS reciclado: Artículos de oficina, bandejas, cornisas y zócalos, perchas, macetas para almácigos, recipientes de basura, etc.

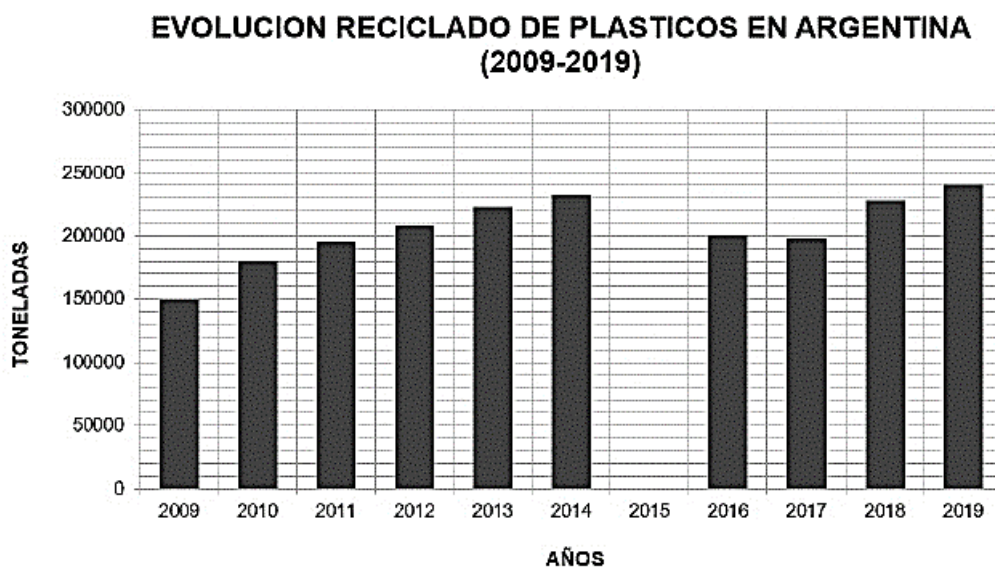
6.7 Otros plásticos: Se incluyen una gran diversidad de plásticos tales como: policarbonato (PC); poliamida (PA); ABS; SAN; EVA; poliuretano (PU); PMMA, etc. Se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica.

Estos ejemplos nos muestran que los productos plásticos son totalmente aptos para ser protagonistas de la economía circular.

7. Estadísticas y tasas de reciclado de plásticos en Argentina

La Argentina es uno de los países con mayor consumo de plástico por habitante de Latinoamérica (42,00 kg / habitante), según datos del 2019 de la Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP). Para abastecer esta demanda, se producen más de 1.162.000tn al año y se importan otras 882.600tn, lo que redunda en un mercado de alrededor de 1.591.000tn de plástico consumidas en el año.

El reciclado de plásticos en Argentina ha venido creciendo en los últimos 15 años, con alguna meseta, y se estima que seguirá incrementándose debido al aumento de la demanda por parte de los usuarios (**Fig.8**).



** Estimación elaborada por CAIRPLAS, con relevamiento de las industrias, y chequeada con información estadística aportada por la Cámara de la Industria Plástica (CAIP), ECOPLAS y el Instituto Petroquímico Argentino (IPA).*

Fig.8. Estadísticas de reciclado 2009-2019. [5]

En la **Tabla 1** se pueden ver los valores estimados para el año 2019, de las tasas de reciclado subdividido por tipo de polímero: PE, PP, PET, PVC, PSC y PSAI, otros. Según los últimos datos de 2019, se están reciclando en el país unas 232.900 toneladas anuales de plástico.

Tabla 1. Consumo aparente y reciclado por tipo de polímero. [6]

Consumo aparente		Reciclado	
	<i>ton</i>	<i>%</i>	<i>ton</i>
PE	640.100	24%	155.000
PP	272.500	10%	28.000
PET	176.500	21%	37.000
PS C y AI	63.200	8%	5.100
PVC	114.300	2%	2.500
OTROS	500.000	1%	5.300
Total	1.766.600	13%	232.900

8. Beneficios del reciclado del plástico

El reciclado de plásticos tiene un triple impacto, ya que se obtienen beneficios ambientales, sociales y económicos:

8.1. Ambientales

- Preservación de productos fósiles no renovables. Cada tonelada de plástico fabricada a través del reciclado evita el consumo de más de una tonelada de gas y o petróleo.
- Recuperación del valor existente en los residuos, así como evitar su disposición final correcta (relleno sanitario) o incorrecta (basural).
- Disminución de la emisión de gases efecto invernadero
- Reducción del consumo de energía

8.2. Económicos

- Transformación de residuos en productos con valor económico.
- Reducción de terrenos destinados a la disposición final de residuos.

- Reducción de importaciones de polímeros virgen. Dado que Argentina no es autosuficiente en polímeros, puede reemplazarse la importación por la materia prima generada localmente por la industria recicladora.
- Posibilidad de exportar polímeros reciclados o productos elaborados con polímeros Reciclados, a varios países: Brasil, Estados Unidos, China.

8.3. Sociales

- Generación de actividades demandantes de mano de obra:
 - Mano de obra directa empleada en la industria recicladora: trabajadores industriales capacitados.
 - Mano de obra indirecta: transporte, limpieza y otros servicios.
 - Mano de obra ocupada en la recuperación de residuos: recuperadores urbanos, cooperativas y empresas.
- Generación de un ambiente con menos desechos, por consiguiente, un aumento de la calidad de vida.

En la **Tabla 2** se cuantifican algunos de los beneficios citados, tomado datos promedio de los últimos años, tanto para el consumo aparente de plásticos como para la tasa de reciclado.

9. Desafíos del reciclado del plástico

9.1 Recolección

Un gran grupo de desafíos son los inherentes a los residuos. El gran problema a resolver para que los residuos reciclables sean efectivamente reciclados es que éstos lleguen en condiciones a la planta industrial donde serán valorizados. Esta trayectoria es conocida habitualmente como logística inversa e incluye distintos tramos comenzando desde el punto de generación (domicilio, industria, etc.).

9.2 Costos de transporte

La incidencia del costo de transporte de los residuos plásticos en la cadena de recuperación y reciclado es muy alta, debido a que los mismos tienen una baja “densidad aparente” causa de dos factores: los plásticos son productos con una densidad relativamente baja (del orden de magnitud de la del agua) y además los residuos, aun compactados, contienen aire en los espacios entre ellos, lo cual genera un mayor volumen para su transporte.

Tabla 2 - Cuantificación de beneficios generados por el reciclado

Energía y emisiones de efecto invernadero es de elaboración propia en base a estudios de ACC [7]

	Actual	Objetivo	Unidades
<u>VOLUMEN RECICLADO</u>	240.000	500.000	tn/año
Tasa de reciclaje sobre consumo aparente (1.500.000tn/año)	16.0%	33.3%	%
<u>Ahorros por la producción de materia prima a partir de residuos v.s. material plástico virgen</u>			
Ahorro de energía de proceso	1.008.000.000	2.100.000.000	kwh
Ahorro de materia prima fósil	312.000.000	650.000.000	m3 gas natural
<u>Impacto ambiental</u>			
Reducción emisiones GEI	30.000.000	63.000.000	tn equiv. CO2
Reducción de volumen de residuos	1.340.000	2.850.000	m3
<u>Generación de divisas</u>			
Reducción de importaciones	432.000.000	900.000.000	us\$
Aumento de exportaciones (PET)	173.500.000	361.500.000	us\$
<u>Demanda de mano de obra</u>			
Directa	2.400	5.000	personas
Indirecta (3 indirectas / 1 directa)	7.200	15.000	personas
Recuperadores (estimado 500 kg/mes/persona)	48.000	100.000	personas
TOTAL	57.600	120.000	personas

9.3 Variación de precios

Los precios de los residuos plásticos no son fijos y varían en función de la forma en que se venden, cantidad, limpieza, separación, etc. Algunas de las condiciones que pueden hacer variar su precio son las siguientes:

- Transparencia y color: si lo que se compra es plástico de colores sólo se podrá reciclar para obtener productos plásticos de colores oscuros (grises, pardos, etc.) y por tanto se limita la utilidad posterior de los mismos. De la misma manera, si los materiales están impresos se reduce su precio ya que hay que eliminar las tintas o utilizarlos para hacer piezas de color oscuro. Debido a esto, es conveniente separarlos.
- Limpieza: mientras más limpio esté el plástico más valor adquiere en el mercado, dado que el costo de lavado es menor.
- Exposición al sol y a la intemperie: los polímeros sufren degradación y pérdida de las propiedades originales debido a la exposición a rayos UV y otros.
- Clasificación: si los materiales plásticos recuperados han sido separados por colores, o por rígidos y flexibles, o por botellas y films, etc., alcanzan mayor valor que si van mezclados ya que ahorran tiempo y gastos a las empresas recicladoras.
- Acondicionamiento: para minimizar los costos de transporte es importante que los residuos plásticos estén compactados y enfardados.
- Materiales extraños: los fardos de residuos plásticos deben estar libres de otros materiales como insertos metálicos y/o etiquetas de papel. La Norma IRAM 13710 fija las mejores condiciones para la conformación de fardos de residuos de los plásticos más comunes.

9.4 Precio del crudo

Los plásticos tradicionales son commodities cuyo precio depende del precio del crudo. Los plásticos reciclados reemplazan a los plásticos tradicionales, pero tienen una estructura de costos totalmente diferente, por lo que ante una baja en el precio del crudo se genera una gran presión sobre el precio final de los plásticos reciclados, generando una gran pérdida de rentabilidad o aun quebrantos en la industria recicladora.

9.5 Percepción de la industria recicladora

Otros desafíos son los inherentes a la industria recicladora. Es común que la misma no sea percibida como una actividad industrial seria, importante y que requiere grandes inversiones, entre otras cosas, debido a la presencia de industrias informales que no están debidamente habilitadas. Con el objetivo de corregir esa percepción y luego de 2 años de trabajo con el INTI, llegamos a elaborar un *Protocolo para Certificación de Industrias Recicladoras de Materiales Plásticos*. Quienes superan la auditoría, pueden obtener el SELLO INTI – CAIRPLAS, que garantiza la calidad de la gestión.



Fig.9. Sello INTI – CAIRPLAS

9.6 Falta de legislación

Otro desafío importante es la falta de legislación que facilite y promueva el reciclado como, por ejemplo:

- Ley de envases
- Ley de responsabilidad extendida del productor
- Ley de economía circular

CONCLUSIONES

Cada uno de nosotros (ciudadanos, generadores, recuperadores, recolectores, municipios, industria recicladora, industria plástica, comercios) es un eslabón en la “cadena de recuperación y reciclado”. Para poder cerrar el ciclo de la **economía circular** es importante que cada eslabón pueda contribuir a la circularidad de varias maneras:

Los ciudadanos deberían ser concientizados para realizar correctamente la separación de residuos en origen y darles las herramientas necesarias.

Los municipios deben aplicar e incentivar la recolección diferenciada a través de campañas y puntos de recolección para que el ciudadano pueda llevar sus residuos.

Las cooperativas deben poder recuperar, clasificar y acopiar con mayor eficiencia si los actores anteriores de la cadena separaron eficientemente sus residuos.

Y por supuesto la industria recicladora si recibe mayor cantidad de materiales correctamente clasificados y acondicionados podrá obtener una materia prima de calidad y en cantidad.

Es importante que la industria plástica opte por la fabricación de nuevos productos de calidad que sean reciclados y reciclables.

Por supuesto, el apoyo del Estado y la aprobación de normas y leyes que incentiven al uso del material reciclado es un aporte que beneficiaría e incentivaría mucho más la cadena del reciclado.

De esta manera el ciclo vuelve a los ciudadanos, que tendrán el privilegio de consumir un producto hecho con material reciclado y reciclable.

Solo así podremos capturar todos los beneficios que ofrece el reciclado de plásticos recuperando su valor y protegiendo nuestro planeta.

AGRADECIMIENTOS

El contenido es de elaboración propia con la consulta de los siguientes organismos:

- **CAIP** Cámara Argentina de la Industria Plástica (www.caip.org.ar)
- **CAIRPLAS** Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (www.cairplas.org.ar)
- **ECOPLAS** (www.ecoplas.org.ar)
- **Instituto Petroquímico Argentino** (www.ipa.org.ar)
- **Plastics Europe** (www.plasticseurope.org)
- **ACC American Chemistry Council** (www.americanchemistry.com)

REFERENCIAS

- [1] Plastics Europe –
<https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>
- [2] IRAM – Norma IRAM 13700 - *Plásticos en general. Símbolos gráficos de codificación para identificación de la resina*
- [3] ECOPLAS - <https://ecoplas.org.ar/certificacion-plasticos-reciclables/>
- [4] ECOPLAS – *Manual de valorización de residuos plásticos – 5ª edición* (2011)
- [5] Elaboración propia con información estadística aportada por la Cámara de la Industria Plástica (CAIP), ECOPLAS y el Instituto Petroquímico Argentino (IPA).
- [6] Elaboración propia con información estadística aportada por la Cámara de la Industria Plástica (CAIP), ECOPLAS y el Instituto Petroquímico Argentino (IPA).

- [7] The Plastics Division Of The American Chemistry Council, Inc., The Association Of Postconsumer Plastic Recyclers (Apr), The National Association For Pet Container Resources (Napcor), And The Pet Resin Association (Petra), *Life cycle inventory of 100% postconsumer hdpe and pet recycled resin from postconsumer containers and packaging*, **230, 245** (2010)

EL IMPACTO DE LOS DESECHOS PLASTICOS Y LOS MICROPLÁSTICOS EN LA COSTA BONAERENSE

Andrés H. Arias^{*1}, Ana C. Ronda¹, Nora Gómez²,
Rocío Pazos², Javier Amalvy⁵, Rosana Dimauro³, Paola M. Ondarza⁴,
Karina S.B. Miglioranza⁴, Jorge Marcovecchio¹

¹ IADO – CONICET/UNS

² ILPLA – CONICET/UNLP

³ INIDEP

⁴ IIMyC – CONICET/UNMdP

⁵ CITEMA – UTN/CIC

**corresponding author= aharias@iado-conicet.gob.ar*

RESUMEN

La investigación en torno a la basura plástica y los microplásticos (MPs) en zonas costeras/marinas ha generado un gran interés por parte de la comunidad científica y los organismos tomadores de decisiones, debido a los alcances globales que presenta este tipo de contaminación y al aumento casi constante la presencia en el medio ambiente. Los MPs están presentes en diferentes matrices abióticas (marinas y costeras) y accesibles para la ingestión por una gran variedad de organismos. La provincia de Buenos Aires extiende su línea costera de más de 1200 Km desde el Río de la Plata hasta la desembocadura del Río Negro, constituyéndose en un área de gran importancia para el sector productivo costero (pesca y turismo) que incluye regiones prioritarias en cuanto a su conservación, playas turísticas, cinco puertos comerciales y un puerto militar que no escapan a la problemática de los desechos plásticos y MPs. En este contexto, el presente capítulo propone revisar el estado de esta problemática para las costas de la provincia (ocurrencia, distribución, dinámica y transferencia al componente biótico) identificando sus potenciales vulnerabilidades y oportunidades que enfrenta la región.

Palabras clave: basura plástica, costas, microplásticos, Provincia de Buenos Aires

ABSTRACT

Plastic litter and micriplastics impacts at Buenos Aires province coastal environments. LASTIC. Research on marine litter and microplastics (MPs) at coastal/marine areas has gained a great interest from the scientific community and policymakers, due to the global outreach and growing reports showing dramatic increasing levels. MPs have been shown at both abiotic and biotic matrices and they became accessible for ingestion by a wide variety of organisms. The Buenos Aires province extends its coastline along more than 1200 km from the Río de la Plata to the mouth of

the Río Negro, becoming an area of great productive relevance (fishing industry and tourism) that includes protected areas, tourist beaches, five commercial ports and a military port which in overall do not escape from the plastic threat. In this scenario, this chapter will revisit the state of the art focused on the area of study (occurrence, distribution, dynamics, bioaccumulation and transfer to the biotic component), outlining the potential vulnerabilities and opportunities that the area faces.

Keywords: marine litter, coasts, microplastics, Buenos Aires province

INTRODUCCIÓN

Los plásticos en los ecosistemas costeros (como desechos plásticos, macro o microplásticos) pueden provocar daño físico y mortalidad a la vida marina y las comunidades marítimas. El enredamiento de aves, peces y especies migratorias como tortugas y mamíferos en aparejos de pesca abandonados y envases de plástico puede provocar inanición y ahogamiento. En forma adicional, la ingestión de plásticos y microplásticos puede causar estrés fisiológico, daño toxicológico e inanición en plancton, moluscos y otros invertebrados, peces, aves marinas, tortugas y mamíferos marinos [1]. Al mismo tiempo, los desechos plásticos contienen muchos compuestos orgánicos tóxicos y cancerígenos que pueden desprenderse del plástico para magnificar los impactos dañinos [2, 3]. Es así que, durante el proceso de fabricación de plásticos, una diversidad de compuestos químicos son agregados para alterar las características finales del material: retardantes de llama, plastificantes, antioxidantes, estabilizadores UV y pigmentos. Entre estos, algunos con propiedades de alteración endocrina pueden estar presentes a niveles de 1000 - 500,000 mg/kg (ppm); por ej.: los éteres de difenilo polibromados (PBDEs) utilizados como retardantes de llama en plásticos, espumas de poliuretano, textiles y juguetes [4]; tetrabromobisfenol A (TBBPA) utilizado como retardante de llama en resinas epoxi, vinil ésteres y policarbonatos; y hexabromociclododecano (HBCDD) utilizado en espumas de poliestireno (EPS) o ftalato de di-2-etilhexilo (DEHP) en PVC [5, 6]. A modo de ejemplo, en envases plásticos (aproximadamente el 40% de la producción anual total de plásticos en el mundo) se han identificado una variedad de 906 compuestos químicos. Sobre esta inmensa variedad de aditivos y compuestos químicos que los plásticos pueden acarrear en su constitución, las partículas plásticas pueden además adsorber contaminantes desde la columna de agua, constituyéndose tanto en un medio de transporte como una fuente potencial de productos químicos tóxicos en el medio marino [7, 8]. Los procesos de adsorción-desorción son complejos y dependen de diversos factores tales como la hidrofobicidad del contaminante, el tipo de polímero y tiempo de permanencia en el medio, el tipo de medio (agua, suelo, sedimento, etc.), temperatura, presión, salinidad, entre otros [9]. En estos procesos, tanto los sedimentos como la materia orgánica son competidores en cuanto a la adsorción de contaminantes, resultando en un sistema complejo en el cual los plásticos no serán los únicos agentes de exposición a dichos contaminantes [10]. Los microplásticos en particular son capaces de adsorber diversos contaminantes orgánicos persistentes (COPs), tales como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), los bifenilos policlorados (PCBs) y el

diclorodifeniltricloroetano (DDT) [3]. De forma similar, estos también pueden adsorber trazas de metales (por ej.; cobre o plomo) [2, 8]. Descendiendo en el rango de tamaños de los plásticos, los nanoplásticos, dada su alta relación de superficie/volumen presentan afinidades de sorción excepcionalmente altas, hecho que cambia la exposición y el riesgo asociado a los mismos, aumentando aún más su importancia como contribuyentes a la exposición química general [11]. En este sentido, Koelmans [12] y colaboradores concluyen que, dada su alta relación de superficie específica, es posible que los nanoplásticos adsorban contaminantes a concentraciones más altas que los microplásticos; hecho que unido a su mayor accesibilidad y distribución en los organismos probablemente conduzca a una combinación de riesgos que hoy desconocemos.

1.2. Fuentes, vectores y rutas de transporte

El contenido actual de plástico en los océanos se estima entre 75 y 199 millones de toneladas, el 80% de las cuales proviene de fuentes terrestres a partir una deficiente gestión de disposición de residuos sólidos urbanos (RSU) [13]. En este sentido, se calcula que hasta una tercera parte de los desechos plásticos gestionados se encuentra llegando a los océanos, con la principal contribución de las ciudades localizadas hasta 50 Km de la costa [14]. Las contribuciones de residuos plásticos que aporta cada continente al océano se encuentran desigualmente distribuidas; así por ejemplo, Asia aporta 42 a 58 millones de toneladas (MTon); África, 10 - 20 MTon; América Latina y el Caribe, 6,7- 8,3 MTon; Europa, 1,3 - 9,1 MTon; América del Norte, 0,03 - 0,3 MTon; y Oceanía, 0,05 - 0,32 MTon [14]. Estos valores fueron actualizados recientemente por [15], quienes hallaron que aproximadamente el 47% de los residuos plásticos generados municipalmente en una escala anual y global (entre 60 y 90 MTon) son inadecuadamente manejados y poseen una alta probabilidad de culminar en los océanos.

Latinoamérica genera el 4% de la producción y el 8% del consumo total de plásticos a nivel mundial [16]. Los microplásticos en Latinoamérica se caracterizan por el predominio de las fibras (62 %), seguidas de fragmentos (17 %) y pellets (9 %), y los tipos de polímeros predominantes son PE (polietileno, 80 %), PP (polipropileno), PET (tereftalato de polietileno) y PS (poliestireno) [17]. Particularmente en Argentina se generan más de 2,7 millones Tonelada/día de residuos plásticos, lo cual significa 183 g/persona/día [18].

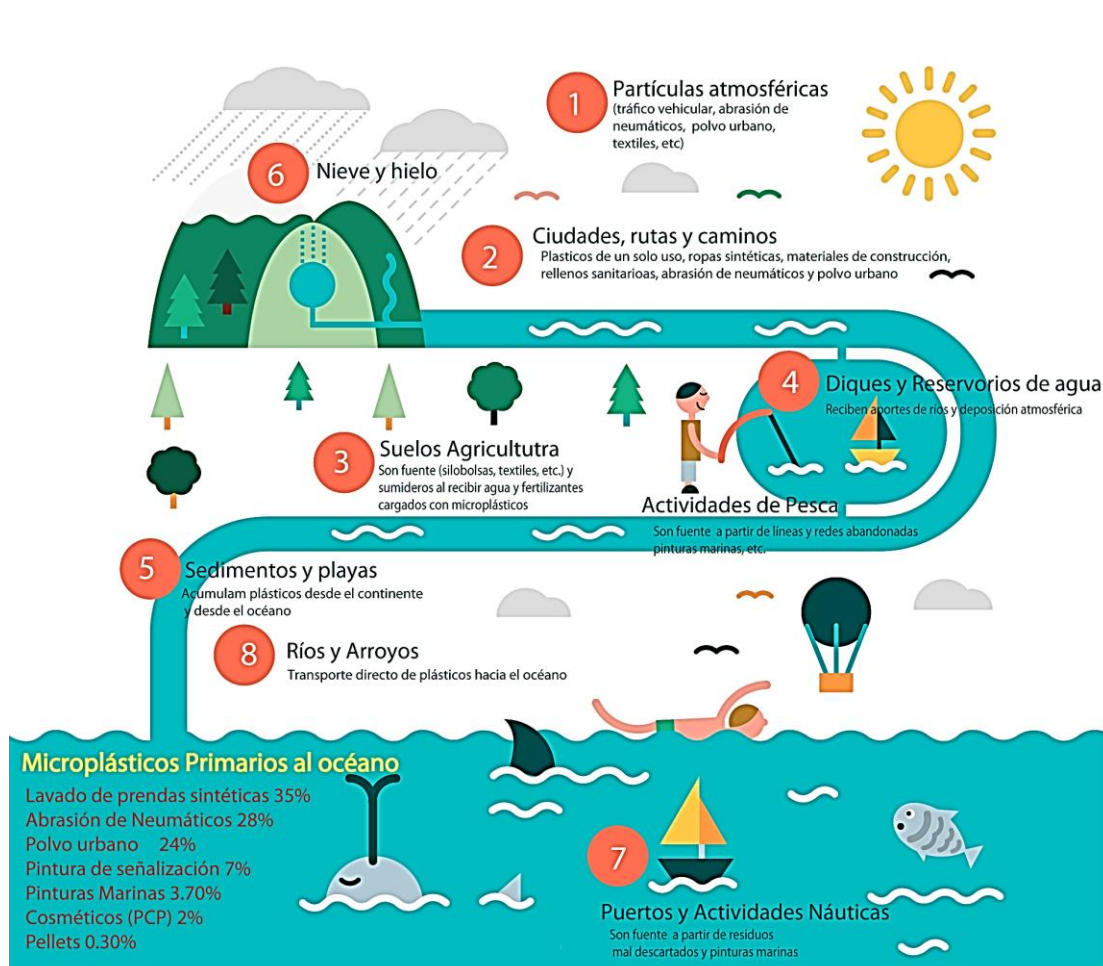


Fig.1. Rutas y fuentes principales de plásticos hacia el océano (Imagen: elaboración propia, información numérica de Boucher y Friot [19] y diseño Freepik.com)

Las rutas del plástico hacia los océanos son múltiples y variadas e incluyen el lavado de tierras, ríos, arroyos, escorrentías, vertido de aguas de desecho, transporte por vía atmosférica y vuelcos directos (Fig.1). También, los eventos como tormentas y desastres naturales se constituyen en puntos de ingreso de grandes cantidades de plástico hacia los océanos [1]. La mayor cantidad de plásticos que ingresan al océano provienen de fuentes terrestres, con 2% de ingresos provenientes de actividades oceánicas [20]. Un modelo sobre microplásticos primarios indica que cerca de dos tercios (63,1%) de las contribuciones se deben al lavado de ropa (textiles sintéticos, 34,8%) y a la abrasión de neumáticos (28,3%). La tercera contribución importante (24,2%) proviene del polvo urbano. Los productos para el cuidado personal solo representan el 2% de la contribución de microplásticos primarios al océano mundial [19].

La velocidad a la que la basura y los plásticos se mueven a lo largo de las diversas vías de transporte, o residen en diferentes compartimentos del medio marino, se encuentra en función de sus propiedades químicas y físicas, así como de su flotabilidad, las propiedades de la superficie y tamaño de partícula. Lebreton y

col. [20] concluyen que hay un intervalo de tiempo significativo, del orden de varios años a décadas, entre las deposiciones terrestres y su llegada al océano (2019). Más aun, sus resultados indican que la generación actual de microplásticos secundarios en el océano es el resultado de la degradación de los objetos producidos en la década del noventa o antes.

1.3. Rutas del plástico hacia la costa de la Provincia de Buenos Aires

Río de la Plata

El estuario del Río de la Plata recibe las aguas de los ríos Paraná y Uruguay aportando caudales aproximados del orden de los 17.000 y 6.000 m³/seg, respectivamente, siendo el colector final de la cuenca del Plata. Este ecosistema presenta una superficie de 35.000 km², una profundidad media de 5 m y una máxima de 25 m en la desembocadura. Teniendo en cuenta su geomorfología y dinámica, se lo divide en dos sectores: uno interior y otra exterior, separados por una barrera geomorfológica denominada Barra del Indio (que se extiende a lo largo de una línea que une Punta Piedras con Montevideo, a una profundidad de 6,5-7 m) [21]. La isohalina de 0,5 UPS (1000 µS/cm) y la Barra del Indio constituyen el límite entre el agua dulce, que ocupa el 37 % de la superficie del estuario, y la zona salobre [22]. La región interna tiene un régimen fluvial y una fuerte influencia de las mareas, mientras que la región externa es principalmente mixohalina [23]. Este estuario es considerado un importante recurso hídrico que brinda diferentes servicios ecosistémicos para la provincia de Buenos Aires y el país. Entre ellos se reconocen la regulación del clima, de la calidad del agua y de los sedimentos, la provisión de agua, alimentos y materiales, transporte y actividades recreativas, entre otros.

En el sector de agua dulce y sobre la Franja Costera Sur del estuario se desarrolla una intensa actividad vinculada a los centros urbanos más importantes de Argentina como lo es la Ciudad autónoma de Buenos Aires y el área metropolitana que la circunda (Fig.2). En ella se desarrollan actividades productivas (destilerías, puertos de embarque, astilleros, plantas generadoras de energía eléctrica, agricultura, etc.), constituyendo la principal fuente de agua potable de las ciudades de Buenos Aires, La Plata y sus alrededores. También es receptor de efluentes cloacales escasamente tratados, entre los que se destaca el ubicado en la localidad de Berazategui, que vierte a 2500 m de la costa (proveniente de la ciudad de Buenos Aires y el conurbano) y el cercano a la ciudad de La Plata que derrama en la costa de la localidad de Berisso (Fig.2). También el sector costero es receptor de ríos, arroyos y canales, que transportan efluentes de origen industrial y urbano, además de la escorrentía provocada por las precipitaciones sobre las áreas urbanizadas. Las cuencas más contaminadas de este sector corresponden a los ríos Luján que recibe las aguas del río Reconquista, y Matanza-Riachuelo, los canales Sarandí y Santo Domingo y el arroyo del Gato, que desagua en el río Santiago [21]. Por otra parte, cabe destacar que en sectores cercanos a la costa del estuario del Río de la Plata se encuentran numerosos basurales informales a cielo abierto que aportan distintos tipos de desechos, entre ellos los plásticos.

De acuerdo con estudios realizados por Acha y colaboradores [24], a partir de muestreos del lecho de la desembocadura y en el sector costero del frente salino

del estuario, se constató que las bolsas plásticas y otros tipos de productos plásticos fueron los principales residuos encontrados en ambas zonas. En el área costera, los plásticos representaron el 44 % del total de los residuos pesados, mientras que las bolsas plásticas el 30 %. En tanto en el fondo del estuario, en el sector del frente, el 55 % fueron bolsas plásticas y 22 % otro tipo de productos plásticos. La concentración de basura encontrada aguas arriba del frente de salinidad de fondo (Punta Piedras - La Plata) fue significativamente superior a la hallada aguas abajo del mismo (Punta Piedras - Punta Rasa); demostrando que el frente de salinidad de fondo actúa como una barrera de acumulación de residuos. Asimismo, se ha señalado que una buena parte de esos residuos plásticos, por acción de las mareas y los vientos, se acumulan en las playas del sector ribereño que se encuentran aguas arriba del frente (entre Punta Piedras y La Plata). La presencia de residuos en la línea de costa en este último sector también fue evaluada por Gómez y Cocheró [25] en un estudio de carácter cualitativo, el cual reveló residuos tales como plásticos, vidrio, metal, papel, tela, goma, desechos orgánicos domésticos y de higiene personal, entre otros. Por otra parte, los autores advirtieron que las modificaciones de la zona ribereña suelen favorecer los procesos de acumulación de los contaminantes y de la basura. Entre las principales causas mencionan el desmonte para establecer rellenos costeros, áreas de recepción de residuos domiciliarios y para el avance de la urbanización. Estudios recientes también han demostrado la correspondencia entre el deterioro del hábitat costero y la concentración de MPs [26].

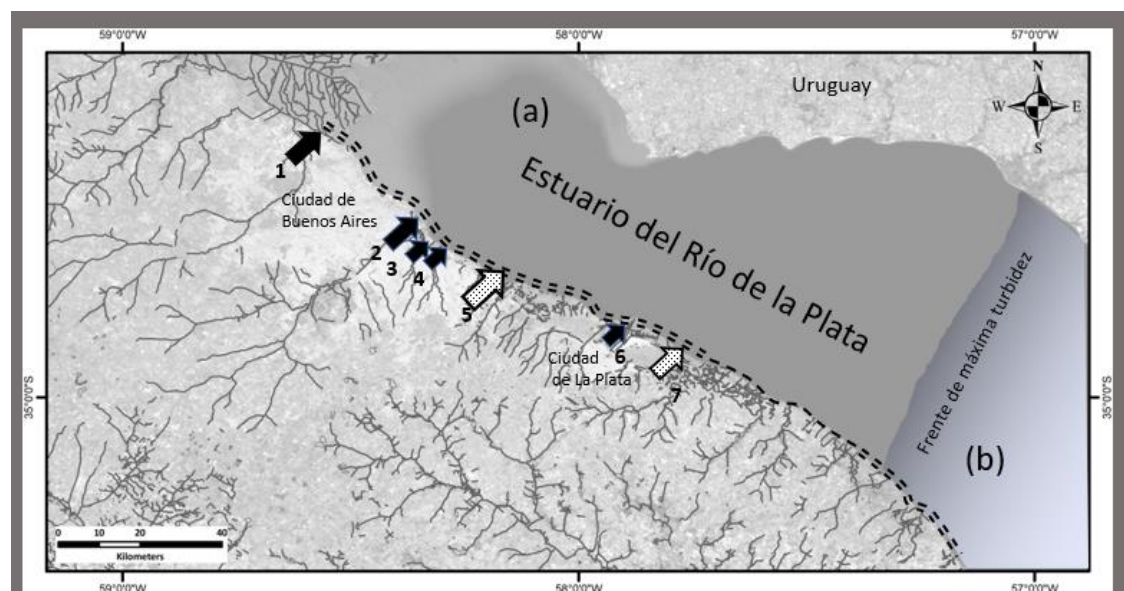


Fig.2. Sector de agua dulce (a) y parte de la zona mixohalina (b) en donde se ubica el Frente de Máxima Turbidez del estuario del Río de la Plata. Se señalan los principales cursos de agua que aportan contaminación al sector costero (flechas negras: 1-río Luján, 2-Matanza-Riachuelo, 3-canal Sarandí, 4-Santo Domingo, 6-A° del Gato y río Santiago) y los principales efluentes de las descargas de aguas residuales (flechas blancas: 5- Descarga cloacal en la costa de la localidad de Berazategui, proveniente de la ciudad de Buenos Aires y alrededores, y 7 -Descarga

cloacal en la localidad de Berisso, proveniente de la ciudad de La Plata) En línea de punteado doble se señala la zona más afectada por la presencia de MPs en agua y sedimento [26].

Mar del Plata y costas aledañas

La costa atlántica del sudeste bonaerense abarca los partidos de Pinamar, Villa Gesell, Mar Chiquita, General Pueyrredón, General Alvarado, Lobería y Necochea, en los cuales se encuentran ciudades importantes como Mar del Plata, Miramar, Necochea y Quequén (Fig 3. y Tabla 1).



Fig 3. Mapa de las principales localidades de la costa atlántica del sudeste bonaerense.

Como principales fuentes de residuos plásticos en esta zona podemos mencionar:

Agricultura: es el segundo sector en importancia del país en cuanto a producción frutihortícola, tanto en superficie como en volumen (mayor a 1300 hectáreas (ha) y mayor a 300000 Ton). Los sistemas de producción son diversos e incluyen cultivos a cielo abierto (9500 ha), invernáculos (750 ha) y sistemas de sombreado, tales como kiwi y frutillas (560 ha) [27]. Esta actividad genera residuos plásticos por el uso de invernáculos y sistemas de sombreado, escorrentía del riego con agua de efluentes, aplicación de abonos y fertilizantes orgánicos.

Sector Industrial: El *parque industrial “General Savio”*: establecido sobre la Ruta Provincial 88 que conecta a Mar del Plata con Necochea, es el quinto parque del país en superficie (310 ha) con infraestructura completa. Los rubros de las empresas establecidas son alimenticias, textiles, polímeros, metalúrgica, químicas y farmacéuticas, maderas, gráfica e informática (<http://pimdq.com.ar/#!/bienvenido/>, acceso 23/10/2020).

Puertos: la ciudad de Mar del Plata posee un puerto de 220 ha aproximadamente, cuyas operaciones comerciales están relacionadas a la carga de cereales y a la pesca que incluye procesamiento de productos de mar y producción de harina y aceite de pescado (<https://puertomardelplata.net/>, acceso 23/10/2020). Considerando que el puerto de Mar del Plata es el segundo más importante del país, representa una fuerte presión antropogénica sobre su línea de costa y los residuos que se generan están en contacto directo con el mar. Por su parte, la ciudad de Quequén posee uno de los puertos cerealeros más importantes del país que comercializó más de 14.000.000 Ton. (2016/2017).

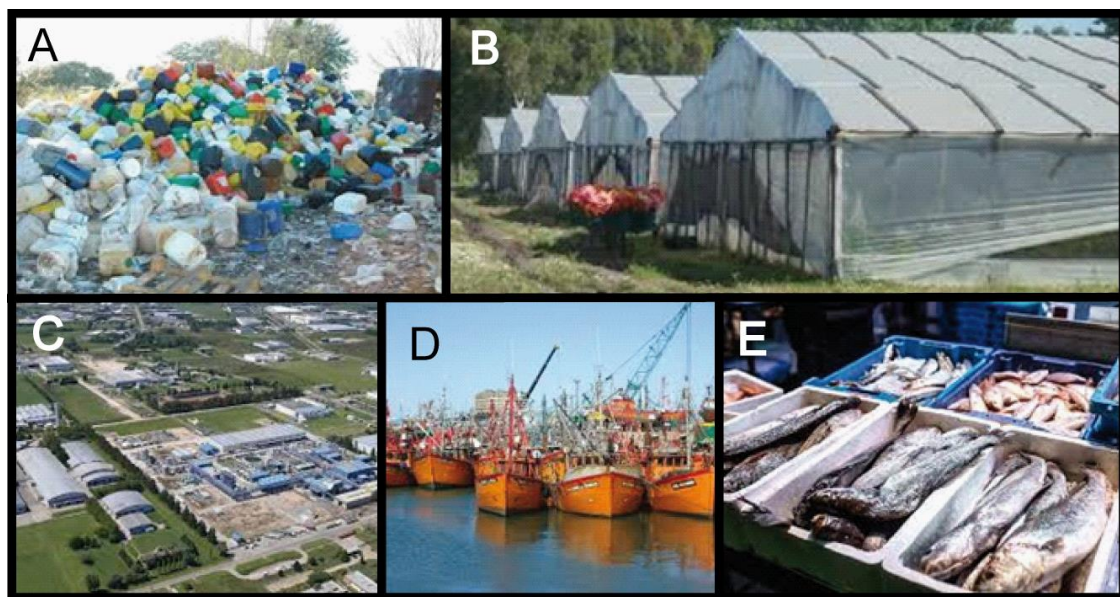


Fig 4. AyB: Áreas de producción hortícola y frutícola de la ciudad de Mar del Plata, C: *Parque Industrial “General Savio”*, DyE: *Puerto de Mar del Plata*

Urbanización: las principales ciudades son Mar del Plata (Gral. Pueyrredón), Necochea, Miramar (Gral. Alvarado), Villa Gesell y Pinamar en los municipios homónimos destacándose, además, una importante densidad poblacional (Tabla 1) Mar del Plata es la principal ciudad de la región con 618.989 habitantes (Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, 2010).

Tabla 1. Resumen de principales actividades relacionadas al ingreso de residuos plásticos en la ciudad de Mar del Plata y zonas aledañas.

Municipios / fuentes	General Alvarado	Mar del Plata	Mar Chiquita	Necochea	Lobería	Villa Gesell	Pinamar
Población (habitantes)	39.594	618.989	21.279	92.933	17.523	31.730	25.728
Densidad poblacional (hab/km ²)	23,6	424	6,8	20,9	3,7	111,3	408,4
GPC (Kg/hab x día)	0,694	1,007	0,694	0,716	0,694	0,694	0,694
Generación de residuos (Ton/día)	27,5	623,4	14,6	66,5	12,2	22,0	17,9
Disposición final de RSU	Relleno sanitario	Relleno sanitario	Basural a cielo abierto	Basural a cielo abierto	Basural a cielo abierto	Basural a cielo abierto	Basural a cielo abierto

Hab: habitantes. Ton: toneladas. GPC: generación per capita de residuos. RSU: residuos sólidos urbanos. Fuentes: Asociación de Residuos Sólidos (ARS), relevamiento de datos de la OPDS y recopilación de información periodística de diferentes medios locales

Turismo y recreación: esta región cuenta con más de 200 km de costa de playas de arena y médanos, las cuales, junto a otras actividades recreativas y culturales, representan un significativo recurso económico. En particular, Mar del Plata posee 7 km de costas y constituye el primer centro turístico de la Costa Argentina. Durante la temporada estival (diciembre a marzo) arriban más de 2,5 millones de turistas a la región, y a lo largo del año 8,5 millones, incrementando el potencial impacto adverso sobre las playas.



Fig.5. A, B y C: Desarrollo urbano de la ciudad de Mar del Plata. Fuente [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mar del Plata..jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mar_del_Plata..jpg). D Turismo de verano en Playa Grande, una de las playas más populares de la región.

Residuos urbanos: Mar del Plata es una ciudad costera con una alta densidad urbana (98.9%), cuya generación de residuos supera las 600 toneladas diarias que se disponen en un relleno sanitario.



Fig.6. Sitio de disposición final de residuos urbanos de la ciudad de Mar del Plata y recolección de basura en playas

Redes de drenaje pluviales: Tanto en la ciudad de Mar del Plata como diferentes zonas urbanas, la presencia de basura en la vía pública genera grandes inconvenientes en el correcto escurrimiento de las aguas de lluvia. En tal sentido, los residuos son arrastrados por la escorrentía hacia las bocas de tormenta, produciendo un retardo e incluso impidiendo el ingreso de agua al sistema pluvial. Cada vez que se registra una tormenta aparecen los mismos problemas donde cientos de botellas, cartones, envoltorios de golosinas y otros residuos mezclados son arrastrados, provocando anegamientos en diferentes puntos las ciudades con la consecuente posibilidad de inundaciones. En las playas de Mar del Plata, los residuos también pueden alcanzar océano por el sistema de alcantarillas que desagota la ciudad, directamente al mar (Fig.7B), sin sistemas de retención que impida que los residuos sólidos urbanos lleguen a la costa quedando a merced del alcance de las mareas y los vientos.

En Playa Constitución (Fig.7A), por el desagüe pluvial ubicado en ese sector, desagota gran parte del agua que cae en la ciudad. Este hecho genera no solo un impacto estético negativo, sino que pone en peligro a muchos organismos acuáticos costeros que pueden interactuar físicamente con los residuos, e incluso ingerir accidentalmente pequeños pedazos de plásticos [28].

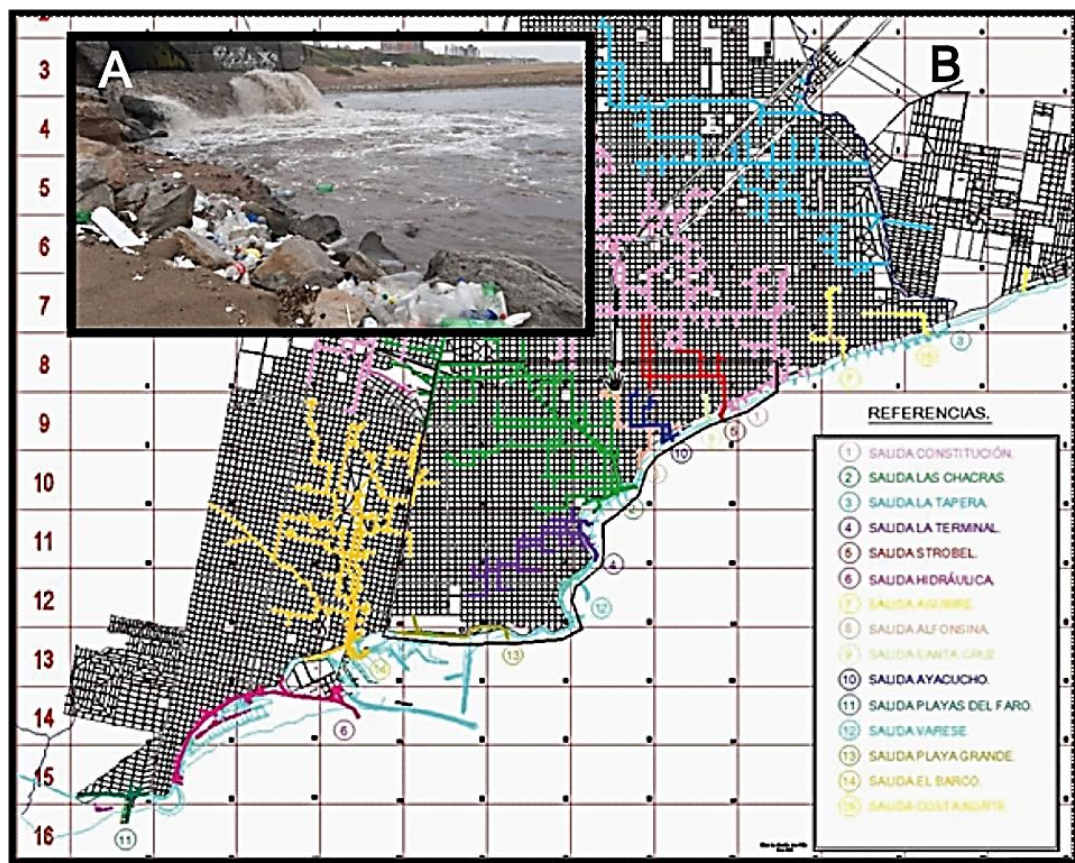


Fig.7. De la ciudad al mar. A: Red de desagüe pluvial de la ciudad de Mar del Plata. B: Acumulación de residuos plásticos a la salida del desagüe pluvial de Constitución. (Foto: @dronmardelplata, Pablo Funes)

Las playas de Mar del Plata no sólo están expuestas a la carga de residuos antropogénicos generados localmente, sino que también suelen llegar residuos exógenos arrastrados con las corrientes. Esta situación se hace más evidente luego del impacto de las tormentas sobre las costas, cuando suelen aparecer una variedad de residuos, que abarca desde elementos de plástico duro limpio, agregaciones de juncos y macrófitas con restos de plásticos, restos de redes de pesca, e incluso elementos plásticos colonizados por organismos, que es indicativo de su permanencia en el medio marino (Fig.8).

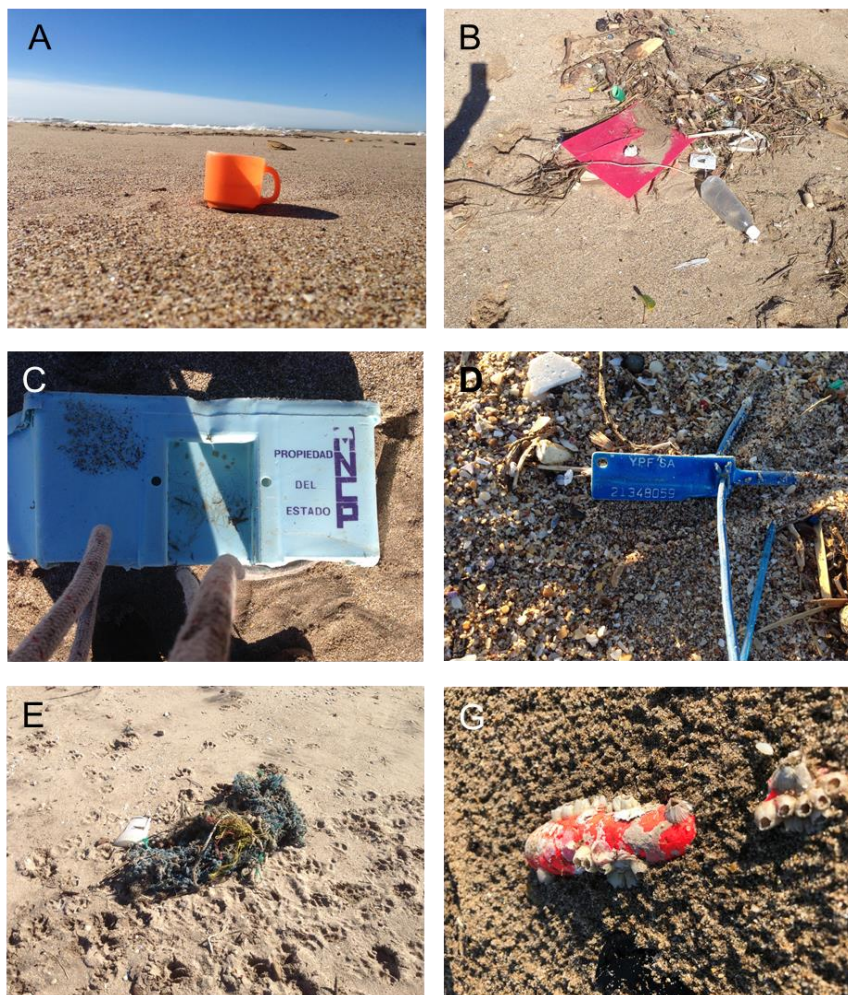


Fig.8: Algunos tipos de elementos y residuos plásticos encontrados en playas del sur de Mar del Plata luego de una tormenta. A) Elementos de plástico limpio, B) residuos urbanos y restos de plástico mezclado con macrófitas y juncos, C) restos de elementos de la actividad pesquera, D) restos de elementos de actividad industrial, E) restos de redes de pesca, G) elementos de plástico colonizados por organismos marinos.

El problema fundamental con todo elemento o residuo plástico varado en las playas, es que al estar expuesto prolongadamente a radiación UV, y demás factores ambientales, se convierten en una fuente de generación de microplásticos, lo cual implica un problema de contaminación aún mayor, ya que también aumenta el espectro de tamaños de organismos marinos y costeros que pueden interactuar con residuos de este material.

Bahía Blanca

En el caso del estuario de Bahía Blanca (EBB) los plásticos en el ambiente marino pueden tener su origen a partir de residuos generados en la ciudad de Bahía Blanca, y centros urbanos menores como General Daniel Cerri, Ingeniero White y Punta Alta, que en su conjunto reúnen aproximadamente 370.000 habitantes. Según

el último censo en el año 2010, la ciudad de Bahía Blanca posee 301.572 habitantes, con una generación de residuos sólidos urbanos de 0,971 kg/hab/día y un total de 292,8 toneladas diarias, de las cuales se estima que el 15,22% es plástico (<https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-CensoProvincia-999-999-06-056-2010>). Estas localidades, arrojan sus aguas residuales al estuario, y en la actualidad, el 75% de los efluentes de Bahía Blanca son previamente derivados a una planta depuradora con tratamiento primario y secundario, inaugurada en septiembre del 2019. Sin embargo, aún existe una gran proporción de efluentes de aguas residuales que desembocan en el estuario sin ningún tipo de tratamiento. Aún con el tratamiento mencionado, las aguas residuales de los centros urbanos son importantes vectores de contaminación por micro y nanoplásticos primarios presentes en algunos productos abrasivos de limpieza y micro y nanoplásticos secundarios provenientes del lavado de la ropa sintética y el desgaste de desechos plásticos mayores [29].

Según Rochman [30], los ríos y efluentes continentales también se han identificado como vías importantes de fuentes terrestres de desechos plásticos que llegan al mar. Por ello, otros aportes de desechos plásticos en EBB podrían provenir de las contribuciones de agua dulce que recibe el Canal Principal. El río Sauce Chico, con un curso de 140 km de longitud y un caudal de 1,46 m³/seg, y el arroyo Napostá Grande, con un curso de 130 km de longitud y un caudal medio menor de 1 m³/seg, tienen su origen en el sistema serrano de Ventania, Sierra de la Ventana, al suroeste de la provincia de Buenos Aires. Mientras el Río Sauce Chico desemboca en cercanías de la ciudad de Gral. Daniel Cerri, el arroyo Napostá Grande atraviesa la ciudad de Bahía Blanca en su curso inferior, para desembocar 1 km aguas abajo del puerto de Ing. White [31, 32]. El curso de estas aguas desde su inicio en las montañas serranas podría recibir entradas de desechos plásticos terrestres provenientes de los pueblos y actividades aledañas a estos tributarios, y, dado que se consideran como los principales aportes de agua dulce al EBB [33], dichos desechos pueden llegar eventualmente al Canal Principal. El influjo desde otros afluentes menores como por ejemplo el canal Maldonado y el arroyo Saladillo de García es intermitente por lo que las entradas de desechos plásticos en el EBB a partir de estos cursos de agua, pudrían ser significativa durante períodos de elevadas precipitaciones locales.

En el límite norte del EBB se ubican varias industrias conformando el polo industrial que se compone en su mayoría de refinerías, plantas petroquímicas y fábricas de productos sintéticos (incluyendo plásticos), además podemos encontrar otras industrias asentadas en la región como lavaderos de lanas, plantas textiles, silos y molinos cerealeros, curtiembres y frigoríficos e industrias relacionadas que arrojan sus efluentes al estuario, sumando otras posibles entradas de desechos plásticos al EBB. Asimismo, este estuario representa el sistema portuario de aguas profundas más importante de Argentina donde se ubican los puertos Ing. White, Galván, Rosales y la Base Naval Puerto Belgrano; por lo que su Canal Principal es constantemente navegado por barcos pesqueros, grandes cargueros y transportadores de combustible y cereales que podrían aportar más desechos plásticos a este cuerpo de agua [34].

Plataforma bonaerense y zona “El Rincón”

La zona costera de la Provincia de Buenos Aires conocida como El Rincón presenta 8 áreas marino-costeras, reservas naturales y refugios [35]. Se encuentra localizada entre los 38°30' S y 41°30' S con un área continental de 1100 km² y un área marina de 47000 km². Hacia la costa, esta área presenta ecosistemas compuestos por humedales, marismas y planicies de marea, con playas de arena y playas rocosas. Desde el 2014 se ha reconocido formalmente esta zona como Área Marina Protegida “El Rincón” (AMP-ER), (Ley Argentina N°27037), en función de proteger y conservar espacios marinos representativos de hábitats y ecosistemas bajo objetivos de política ambiental. Toda esta zona marítima está altamente influenciada por la actividad antropogénica del EBB y la descarga del Río Colorado, los que podrían contribuir a entradas significativas de desechos plásticos en esta zona.

Durante la época de primavera, el área de El Rincón es una importante zona de desove multiespecífica y de concentración de juveniles de varias especies de peces óseos y cartilaginosos de interés comercial. En el área operan distintas flotas procedentes de los puertos de Quequén y Mar del Plata (del Norte de la provincia de Buenos Aires), además de los pescadores artesanales de las localidades como Monte Hermoso, Pehuen-có y Claromecó [36]. La pesca deportiva, artesanal y de altura son las actividades marítimas de mayor generación de residuos plásticos, por lo que podrían originar residuos a partir del desgaste de redes de pesca, flotadores, líneas de pesca, equipamiento general utilizado en actividades marítimas, incluyendo la ropa [37].

Río Negro

Delimitando el sur de la Provincia de Buenos Aires, se encuentra la cuenca del Río Negro (RN) siendo una de las cuencas más importantes del sistema hidrográfico de la República Argentina. Nace en la Región Andina de las provincias de Neuquén y Río Negro, a partir de los Ríos Limay y Neuquén (más de 500 Km cada uno), atravesando un amplio valle (de 637 Km) antes de desembocar finalmente en el Atlántico [38]. En todo su extenso recorrido, el río puede tener entradas significativas de residuos plásticos provenientes de la actividad antropogénica. Los ríos Neuquén y Limay, recorren diferentes departamentos: Minas, Chos Malal, Ñorquín, Loncopué y Añelo que suman aproximadamente 480.000 habitantes. Por otro lado, el río Limay recorre los departamentos de Los Lagos, Lacar, Collón Curá y Picún Leufú, con una población de aproximadamente 64.000 habitantes. En la intersección de estos ríos, el departamento de Confluencia, concentra una población aproximada de 220.000 habitantes. A partir de allí, el RN pasa por los departamentos de General Roca, El Cuy, Pichi Mahuida, Avellaneda, Conesa y Adolfo Alsina sumando otros 470.000 habitantes. La mayoría de las plantas cloacales de todos estos centros urbanos están desbordadas en su capacidad de tratamiento de líquidos y vierten directamente el crudo al río. Las plantas de tratamiento existentes se encuentran en la ciudad de Choele Choel, cuyos líquidos resultantes no se derivan al río y son reutilizados en el Parque Industrial; en General Conesa donde el agua es reutilizada para el riego de forestación; y en la ciudad de Viedma donde se encuentra superada en un 15% de su capacidad. Además, las ciudades de Viedma y Carmen de Patagones, tienen una infraestructura de desagües pluviales que descargan

directamente en la cuenca y en episodios de lluvias torrenciales, desbordan llevando consigo una considerable cantidad de residuos [39]. En cuanto a las actividades económicas, en toda la cuenca se desarrolla una gran diversidad de actividades relacionadas con el petróleo, grandes, medianas y pequeñas industrias, como así también las actividades agrícola-ganaderas y en especial la actividad frutihortícola. Asimismo, a lo largo de todo su recorrido, el RN presenta varios lugares que son utilizados para la recreación y el turismo. Todas estas actividades pueden sumar más residuos plásticos que llegan a este cuerpo de agua y ulteriormente al océano Atlántico.

2.2. Evidencias de impacto sobre sistemas costeros/marítimos bonaerenses

Río de la Plata

En el estuario del Río de la Plata los estudios sobre MPs se centraron en el sector de agua dulce-mixohalino, entre las localidades de San Isidro-Punta Indio, abarcando aproximadamente 150 km de costa. En este sector se analizó la distribución de los MPs en la columna de agua, en el sedimento y en la biota, considerando la influencia de los distintos usos del suelo. Los resultados demostraron que las mayores concentraciones de este contaminante en el agua se localizaron en las áreas más urbanizadas, particularmente en zonas influenciadas por las descargas de aguas residuales y en cercanías del Frente de Máxima Turbidez del estuario. La abundancia promedio fue de 139 MPs/m³, lo que posiciona al Río de la Plata en una situación intermedia en comparación con otros estuarios a nivel mundial [26]. En cuanto a los tipos de MPs hallados, las fibras de color azul y el tamaño entre $500 \leq 1000 \mu\text{m}$ fueron los más frecuentes y abundantes. Una vez que los MPs ingresan a la columna de agua estos comienzan a integrar la comunidad planctónica. El estudio comparativo de formas y tamaños de los MPs reveló el solapamiento de estas características con las de los microorganismos [26]. Esto alerta sobre la peligrosidad de este contaminante en el medio, al camuflarse como una fuente de alimento más a partir del recubrimiento con un biofilm constituido por microorganismos incluidos en una matriz de polisacáridos. En el mismo sentido la presencia de indicadores fecales sobre MPs procedentes del sedimento intermareal del estuario, demuestra la capacidad de este contaminante en el transporte de organismos de riesgo sanitario para la salud (*Escherichia coli* y Enterococos) [40].

En relación con la distribución de los MPs en el sedimento, se observó que ésta fue variable. La abundancia promedio fue de 278 MPs/m², influyendo en su distribución la marea, la dirección de los vientos y el uso del suelo en la costa. La diversidad de los tipos de MPs hallados en el sedimento fue mayor que la hallada en la columna de agua (fragmentos, pellets, fibras, film y espumas). Sin embargo, el predominio de fibras, fragmentos, el color azul y el tamaño fueron características comunes en ambos compartimentos. El análisis de los MPs mediante la técnica de espectroscopía de infrarrojo (IR) en su modalidad de reflectancia total atenuada (ATR) evidenció que los principales polímeros fueron el polietileno (PE) y polipropileno (PP) (Com. Pers. Amalvy J.) Estos son ampliamente utilizados en la fabricación de productos con una vida útil relativamente corta como botellas, tapas,

envases y embalajes de alimentos, bolsas, tuberías, muebles de exterior, entre otros [1].

La presencia y abundancia de MPs en peces costeros de diferentes hábitos alimentarios y en mejillones de la especie *Limnoperna fortunei* demostró la diseminación de este contaminante en la biota del estuario. En los ensambles de peces costeros, se comprobó la presencia de MPs en todos los ejemplares analizados, siendo su abundancia significativamente mayor en los individuos capturados en cercanías de una descarga cloacal. Por otra parte, no se observó una relación entre la abundancia de MPs y los hábitos alimentarios de los peces [41]. En el caso de los mejillones también se observó que los individuos localizados en cercanías de las descargas de aguas residuales y en el Frente de Máxima Turbidez contenían una mayor cantidad de MPs. También se observó que los MPs de mayores tamaños, se encontraron en los mejillones de tallas más grandes [42].

Mar del Plata

Existen una gran variedad de interacciones entre los desechos marinos y los ecosistemas marinos costeros, mostrando efectos secundarios negativos sobre la biota a diferente escala, tales como laceraciones y mortalidad asociada a tortugas, delfines, aves marinas, entre otros [43, 44].

Evidencias de estos eventos fueron informados por Denuncio y colaboradores [45], donde se examinó la ingestión de desechos plásticos en 106 delfines Franciscana (*Pontoporia blainvillei*) capturados incidentalmente en pesquerías artesanales de la costa norte de Argentina. Los resultados alertaron sobre la presencia de residuos plásticos en 28 % de los delfines muestreados. Es importante destacar que la frecuencia de detección fue mayor en ambientes estuarinos (34,6 %) que en marinos (19,2 %) si bien los residuos de plásticos fueron similares, encontrándose celofán, bolsas y bandas elásticas en el 64,3 % de los delfines, mientras que el 35,7% estuvo dado a expensas de fragmentos de artículos de pesca tales como líneas de nylon monofilamento, cuerdas y redes [45].

Los residuos urbanos como papeles, colillas de cigarrillos y plásticos conforman el 86 % de los residuos registrados en las calles de la ciudad, cuya persistencia en el ambiente favorece a su acumulación [46]. Incluso, estos ítems conforman los principales residuos generados por las actividades nocturnas de la ciudad [47]. Coincidentemente, en Playa Grande, una de las playas más populares y concurridas de la ciudad, los residuos plásticos (fragmentos de plástico duro, botellas de bebidas y tapas, juguetes, descartables, etc.), colillas de cigarrillos y el papel fueron los más frecuentes y abundantes, indicando una alta incidencia directa de contaminación por residuos de empaquetamiento, actividades recreativas y actividades náuticas [48].

Becherucci y colaboradores [49] compararon los desechos plásticos en playas de Mar del Plata y Villa Gesell, considerando abundancia y peso. En general, las playas de Mar del Plata presentaron un número significativamente mayor de residuos plásticos que Villa Gesell, 7394 y 2226 ítems, respectivamente. Además, las playas céntricas presentaron la mayor cantidad de desechos en ambas localidades.

Respecto del peso de los desechos, los autores encontraron un patrón opuesto al mencionado donde, las playas de Villa Gesell presentaron 46,2 Kg y sólo 8,15 Kg las playas marplatenses. Colillas de cigarrillos, plásticos y papel predominaron en las playas, mientras que la actividad recreativa, la pesca, las industrias y el empaque fueron identificadas como las principales fuentes de residuos en ambas ciudades. Por otro lado, estudios llevados a cabo en la zona de la Laguna costera de Mar Chiquita, 30 km al norte de la ciudad de Mar del Plata revelaron que los plásticos constituyen el desecho marino más común encontrado en la laguna, sirviendo como la principal fuente de sustrato duro para las especies incrustantes, tales como algas, moluscos, poliquetos, e hidrozooos, entre otros [50]. El predominio del plástico como principal sustrato abiótico se debe en parte a la combinación de su baja tasa de degradación y alta persistencia. Si bien los efectos sobre algunas especies pueden ser positivos (posibles sustratos), la presencia de especies incrustantes en materiales antropogénicos produce un impacto negativo en los ecosistemas acuáticos, favoreciendo potencialmente la propagación de especies invasoras y arrastrando estos contaminantes al lecho marino, lo que podría modificar la estructura natural de las aguas marinas limpias [51].

Durante las temporadas de verano, Mar del Plata sigue siendo uno de los principales destinos del país elegidos para vacacionar. En tal sentido, la ciudad recibe aproximadamente 4 millones de turistas anualmente, pero además de los beneficios, la actividad turística genera altos niveles de contaminación ambiental, principalmente reflejado por la contaminación por plásticos en las playas. Asimismo, el propio oleaje marino y los desagües pluviales exacerban estos efectos, convirtiéndose los plásticos en los residuos protagónicos de las costas marplatenses. De esta manera la playa recibe y aporta plásticos al medio marino, dejándolos disponibles para las diferentes especies con el riesgo que ello implica. Los principales factores modeladores en la hidrodinámica litoral son las olas, las corrientes litorales y las mareas, siendo las olas el factor modelador dominante en costas abiertas. En la costa marplatense existen las conocidas “sudestadas”, tormentas particulares con fuertes vientos hacia la playa que pueden elevar el nivel del agua varios metros, produciendo movilización de arenas arrastrando a su regreso los residuos que permanecen en las playas e incorporándolos al ambiente marino. Asimismo, la construcción de defensas costeras y en particular, de escolleras, aumenta la persistencia de la basura y de la turbidez [52], concentrando contaminantes precisamente en las playas que se desea preservar. En tal sentido, disminuyen las potencialidades de los servicios ecosistémicos de las playas.

Bahía Blanca

Para Argentina, el EBB ha sido el escenario de las primeras evidencias del impacto por microplásticos (MPs) en el medio marino [53]. Específicamente, se ha determinado la presencia de estas partículas en el tracto gastrointestinal de la especie *Micropogonias furnieri*, conocida como corvina rubia, una especie comercial para la zona. Los estudios de dicho trabajo se focalizaron en dos áreas del estuario y demostraron que todos los ejemplares presentaron al menos una partícula de microplástico, observándose más partículas en los ejemplares capturados en la zona más interna (Puerto Cuatrerros) que en los ejemplares capturados en la zona media

del estuario (Canal del Embudo). Aunque la abundancia de MPs ingeridos podría reflejar variaciones en la cantidad y tipo de alimento consumido entre individuos de la misma especie y entre diversas especies, el hecho de que la misma especie y clase de talla haya sido analizada, podría señalar una presión antrópica humana diferente a lo largo del EBB respecto a este contaminante.

En cuanto a los sedimentos, Ronda y colaboradores [54] informaron microfibras plásticas sobre la cabecera del estuario, en concentraciones de hasta 360 ítems/Kg sedimento (peso seco) para la zona entre Pehuen-Co y Monte Hermoso, en un rango de 0,15 a 5 mm de longitud (mediana 2.4 mm). Estos valores son superiores a otros hallados en ambientes marinos similares; por ejemplo, en costas belgas (74-237 ítems/Kg, p.s.; [55]) o el Mar Báltico (4-45 ítems/Kg, p.s., Zobkov & Esiukova, 2017). Recientemente estos altos valores fueron confirmados para sedimentos costeros de la zona interna del EBB, para los cuales se reportaron valores en promedio de 685 ítems/L p.s. abarcando áreas de marismas y planicies de marea que incluyeron Isla Cantarelli, Arroyo Parejas, Puerto Galván y Baterías [56].

En cuanto a la columna de agua, las primeras mediciones de partículas plásticas para el EBB se registraron sobre la cabecera del mismo [54] hallando bajas concentraciones (0,24 ítems/m³) y preeminencia de microfibras plásticas. Estos resultados fueron replicados más tarde para la zona interna del estuario [57], en la cual se halló nuevamente una preeminencia de microfibras y en bajas concentraciones (6,5 ítems/L en promedio).

En cuanto a la transferencia de microplásticos hacia la matriz biótica, además de las corvinas rubias también se ha evidenciado la presencia de MPs en otros organismos menores como el cangrejo *Neohelice granulata* [58], hecho que plantea la necesidad de continuar realizando investigaciones que no solo evalúen la presencia y distribución de estas partículas, sino también los posibles efectos ecotoxicológicos y ecológicos que podrían tener sobre el ecosistema. En este sentido, sólo el trabajo de Arias y colaboradores [53] ha demostrado una relación directa entre el índice hepatosomático de *M. furnieri* y la cantidad de MPs en su tracto gastrointestinal, sin verse afectada la condición general de los peces. Este índice ha sido ampliamente utilizado como biomarcador de exposición a contaminantes [59] y su aumento puede ser indicativo de hipertrofia (aumento en el tamaño), hiperplasia (aumento en el número de hepatocitos) o de ambos procesos en simultáneo como consecuencia de un aumento en los mecanismos de detoxificación hepática.

Plataforma bonaerense y zona “El Rincón”

En la actualidad, existe un solo trabajo que versa sobre las investigaciones del impacto de la basura plástica para esta zona. Se trata del trabajo publicado por Ronda y colaboradores [54], en el que se demuestra la presencia y distribución de microfibras sintéticas no sólo en la superficie del agua (concentración promedio $0,14 \pm 0,08$ partículas/m³), sino también en el sedimento asociado de fondo ($182,85 \pm 115,14$ partículas/kg). La mayor proporción de fibras resultaron ser menores a 1 mm de diámetro y de color negro. Los autores no encontraron una relación entre la concentración de microfibras del agua superficial y la hallada en el sedimento, demostrando que diferentes factores podrían estar influyendo en la

distribución de los MPs en ambas matrices. De acuerdo con sus propiedades químicas y composición, los MPs pueden ser más o menos densos que el agua de mar, lo que puede condicionar su distribución en los diferentes estratos marinos. Sin embargo, aún con una flotabilidad positiva, muchas de estas partículas pueden volverse más densas al adherirse a otras partículas u organismos [60], convirtiéndose el lecho sedimentario en el destino final de este contaminante. De hecho, los resultados de Ronda y colaboradores [54] demuestran una relación inversa entre la cantidad de microfibras halladas y la profundidad del sedimento. Si bien en El Rincón, aún no hay evidencias del impacto de partículas plásticas sobre organismos, los resultados obtenidos demuestran la urgente necesidad de seguir realizando investigaciones para dilucidar los mecanismos de transporte de MPs en la zona, evaluar sus posibles efectos tóxicos sobre la biota y sentar las bases para futuras medidas de protección contra estos contaminantes emergentes en una zona de reserva marina.

Río Negro

Las microfibras plásticas son el tipo de microplástico más abundante en los ambientes naturales [61] e inconfundibles en cuanto a su reconocimiento visual entre otras microestructuras naturales del entorno, dada su gran relación longitud/radio y torsión tridimensional [62]. Con frecuencia, a lo largo del planeta, se han identificado en primer lugar a estas partículas para luego continuar con un análisis más exhaustivo de la problemática. Estudios preliminares en la cuenca baja del RN, demuestran la ocurrencia y distribución de microfibras en el agua superficial de cinco puntos en la desembocadura del RN. La mayor concentración de estas partículas se encontró en la localidad de El Cóndor (1,63 partículas/m³) mientras que la más baja se evidenció propiamente en la desembocadura (0,71 partículas/m³). Las microfibras plásticas más abundantes fueron de 1-2 mm y el color más prevalente fue el negro [63]. Estos resultados preliminares demuestran el impacto de la basura plástica en la cuenca baja del RN y la necesidad de seguir profundizando en estas investigaciones para mejorar el manejo de los residuos de plástico y sus derivados en esta cuenca.

CONCLUSIONES. Vulnerabilidades y oportunidades para la Provincia de Buenos Aires

Frente a la amenaza de los desechos plásticos en el ambiente, la provincia de Buenos Aires enfrenta una serie de oportunidades y al mismo tiempo vulnerabilidades en su estructura y constitución urbano/ambiental. La mitigación, por ejemplo mediante la prohibición de artículos de plástico de un solo uso, el tratamiento avanzado y adecuado de aguas residuales y el control de las emisiones domésticas para eliminar los microplásticos, son (y serán) hitos que ayudan a reducir la contaminación plástica, al mismo tiempo que visibilizan y pueden tener un efecto concientizador; sin embargo, es necesario remarcar que estas acciones por sí solas son insuficientes para reducir la producción de plásticos, así como el flujos de sus desechos hacia los océanos

Sin duda, las modificaciones de las zonas ribereñas (desmontes, rellenos sanitarios o land-fills y nuevas urbanizaciones no reguladas) favorecen los procesos de acumulación de los contaminantes, incluyendo los desechos plásticos. En este sentido, para la Provincia de Buenos Aires se halla una correspondencia entre el deterioro del hábitat costero y la concentración de desechos plásticos incluyendo microplásticos.

Los puertos y pesquerías pueden ser una fuente de introducción directa de plásticos al océano: cajones, líneas, redes, bolsas, films y otros desechos propios de la faena pueden ser introducidos directamente al mar. En este sentido, la provincia posee una riqueza en pesquerías que requiere el establecimiento de planes de concientización (buenas prácticas) y difusión masiva, así como de reciclado de productos pesqueros obsoletos (principalmente redes y cajones) incluyendo embarcaciones.

Los resultados relevados sobre el Área Marina Protegida “El Rincón” demuestran la urgente necesidad de seguir realizando investigaciones para dilucidar los mecanismos de ingreso de MPs hacia dicha zona, revisando y actualizando sus medidas de manejo desde esta óptica (acceso a pesca, acceso de turismo, etc.). Además, se plantea la necesidad de explorar la definición de nuevas áreas de reserva costera y Áreas Marinas Protegidas a fin de preservarlas -con adecuadas medidas de manejo- del avance de los procesos degradatorios por introducción de partículas plásticas.

Se hará necesario el establecimiento de procesos participativos (estado-ciencia-sociedad-empresas) en orden a establecer censos, mapas temáticos de desechos, establecimiento de áreas en peligro, etc. a partir de iniciativas en torno a la cuantificación y mitigación de fuentes. Este proceso será aplicable tanto a costas marinas, playas como a los principales cursos fluviales (Río de La Plata, Luján, Matanza Riachuelo, Río Negro) los cuales ya demuestran cantidades significativas de microplásticos en sus aguas y desembocaduras.

REFERENCIAS

- [1] GESAMP, *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment*, 2015, pp 98.
- [2] K. Pozo, W. Urbina, V. Gómez, M. Torres, D. Nuñez, P. Přibyllová & Y. Guida, *Mar. Poll. Bull.* **151**, 110786 (2020).
- [3] O. H. Fred-Ahmadu, G. Bhagwat, I. Oluyoye, N. U. Benson, O. O. Ayejuyo & T. Palanisami, *Sci. Total Environ.*, **706**, 135978 (2020).
- [4] S. J. Chen, Y. J. Ma, J. Wang, D. Chen, X. J. Luo & B. X. Mai, *ES&T*, **43**, 4200 (2009).
- [5] M. Rani, W. J. Shim, G. M. Han, M. Jang, N. A. Al-Odaini, Y. K. Song & S. H. Hong, *AECT*, **69**, 352 (2015).

- [6] R. E. Dodson, L. J. Perovich, A. Covaci, N. Van den Eede, A. C. Ionas, A. C., Dirtu & R. A. Rudel, *ES&T*, **46**, 13056 (2012)
- [7] F. Gallo, C. Fossi, R. Weber, D. Santillo, J. Sousa, I. Ingram & D. Romano, *Environ. Sci. Eur.*, **30**, 13 (2018).
- [8] X. Guo, & J. Wang, *Mar. Poll. Bull.*, **149**, 110511(2019).
- [9] F. Wang, M. Zhang, W. Sha, Y. Wang, H. Hao, Y. Dou & Y. Li, *Molecules*, **25**, 1827 (2020).
- [10] J. C. Prata, J. P. da Costa, I. Lopes, I., A. C. Duarte & T. Rocha-Santos, *Sci. Total Environ.*, **702**, 134455 (2020).
- [11] F. Yu, C. Yang, Z. Zhu, X. Bai & J. Ma, *Sci. Total Environ*, **694**, 133643 (2020).
- [12] A. A. Koelmans, N. H. M. Nor, E. Hermesen, M. Kooi, S. M. Mintenig, & J. De France, *Water Res.*, **155**, 410 (2019).
- [13] L. Lebreton, M. Egger & B. Slat, *Sci. Rep*, **9**, 1 (2019).
- [14] J. R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, & K. L. Law, *Science*, **347**, 768 (2015).
- [15] L. Lebreton, A. & Andrady. *Palgrave Commun*, **5**, 1(2019).
- [16] UNEP, *Waste Management Outlook for Latin America and the Caribbean*, 2018.
- [17] G. Kutralam-Muniasamy, F. Pérez-Guevara, I. Elizalde-Martínez & V. C. Shruti, *Environ. Pollut.*, **267**, 115463 (2020).
- [18] D. Klingelhöfer, M. Braun, D. Quarcoo, D. Brüggmann & D. A. Groneberg, D.A., *Water Res.*, **170**, 115358 (2020).
- [19] J. Boucher & D. Friot. *Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources*, Gland, Switzerland: IUCN, 2017, pp. 2017-002.
- [20] L. C. Lebreton, J. Van Der Zwet, J. W. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady & J. Reisser. *Nat. Commun*, **8**, 15611 (2017).
- [21] FREPLATA, *Análisis Diagnóstico Transfronterizo del Río de la Plata y su Frente Marítimo*. Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats. Montevideo, Uruguay, 2005.
- [22] C. M. Urien, *Geol. Soc.*, **133**, 213 (1972).
- [23] H. Mianzan, C. Lasta, E. Acha, R. Guerrero, G. Macchi & C. Bremec, The Río de la Plata Estuary, Argentina-Uruguay, en *Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, U. Seeliger & B. Kjerfve (Eds), Vol 144. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001.

- [24] E. M. Acha, H. W. Mianzan, O. Iribarne, D. A. Gagliardini, C. Lasta & P. Daleo, *Mar. Pollut. Bull.*, **46**, 197 (2003).
- [25] N. Gómez & J. Cocherro, *Ecol. Austral.*, **23**, 18 (2013).
- [26] R. S. Pazos, D. E. Bauer & N. Gómez, *Environ. Pollut.*, **243**, 134 (2018).
- [27] E. Adlercreutz, E., *Descripción del Cinturón Hortícola de Mar del Plata*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Oficina de Información Técnica Mar del Plata, 2020.
- [28] Derraik, J.G.B., *Mar. Pollut. Bull.*, **44**, 842 (2002).
- [29] J. Q. Jiang, *Sustain. Prod. Consum.*, **13**, 16 (2018).
- [30] C. M. Rochman, *Science*, **360**, 28 (2018).
- [31] D. E. Pérez & G. M. E. Perillo, *Lat. Am. J.*, **9**, 189 (2002).
- [32] M. P. Torrero, & A. M. Campo, *Revista geográfica*, 95 (2010).
- [33] L. Calvo-Marcilese & P. Pratolongo, *Rev. Esp. Micropaleontol.*, **41**, 315(2009).
- [34] G. M. E. Perillo, M. C. Piccolo, E. Parodi, & R. H. Freije. The Bahía Blanca Estuary, Argentina. In Coastal marine ecosystems of Latin America. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001, pp. 205-217.
- [35] V. Falabella, C. Campagna & S. Krapovickas. *Faros del Mar Patagónico: Áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad marina*. Resumen ejecutivo. - 1a ed. - Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina; Wildlife Conservation Society Argentina – WCS (2013).
- [36] M. Pérez & C. Ruarte (2013). *MAFIS*, **22**, 59 (2013).
- [37] T. de Jesus Piñon-Colin, R. Rodriguez-Jimenez, M. A. Pastrana-Corral, E. Rogel-Hernandez & F. T. Wakida, *Mar. Pollut. Bull.*, **131**, 63 (2018).
- [38] J. L. Valicenti (2001). *Cuenca del río Neuquén. Análisis de fenómeno Precipitación-Esorrentía*. Secretaría de planificación y desarrollo Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC).
- [39] N. Migueles, M. Abrameto, P. Macchi & P. Solimano. *Informe del estado ambiental del Río Negro*. Universidad Nacional del Río Negro (2019).
- [40] R. S. Pazos, J. C. Suárez & N. Gómez, *Ecosistemas*, en prensa.
- [41] R. S. Pazos, T. Maiztegui, D. C. Colautti, A. H. Paracampo & N. Gómez, *Mar. Pollut. Bull.*, **122**, 85 (2017).
- [42] R. S. Pazos, F. Spaccesi & N. Gómez, *Reg. Stud. Mar. Sci.*, **38**, 101360 (2020).

- [43] S. Kühn, E. L. Bravo Rebolledo & J. A. van Franeker, *Deleterious effects of litter on marine life*. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*, first ed. Springer International Publishing, New York, 2015, pp. 75–116.
- [44] L. Roman, B. D. Hardesty, M. A. Hindell & C. Wilcox, *Sci. Rep.*, **9**, 3202 (2019).
- [45] P. Denuncio, R. Bastida, M. Dassis, G. Giardino, M. Gerpe & D. Rodríguez, *Mar. Pollut. Bull.*, **62**, 1836 (2011).
- [46] J. P. S. Pon & M. E. Becherucci, *Waste Manag.*, **32**, 343 (2012).
- [47] M. E. Becherucci & Pon J. P. S., *Waste Manag.*, **34**, 1351 (2014).
- [48] P. Denuncio & R. Bastida, *Waste Manag.*, **34**, 837 (2014).
- [49] M. E. Becherucci, A. F. Rosenthal & Pon J. P. S., *Mar. Pollut. Bull.*, **119**, 299 (2017).
- [50] C. Rumbold, G. O. García & J. P. S. Pon, 2020. *Mar. Pollut. Bull.*, **154**, 111103 (2020).
- [51] D. K. A. Barnes, F. Galgani, R. C. Thompson & M. Barlaz, *PTRBAE*, **364**, 1985 (2009).
- [52] F. I. Isla & M. C. Villar. *Ambiente costero. Pacto Ecológico*. Universidad Nacional de Mar del Plata - Senado de la Provincia de Buenos Aires (1992).
- [53] A. H. Arias, A. C. Ronda, A. L. Oliva & J. E. Marcovecchio, J. E. *BECT*, **102**, 750 (2019).
- [54] A. C. Ronda, A. H. Arias, A. L. Oliva & J. E. Marcovecchio, *Mar. Pollut. Bull.*, **149**, 110618 (2019).
- [55] M. Claessens, S. De Meester, L. Van Landuyt, K. De Clerck & C. R. Janssen, *Mar. Poll. Bull.*, **62**, 2199-2204.
- [56] G. Alvarez, M. Peryra. *Detección y monitoreo de microplásticos en sedimentos costeros de marsimas de la costa norte del Estuario de Bahía Blanca*. En prensa.
- [57] A. F. López, D. M. Truchet, G. N. Rimondino, L. Maisano, C. V. Spetter, N. S. Buzzi & M. F. Severini, *Sci. Total Environ.*, **754**, 142413 (2020).
- [58] D. M. Villagran, D. M. Truchet; N. S. Buzzi, A. D. F. Lopez & M. F. Severini. *Mar. Pollut. Bull.*, **150**, 110686 (2020).
- [59] S. Sadekarpawar & P. Parikh, *J. Zool.*, **8**, 110 (2013).
- [60] D. Lobelle & M. Cunliffe, *Mar. Pollut. Bull.*, **62**, 197-200 (2011).
- [61] M. A. Browne, P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway & R. Thompson, *ES&T*, **45**, 9175 (2011).

- [62] A. L. Lusher, M. Mchugh & R. C. Thompson, *Mar. Pollut. Bull.*, **67**, 94 (2013).
- [63] A. L. Oliva, A. C. Ronda, M. C. Menéndez, A. H. Arias, V. Perillo & M. C. Picollo, *Libro de Resúmenes, XVIII Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar - COLACMAR*, 2019 pp. 646.

Páginas web

<http://pimdq.com.ar/#!/bienvenido/>, acceso 23/10/2020

<https://puertomardelplata.net/>, acceso 23/10/2020

<https://www.mardelplata.gob.ar/Contenido/cooperativa-cura>, acceso 23/10/20

<https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-CensoProvincia-999-999-06-056-2010>

LOS PLASTICOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. TIPOS Y CANTIDADES EN LAS ESTADÍSTICAS DE CEAMSE

*Alejandro Cittadino *; Carlos Fontan;
Marcela De Luca y Marcelo Rosso.*

Coordinación Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires Sociedad del Estado (CEAMSE).
acittadino@ceamse.gov.ar

Resumen

CEAMSE es una empresa creada por los estados de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se encarga del tratamiento y disposición final de residuos sólidos brindando servicio a una población aproximada de 17.827.106 habitantes. Desde 1991 realiza la caracterización de los residuos sólidos de CABA distinguiendo 7 tipos de plásticos: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS y otros. El porcentaje en peso total de plásticos varió entre el 10,5 y 21,14%, 92.800,4 y 180.872,01 tn/año respectivamente. El tipo más abundante siempre fue el PEBD representado principalmente por bolsas descartables. Las variaciones observadas en los porcentajes de plásticos estarían asociadas a las oscilaciones de la macroeconomía del país, no obstante, es difícil observar patrones inequívocos, sobre todo por tratarse de un fenómeno multicausal. En AMBA y Nación se observan resultados similares, pero con porcentajes un poco menores a los de CABA. Para proyectar cuantos plásticos se desechan, se debería considerar entre el 10 y 20 % en peso de los residuos. En el complejo Ambiental Norte III existen 12 plantas de separación de residuos que desde 2006 recuperaron 66.536 tn de plásticos. Desde 2012 funciona además una planta de tratamiento mecánico biológico que procesa residuos provenientes de CABA sin separación en origen. Los porcentajes de recuperación de plásticos en los primeros años de operación rondaban alrededor del 6% del total de los mismos, sin embargo, estos porcentajes fueron disminuyendo conforme la ciudad fue adoptando políticas de recuperación y recolección diferenciada que no arriban a CEAMSE.

Palabras claves: CEAMSE, residuos sólidos urbanos, tipos de plásticos, reciclaje.

Abstract

Plastics in Urban Solid Waste – Types and Quantities in CEAMSE Statistics – CEAMSE is a company created by the states of the Buenos Aires Province and the Autonomous City of Buenos Aires. It is responsible for the treatment and final disposal of solid waste, serving a population of approximately 17,827,106 inhabitants. Since 1991 it has carried out the

characterization of CABA's solid waste, distinguishing 7 types of plastics: PET, HDPE, PVC, LDPB, PP, PS and others. The percentage by total weight of plastics varied between 10.5 and 21.14% (*i.e.*: 92,800.4 and 180,872.01 tons/year respectively). The most abundant type was always the LDPE, represented mainly by disposable bags. The variations observed in plastic proportion could be associated with the fluctuations of the country's macroeconomy, however, it is difficult to observe unequivocal patterns, especially since it is a multi-causal phenomenon. Similar results are observed in AMBA and Nationwide, but with slightly lower percentages than in CABA. To project how many plastics are discarded, it should be considered between 10 and 20% by weight of the waste. In the Norte III Environmental complex there are 12 waste separation plants that have recovered 66,536 tons of plastics since 2006. Since 2012, a mechanical biological treatment plant has also been operating processing waste from CABA not separated at source. Plastic recycling in the first years of operation were around 6%, however, these percentages decreased as the city adopted recovery policies and differentiated collection that do not arrive at CEAMSE.

Keywords: CEAMSE, solid urban waste, plastics types, recycling.

INTRODUCCIÓN

La Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), es una empresa interjurisdiccional creada en 1977 por los estados de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Su objeto principal fue planificar, proyectar y ejecutar por sí o mediante contratación de terceros la disposición final de los residuos sólidos urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). En la actualidad brinda servicio a una población aproximada de 17.827.106 habitantes, lo que representa el 39,3% de la población según las proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos al año 2020 [1]. Su área de influencia incluye 50 Municipios de la Provincia de Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y por encomienda del Municipio de General Pueyrredón opera el relleno sanitario de Mar del Plata que recibe además residuos provenientes del municipio de Mar Chiquita [2,3].

Según datos consolidados del año 2019, CEAMSE recibió en promedio 20.405 tn/día de residuos sólidos para su tratamiento y disposición final. La gestión de estos residuos la realiza a través tres Complejos Ambientales propios, cinco Estaciones de Transferencia, dos plantas de Tratamiento Mecánico biológicas, una Planta de Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso (convenio con la firma Regomax SA), una Planta de Compostaje y asiste a doce Plantas de Separación de Residuos operadas por organizaciones no gubernamentales.

Cada Complejo Ambiental, así como las Estaciones de Transferencia, cuenta con una o más plantas de tratamiento de líquido lixiviado. Por otra parte, el biogás que se genera en los módulos de disposición final es captado por plantas de

desgasificación, contando en la actualidad con cuatro plantas de generación de energía eléctrica a partir de dicho biogás (Convenios con Industrias J. F. Secco S.A. y Central Buen Ayre).

En términos de manejo de residuos sólidos urbanos, en la Argentina la responsabilidad recae en los Municipios. Lamentablemente, salvo algunas pocas excepciones no hay bases sistematizadas y estadísticas de las distintas etapas de la gestión.

Existen distintas estimaciones de la generación de residuos per cápita para la Argentina [4, 5]. Considerando un promedio de generación de 1,03 kg/habitante/día se estimó que se generarían entre 40.490 y 55.668 ton/día de RSU [4]. Por otra parte, considerando una generación per cápita de 1,14 kg/habitante/día se estimó una generación total de 47.500 ton/día. De acuerdo con datos del programa ENGIRSU [6] el 46% de estos residuos son manejados por CEAMSE.

En base a los registros de la cantidad de residuos recibidos en CEAMSE y las caracterizaciones físicas realizadas sobre los mismos, se realizarán estimaciones de la cantidad total de plásticos y de sus diferentes tipos, haciendo foco principal en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

1. Los plásticos y su caracterización en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA).

Como se mencionó anteriormente, salvo excepciones, no existen bases estadísticas sistematizadas de las distintas etapas de la gestión de residuos, ni de las características de los mismos.

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se realizó en 1972 uno de los primeros estudios de caracterización de residuos hechos en forma sistemática. En esa oportunidad se contó con el apoyo técnico y logístico del Instituto de Ingeniería Sanitaria perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) [7].

En dicha caracterización se consideró el atributo “plástico - caucho - cuero” en conjunto, representando estos aproximadamente el 2 % en peso del total de los residuos (específicamente 1,96% de 553.275 ton/año de residuos sólidos domiciliarios). Sin embargo, en sus conclusiones advertían la necesidad de considerar a los plásticos por separado ya que estimaban tenía una mayor participación en el valor total del atributo y experimentaba una más rápida evolución.

Diecinueve años después (1991), CEAMSE a través de un convenio establecido con la misma casa de estudios, determinaba que el atributo plástico representaba el 14,4% de los residuos sólidos domiciliarios [8]. Este aumento se atribuyó principalmente a la mayor existencia de embalajes plásticos comparados con la determinación de 1972, además destacaban el aumento en volumen dado que

estos tenían menor peso individual respecto a los utilizados (latas de metal, botellas de vidrios entre otros).

La caracterización de los residuos sólidos de CABA continuó realizándose en el Instituto de Ingeniería de la UBA con CEAMSE y la Ciudad de Buenos Aires en los años 2001, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2015, 2018 y 2019 [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Desde 2001 se discriminaron, salvo excepciones, siete tipos diferentes de plásticos, tomando como base la identificación propuesta por el Código Internacional de identificación de los Plásticos de SPI (Society of the Plastics Industry - EEUU), distinguiéndose:

- 1- PET - Polietileno Tereftalato
- 2- PEAD - Polietileno de Alta Densidad
- 3- PVC - Policloruro de Vinilo
- 4- PEBD - Polietileno de Baja Densidad
- 5- PP - Polipropileno
- 6- PS - Poliestireno
- 7- Otros - ABS, acrílico, Poliuretánica

Las caracterizaciones se realizaron conforme a lo establecido en las Normas ASTM 5231 [19] y Norma ASTM E 5057 [20] para el muestreo de los RSU, adoptando un muestreo doblemente estratificado (según uso del suelo y nivel socioeconómico), y multietápico, resumido en la Fig. 1.



Fig. 1. Esquema de muestreo para la caracterización de los RSU de CABA. Fuente: Instituto de Ingeniería Sanitaria - FIUBA.

1.1. Porcentaje total de plásticos en los residuos domiciliarios de CABA

Los residuos que la Ciudad de Buenos Aires envía a CEAMSE, entran en la categoría de residuos sólidos urbanos (RSU) estos incluyen los residuos domiciliarios más aquellos provenientes de otras actividades como el barrido y limpieza de calles, parques y paseos, de edificios públicos, educacionales y de administración, de operativos especiales de limpieza (eventos, actos deportivos, manifestaciones, etc), de operativos estacionales de poda, limpieza de sumideros, etc.

Las caracterizaciones citadas, se realizan principalmente sobre los residuos domiciliarios, por lo cual en adelante nos referiremos solo a esta porción de los RSU, que para los años correspondientes a las determinaciones representaban entre un 43,1% y un 60,1% de estos últimos, Fig. 2.

Para los años considerados en las caracterizaciones de los residuos domiciliarios de CABA, el porcentaje en peso de plásticos varió entre un mínimo de 10,5 % en el año 2008 y un máximo de 21,14 % en el año 2007 (Fig. 3). Considerando estos porcentajes se estimaron las toneladas que representarían respecto de total de residuos domiciliarios recibidos en CEAMSE, las mismas variaron entre un mínimo de 92.800,4 tn/año y un máximo de 180.872,01 tn/año para los años 2008 y 2007 respectivamente, Fig. 3.

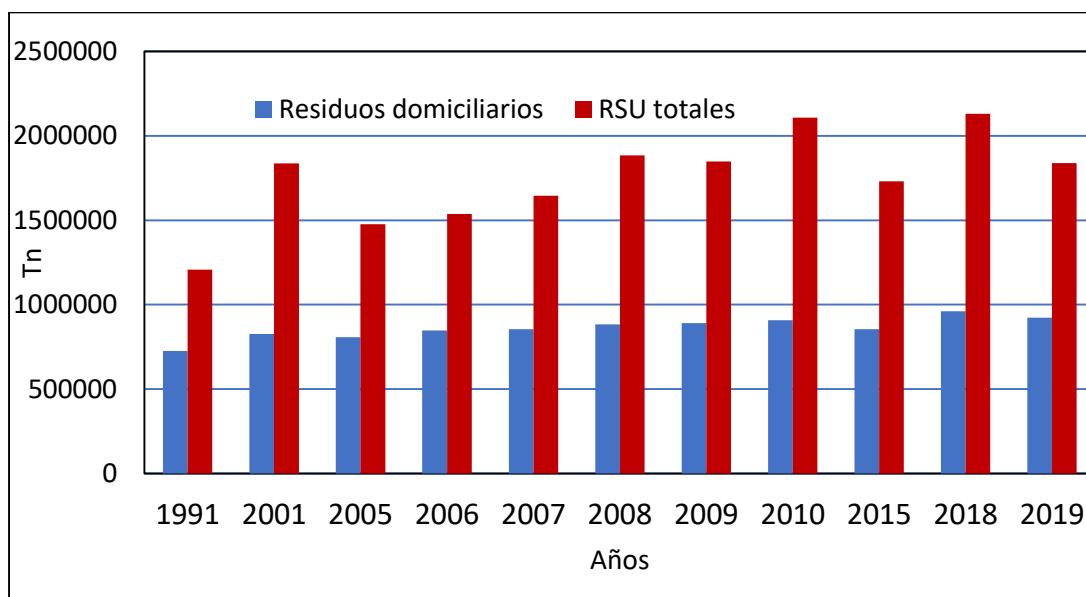


Fig.2. Toneladas de RSU recibidas de CABA en CEAMSE y toneladas de residuos domiciliarios que forman parte de estos.

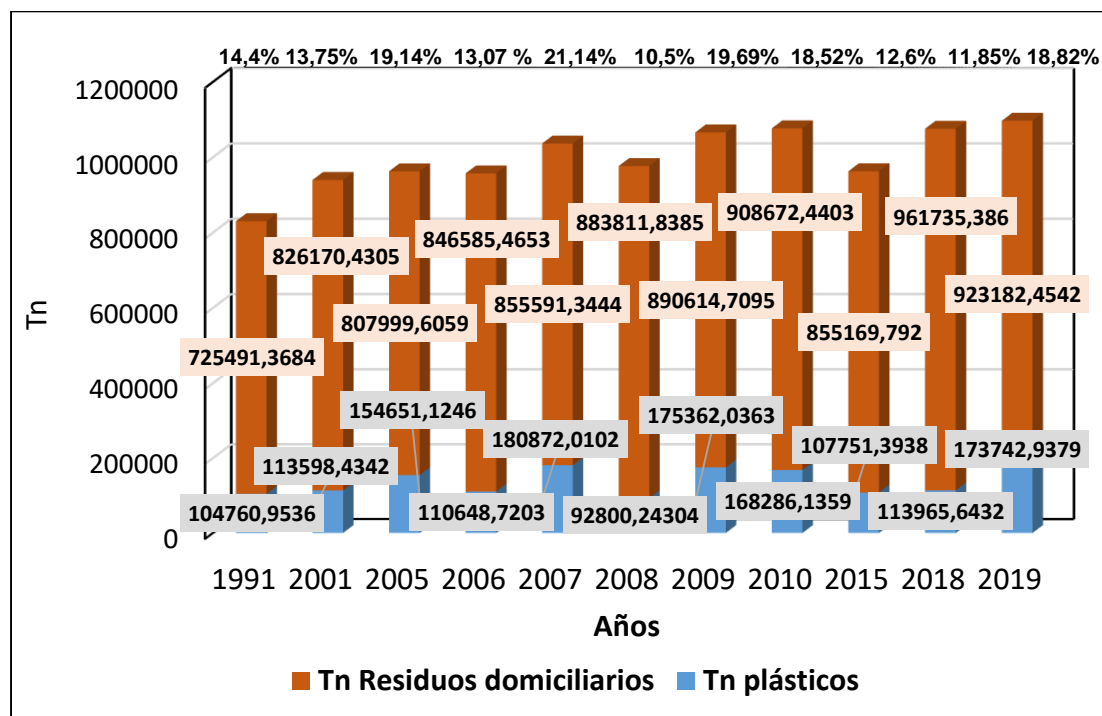


Fig. 3. Toneladas de residuos domiciliarios y toneladas estimadas de plásticos en CABA en función del porcentaje obtenido en las caracterizaciones de los residuos que figuran encima de las barras.

De acuerdo con un informe del Ministerio de Hacienda [21] la producción de plásticos se ha mantenido relativamente estable en los últimos 10 años, con oscilaciones vinculadas al desempeño macroeconómico. Además, establecen que el consumo per cápita se ubica en torno a los 40 kg/habitante/año. Si se considera las toneladas de plásticos estimadas para los últimos 10 años, Fig. 3, se puede observar un comportamiento similar. Por otra parte, si se estima la cantidad de plástico consumida por los habitantes de CABA a partir de multiplicar el consumo de plástico per cápita señalado por la cantidad de población, las estimaciones realizadas se ubican en el mismo orden que las calculadas, Fig. 3.

1.2. Porcentaje de los diferentes tipos de plásticos determinados en las caracterizaciones de CABA

El Polietileno Tereftalato (PET) junto con el polietileno de baja densidad (PEDB) representan en promedio cerca del 60% de los tipos de plásticos caracterizados en los residuos domiciliarios.

El PEDB es el tipo de plástico más hallado en los residuos sólidos domiciliarios, lo que coincide con los mayores porcentajes de consumo aparente calculados por la Cámara Argentina de la Industria del Plástico de los últimos años [22]. Con excepción de los años 2001 y 2008 representó más del 40 % del total de los plásticos caracterizados, Fig. 4a.

Si bien el PBDB es usado para la fabricación de múltiples envases su uso mayoritario está representado por las bolsas descartables confeccionadas por este material, lo que justifica su gran presencia en los residuos domiciliarios. Por esta causa, y para tratar de minimizar su cantidad, en CABA a través de la Resolución 341/16 modificada por la Resolución número 29/2018, se dispuso que a partir del 1° de enero de 2017 los supermercados, hipermercados y autoservicios de alimentos y bebidas de la Ciudad de Buenos Aires deberán dejar de entregar bolsas plásticas livianas descartables, no biodegradables. Esta Resolución se enmarca en la Ley 3147, sancionada en 2009 por la Legislatura Porteña. En el texto se ordena la reducción progresiva, hasta el cese final, de la entrega de bolsas no biodegradables. A su vez, esta ley se relaciona con el objetivo de la Ley 1854 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (conocida como Basura Cero) que apunta a minimizar la generación de residuos.

A pesar de las restricciones de los últimos años en el uso de bolsas de un solo uso y las campañas para usar bolsas reutilizables, el polietileno de baja densidad sigue siendo uno de los puntos a enfocar en políticas de reducción de residuos plásticos más aun teniendo en cuenta las dificultades de su reciclaje y las consecuencias ambientales negativas que produce, especialmente por su mal manejo que impide su correcta disposición final.

El PET en el año 2001 representaba el 20 % de los plásticos caracterizados en los residuos de la ciudad, en los años siguiente, excepto 2018, el porcentaje varió entre el 10 y 15 % aproximadamente, Fig. 4b. Esta disminución podría estar relacionada con el surgimiento de los recuperados urbanos que comenzaron a separar este material cuyo reciclaje se valorizó, aunque algunos sectores relacionados con la industria del plástico lo atribuyen a que se volvieron a utilizar botellas de vidrio retornables por la crisis económica en la producción en esos años [23]

El PVC, representó el menor porcentaje en la caracterización de los residuos, no obstante, parece tener un comportamiento diferente previo y con posterioridad al año 2008, Fig. 4c. Este hecho muy probablemente se deba a las restricciones que se fueron adoptando en el Código Alimentario Argentino en su Capítulo IV, por ejemplo, en la Resolución Conjunta 202/2008 y 568/2008, por lo que su uso para envases alimenticios merma pasando a formar parte casi exclusivamente de los denominados “usos permanentes” como marcos de ventanas, puertas, carpintería plástica, etc.

El PP y PS en general parecen mostrar un comportamiento similar con oscilaciones que alcanzan un máximo en el año 2008 para descender en los años siguientes, en tanto que el PEAD, luego del descenso mostrado con posterioridad al año 2001, parece mantenerse con un leve ascenso en los últimos años, Fig. 4e, 4f y 4d respectivamente.

Las oscilaciones observadas en los diferentes tipos de plásticos, al igual que para el total de estos, como se mencionó anteriormente, estarían asociadas a las oscilaciones de la macroeconomía del país, crisis del 2001, crisis del 2008, no

obstante, es difícil observar patrones inequívocos, sobre todo al no contar con la serie temporal completa, dado que la influencia es multifactorial, mercado interno, hábitos de consumo, regulaciones, estacionalidad, etc.

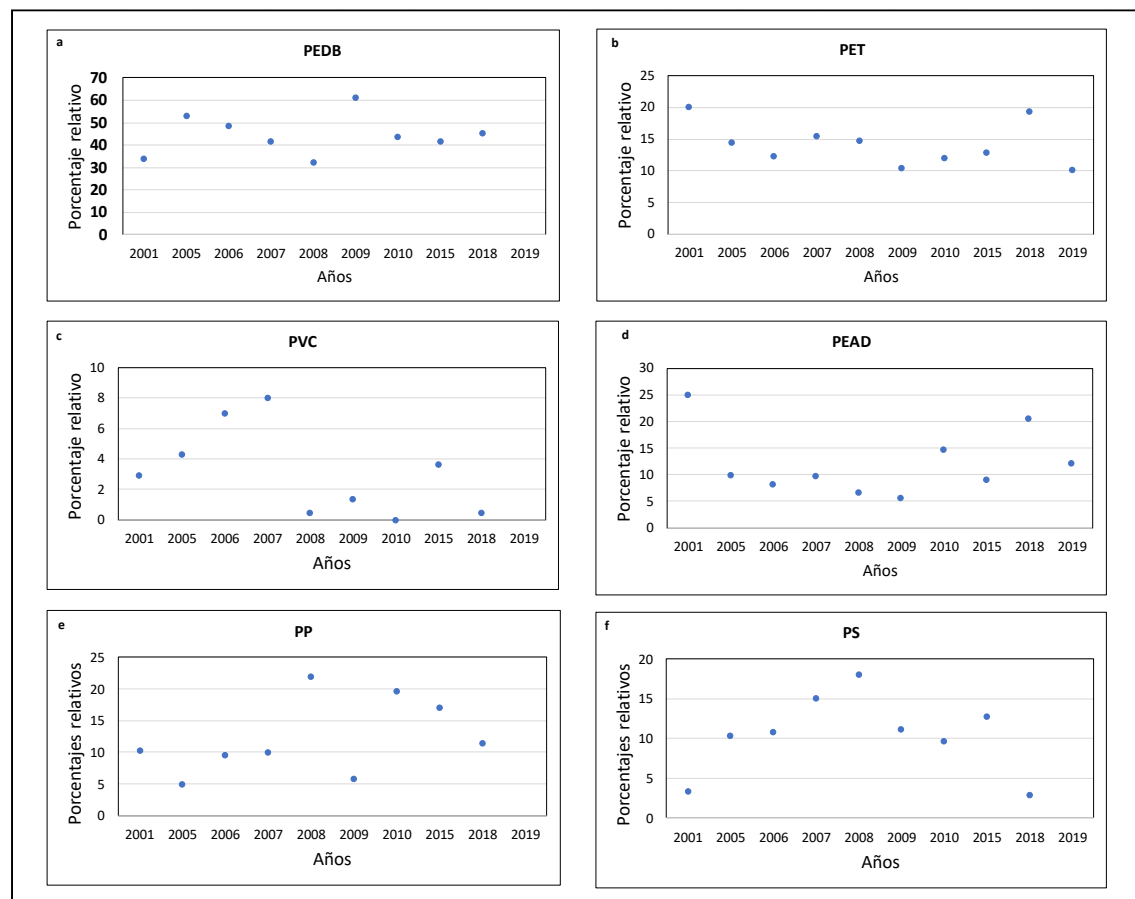


Fig. 4. Porcentajes relativos de los diferentes tipos de plásticos en CABA. PET: Polietileno Tereftalato- PEAD: Polietileno de Alta Densidad - PVC: Policloruro de Vinilo - PEDB: Polietileno de Baja Densidad - PP: Polipropileno - PS: Poliestireno

1.3. Caracterización de Tipos de Plásticos en CABA, AMBA y NACIÓN

A finales de 2010 principios de 2011, CEAMSE y la FIUBA realizaron no solo la determinación de las características de los residuos sólidos domiciliarios de CABA, sino que además extendieron el análisis al AMBA [15]. A nivel Nacional, lo más cercano a estas determinaciones fue realizada en el año 2012 utilizando técnicas similares [24].

En los resultados del AMBA están incluidos aquellos de CABA, así como en los resultados de Nación están incluidos aquellos del AMBA. A fin de eliminar el peso en las determinaciones se consideraron además los resultados solo de municipios de la Provincia de Buenos pertenecientes al AMBA (22 Municipios según

datos extraídos de FIUBA [15]) y a nivel Nación las determinaciones de 28 localidades que incluyen ciudades, provincias, así como áreas metropolitanas excluida el AMBA, según datos extraídos de ARS [24], Tabla 1.

En estos resultados puntuales parece existir un orden en el porcentaje de plásticos, de mayor a menor: CABA - AMBA – Nación (18,52 %, 15,22% y 14,59% respectivamente, Tabla 1). Cuando se excluyen CABA y AMBA en las determinaciones, los resultados de AMBA y Nación se acercan (14,4 % y 14,09% respectivamente, Tabla 1).

Tabla 1 – Porcentaje relativo de cada tipo de plástico calculados a partir del porcentaje total obtenido en cada jurisdicción según datos extraídos de FIUBA [15] y ARS [24].

	CABA	AMBA	AMBA (sin considerar CABA)	NACION	NACION (sin considerar AMBA)
PET (1)	12,0	13,1	14,33	15,6	19,67
PEAD(2)	14,6	13,3	10,96	12,1	10,08
PVC (3)	0,0	2,2	4,5	3,9	7,94
PEBD 4)	43,7	41,4	41,68	39,5	36,00
PP (5)	19,6	18,7	15,89	17,1	13,23
PS (6)	9,7	10,2	11,31	9,9	9,27
Otros(7)	0,4	1,2	1,33	1,9	3,8
% de plásticos en los residuos	18,52	15,22	14,4	14,59	14,09

Al igual que lo expresado para CABA la mayor representación de los tipos de plásticos corresponde al polietileno de baja densidad y la menor al PVC, Tabla 1. Los puntos porcentuales de diferencia, sobre todo con CABA parecen adecuarse a lo esperado en función de las características socioeconómicas, CABA posee el mayor producto bruto interno del país, y patrones de usos del suelo predominantes de las

diferentes localidades, que son factores que impactan sobre el consumo y el posterior descarte de los plásticos.

A la hora de proyectar cuantos plásticos se desechan a nivel de AMBA y de Nación, considerando la cantidad de información disponible, quizás lo más prudente sea construir un intervalo donde los plásticos representen entre el 10 y el 20 %, con media en un 15 % en peso de los residuos sólidos domiciliarios. Estudios de calidad realizados en el año 2015 a nivel nacional nuevamente ubican el porcentaje total de plásticos en este orden, 14,61 % [25].

2. Plásticos y Reciclado en CEAMSE

A partir del año 2006 CEAMSE comenzó a colaborar con diversas asociaciones civiles construyendo en el Complejo Ambiental Norte III las denominadas “Plantas de Separación Sociales”, operadas y administradas por dichas asociaciones bajo su supervisión.

CEAMSE envía residuos a estas plantas para su procesamiento y retira el rechazo para su disposición final. La capacidad de las plantas fue variando en el tiempo, actualmente se procesan en total, considerando las 12 plantas existentes, entre 10.000 y 15.000 tn/mes (valores del año 2019). Las plantas separan plásticos, papel, cartón, vidrio, metales y otros materiales, su nivel de separación por materiales se ve afectada por los valores relativos del mercado. De 2006 a 2019 se reciclaron en total 66.536 tn de plásticos, el PET representó el 18,3% de los mismos.

A partir del año 2012 comienza a operar en CEAMSE la primera planta de Tratamiento Mecánico Biológico del país en el Complejo Ambiental Norte III. Esta planta, separa la fracción húmeda de la seca para sus distintos aprovechamientos, procesa entre 1.000 y 1.350 tn/día de residuos provenientes exclusivamente de CABA. Como parte del tratamiento mecánico de la fracción seca se separan los plásticos y se contabilizan la cantidad total y la cantidad de PET, Tabla 2.

Los porcentajes más altos de recuperación de plásticos se obtuvieron entre 2012 y 2014 para luego comenzar a disminuir, Tabla 2. Vale la pena recalcar que la planta TMB recibe residuos de la Ciudad sin previa separación en origen lo que atenta en los rendimientos de recuperación, sobre todo por la mala calidad del material que puede separarse, dado que se trata de material sucio. Por otra parte, la disminución que empezó a observarse a partir del 2014 en los porcentajes muy probablemente este asociado a las políticas progresivas de separación y circuitos de recolección diferenciada que fue adoptando la Ciudad los cuales no llegan a CEAMSE.

Tabla 2. Toneladas de residuos ingresadas a la planta de tratamiento mecánico biológica (TMB) del C.A. Norte III. a: toneladas estimadas de plásticos en base al promedio de 15,8 % calculado para CABA. b: Toneladas estimadas de PET en base al promedio de 14,7 % calculado para CABA. Toneladas totales de plásticos recuperados y de PET, constituyen registros efectivos de planta y porcentajes de reciclaje calculado a partir de los mismos.

Año	Toneladas de residuos Ingresadas a TMB	Toneladas de plásticos^a	Toneladas de PET^b	Toneladas totales de plásticos recuperados	Toneladas de PET recuperados	Porcentaje de reciclaje de plástico	Porcentaje de reciclaje de PET
2012	18.944,60	2.993,25	440,01	183,1	38,9	6,1	8,8
2013	255.260,26	40.331,12	5.928,67	2002,5	299,7	5,0	5,1
2014	263.620,22	41.651,99	6.122,84	2.623,5	309,6	6,3	5,1
2015	331.972,52	52.451,66	7.710,39	1068,1	162,6	2,0	2,1
2016	348.398,92	55.047,03	8.091,91	338,2	21,4	0,6	0,3
2017	389.648,84	61.564,52	9.049,98	268,6	19,8	0,4	0,2
2018	373.111,85	58.951,67	8.665,90	133,0	8,4	0,2	0,1
2019	388.664,12	61.408,93	9.027,11	119,2	35,5	0,2	0,4

En función de los resultados descriptos, la planta TMB comenzó una reingeniería en los últimos tres años, produciendo con la fracción no reciclable, combustible derivado de residuos (CDR), que es utilizado como una alternativa a los combustibles fósiles, por ejemplo, en plantas cementeras, logrando de esta forma la valorización energética de los RSU.

CONCLUSIONES

Los plásticos en la Ciudad de Buenos Aires representan entre el 10 y 20 % de los residuos domiciliarios y muy probablemente estos porcentajes puedan extrapolarse al resto de las regiones del país. El tipo de plástico más abundante en las caracterizaciones siempre fue el polietileno de baja densidad representado principalmente por bolsas descartables, dado las dificultades de su reciclaje y las consecuencias ambientales negativas que ocasiona se debe continuar en hacer foco en políticas efectivas para su reducción.

La experiencia demuestra la importancia de separar los plásticos en origen, es decir antes de que los mismos ingresen a la corriente general de residuos, dado que una vez en ella, su separación es más onerosa, ineficiente y el producto es de mucho menor calidad, necesitándose más energía para su recuperación.

REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INDEC).
<https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel3-Tema-2-24>. 2020.
- [2] Coordinación Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires. CEAMSE.
<https://www.ceamse.gov.ar/>. 2020
- [3] C. Fontán. Gestión de los Residuos en el Area Metropolitana de Buenos Aires, en Los Residuos que Generamos. Su manejo sustentable, un gran desafío. Perez, T (ed). Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires, Serie N° 14. 2019. Pp: 6-24.
- [4] A. Cittadino & A. Sabino. Overview of Developing Countries, in *Municipal Solid Waste Energy Conversion in Developing Countries*. Teixeira Coelho, S. (ed.) Elsevier. 2019 Pp: 9-62.
- [5] M. De Luca, N. Giorgi, M. Rosso. Estudio de Estrategia y Factibilidad de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos - República Argentina, en *Construir 2030 – Pensar el Futuro 2020-2029*. 2019. Cámara Argentina de la Construcción (ed). Pp: 115 a 124
- [6] ENGIRSU. Estrategia Nacional Para La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos: Mapas Críticos Gestión de Residuos. República Argentina, Ministerio de Salud y Ambiente, Secretaría (ed). 2016.
- [7] N. Levy & L. Jauregui. Estudio Sobre la Calidad de la Basura de la Ciudad de Buenos Aires. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. 1972.
- [8] A. Larghi, M. De Luca, A. Sarubi & M. Ronnow. Estudio Sobre la Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. 1991.
- [9] M. De Luca, M. Guaresti & A. Pescuma. Estudio de Calidad y Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. 2001.
- [10] M. De Luca & M. Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires – Verano 2005-2006”. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2006
- [11] M. De Luca & M. Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires – Invierno 2006. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2006
- [12] M. De Luca & M. Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires – Otoño 2007. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2007
- [13] M. De Luca & M. Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires – Primavera 2008. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2008
- [14] N. Giogi & M. Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires – Primavera 2009. Instituto de Ingeniería Sanitaria,

- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2009
- [15] N. Giorgi & M. Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires – Verano 2010/2011. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2011
- [16] N. Giorgi & M. Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires –. Invierno 2015. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2015
- [17] L. Amdan, M. De Luca & M., Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires –. Verano 2017/2018. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2018
- [18] L. Amdan, M. De Luca & M., Rosso. Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires –. Primavera 2019. Instituto de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. 2019
- [19] ASTM 5231. Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Wastes” ASTM 5231-92.
- [20] ASTM 5057 “Standard Test Method for Screening Apparent Specific Gravity and Bulk Density of Waste” ASTM E 5057-90/96.
- [21] Informes de Cadena de Valor. Petroquímica – Plástica. Ministerio de Hacienda de la República Argentina. Año 4, Nro. 10. 2019.
- [22] Anuario Estadístico de la Industria Plástica. Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP). 2017.
- [23] Plastivida. Envases Descartables de PET vs Retornables de Vidrio, Aspectos Ambientales, Sanitarios y Económicos. Boletín Nro. 19. 2007.
- [24] ARS. Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. República Argentina, Diagnóstico de la GIRSU. Asociación Argentina para el Estudio de los Residuos Sólidos (ARS), Buenos Aires, Argentina. 2012.
- [25] M. De Luca, N. Giorgi & M. Lungo. Estudio de estrategia y factibilidad de la gestión de residuos sólidos urbanos (rsu) para la República Argentina. Cámara Argentina de la Construcción – Área de Pensamiento Estratégico. Pensar en Futuro 2016-2025. Pp 115-124. 2015.

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: jmorgemar@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), alquilfenoles 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 pelícanos, 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].

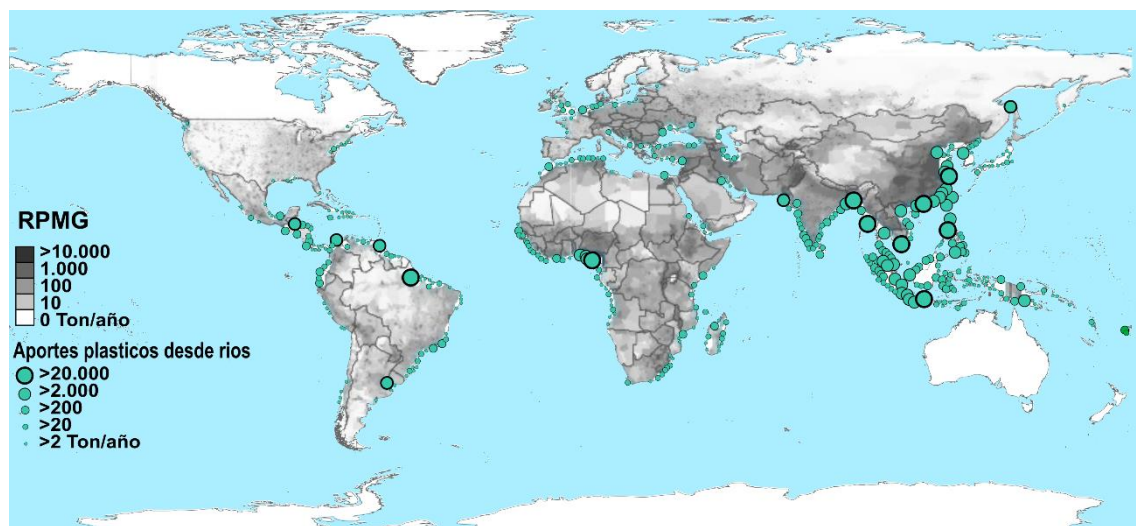


Figura 1. Masa de plástico que fluye hacia los océanos a través de los ríos (en toneladas por año) (adaptado de Lebreton *et al.*, 2017 -[21]-)

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)

PERSPECTIVA EMPRESARIAL EN LA PRODUCCION Y SUSTENTABILIDAD DE PLASTICOS

Roberto Sánchez.^{1} Rolando García Valverde^{2**}*

¹Instituto Argentino del Envase.

²Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIPYP)

[*medioambiente@envase.org](mailto:medioambiente@envase.org)

[**rgarciavalverde@ciqyp.org.ar](mailto:rgarciavalverde@ciqyp.org.ar)

Resumen

Los plásticos han avanzado mucho debido a sus cualidades y a las tecnologías capaces de adaptarlos, procesarlos y transformarlos para satisfacer las necesidades más diversas. Su producción ha aumentado en forma exponencial durante las últimas décadas, y los residuos plásticos constituyen un serio problema ambiental en la actualidad.

Un análisis sistémico y basado en datos, sobre el uso de los plásticos y su relación con otros temas clave permitirá comprender mejor la naturaleza del problema y la efectividad de las alternativas hacia una posible solución. La responsabilidad extendida del productor, el rol del Estado, la gestión de los residuos, el ecodiseño, la economía circular, plásticos biodegradables y consumo responsable son caminos concurrentes hacia los cambios necesarios.

Este capítulo ofrece la perspectiva desde la industria productora y/o transformadora de los principales polímeros plásticos: una corresponde a la producción de envases plásticos y la otra a la Cámara que nuclea la mayoría de las empresas productoras y/o transformadoras de materiales plásticos.

Palabras clave: envases plásticos, responsabilidad empresarial, gestión

Abstract

Plastic Waste. Perspectives from the Plastics Industry: towards a responsible answer. Plastics have made a great progress due to their qualities and the technologies capable of adapting, processing and transforming them to satisfy various needs. Plastics production has increased exponentially over the last decades, and the plastic waste constitutes now a serious environmental problem.

A systemic analysis based on data regarding the use of plastic and how it is related to other subjects is needed to understand the nature of the problem and the efficiency of other alternatives that might solve it. The extended producer responsibility, the role of the State, the disposal of waste, the eco-design, biodegradable plastic and responsible consumption, are concurrent

roads towards a solution. This chapter offers two perspectives from the industry: the first one from the production of plastic packaging; and the other from the Chamber of the Chemical and Plastic Industry (CIQYP) to which the great majority of the companies involved in the production and/or transformation of plastic materials are associated.

Keywords: plastic packaging; extended producer responsibility; waste management

INTRODUCCION

La Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, (ANCEFN), al encarar la publicación de esta obra dedicada a la concientización del tremendo problema que en se han transformado los residuos plásticos, se propuso abarcar los múltiples aspectos involucrados en el tema, presentando enfoques de los diversos actores de la actividad académica, institucional, de gestión gubernamental y/o privada, ONGs, etc .

Conociendo la responsabilidad mostrada por las empresas productoras de plásticos a nivel mundial, y en la seguridad de que la industria local también ha asumido un serio compromiso con la sustentabilidad y protección ambiental, se quiso ofrecer un espacio para que las empresas líderes productoras y/o transformadoras puedan expresarse. Varias empresas aceptaron gustosas la invitación a participar, pero los tiempos que demandan las autorizaciones y otros requerimientos, hacen que no haya sido posible esperar para tener su contribución original.

No obstante, hemos podido recoger inquietudes y sugerencias para ofrecer enfoques transversales de sectores involucrados en la industria de los principales polímeros plásticos. En este capítulo, se presentan dos Secciones elaboradas por los respectivos autores en forma individual. La Sección 1 está dedicada a la industria del envase, de capital importancia en el tema de residuos, especialmente en lo que respecta a envases de un solo uso. La Sección 2 constituye un documento de posición de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQyP), institución que nuclea a la gran mayoría de las empresas productoras y/o transformadoras de la industria plástica.

1. La Industria del Envase, los plásticos y el impacto ambiental¹

La industria del envase ha crecido notablemente desde su nacimiento, acompañando el desarrollo económico global y aportando enormes beneficios a la calidad de vida de las personas. Los envases, incluidos los de material plástico, prestan un gran servicio, pero los residuos plásticos se han transformado en un serio

¹ Autor: Roberto Sánchez (Contenido de toda esta Sección reducido y editado por NSN)

problema, contaminando y amenazando la vida en el planeta, y las industrias están evolucionado para brindar nuevas soluciones.

En la antigüedad, los envases solo contenían productos (Tal es el caso de las bolsas de tela para granos o las vasijas de barro para contener agua). Pero fue a partir del 1800, que en Francia se comenzaron a usar los envases para cerrar herméticamente los alimentos y luego someterlos a temperaturas altas con el fin de esterilizarlos. Esto permitió mantenerlos en buenas condiciones durante mucho tiempo. Nació así la función de conservación que brindan los envases, y su uso generalizado para un sinnúmero de aplicaciones.

1.2 Funciones del envase. Actualmente los envases permiten el transporte y el almacenamiento bajo condiciones controladas, protegen los productos de la contaminación y evitan su degradación natural debida a una innumerable cantidad de factores tales como la acción de los microorganismos, el oxígeno, la humedad, la luz solar, el polvo, etc. Los envases extienden la vida útil de los productos, los hacen más atractivos, facilitan su uso, brindan información importante y especialmente, aseguran que nadie ha entrado en contacto con el contenido desde que fueron puestos en el mercado. Ponen a resguardo productos destinados al consumidor tales como alimentos, bebidas, medicamentos, cosmética y cuidado personal, productos de limpieza, electrónicos, electrodomésticos y artículos del hogar, etc. Esto, sin contar los productos intermedios destinados a un sinnúmero de actividades tales como materias primas, productos agrícolas, producción industrial y de construcción, infraestructura, transporte, productos peligrosos, etc.

La forma de vida moderna, especialmente en las grandes ciudades, no podría imaginarse tal cómo es en la actualidad sin el servicio que prestan los envases. Es posible adquirir hoy frutas tropicales, pasta italiana, jamón español, queso danés, dátiles egipcios, especias de la India, whisky escoces, perfume francés, relojería suiza, electrónica japonesa, herramientas alemanas, manufacturas chinas, etc. por citar solo algunos ejemplos de la enorme variedad de productos que son transportados a lo largo de miles de km, y conservados durante meses para llegar al consumidor en óptimas condiciones, gracias al grado de desarrollo tecnológico que ha alcanzado la industria del envase. En una economía promedio, la industria del envase significa entre el 1 y el 1,5% del PBI de un país.

A todas las funciones que prestan los envases se agrega una más: La función ambiental. En este contexto, una parte de la sociedad se ha puesto en alerta y ha empezado a exigir cambios a quienes considera "Actores Clave", especialmente a las autoridades, y a las empresas. Así, el envase y su industria, incluidos los plásticos son interpelados por los líderes de opinión, autoridades y consumidores en general, para dar cuenta de su comportamiento ambiental. El ciudadano medio está en contacto permanente con envases de todo tipo, y entiende que eso significa una amenaza para el planeta, por lo que ha empezado a reclamar que se ponga fin a lo que considera "un exceso de envases".

1.3 El avance de los plásticos.

Los plásticos han avanzado de forma exponencial con respecto a otros materiales a partir de la segunda guerra mundial. No solo la industria del packaging recurre a los plásticos; La construcción, la medicina, la industria automotriz, la indumentaria, la tecnología aeroespacial, las comunicaciones, la agricultura y la nanotecnología entre otras, optan por los plásticos por varias razones: Son livianos, resistentes, durables, versátiles, atractivos, fáciles de transformar y en consecuencia, económicos. Por ello suelen ser elegidos al momento de resolver los desafíos que presentan el diseño y la fabricación de productos.

1.4 Tecnologías de transformación. Las tecnologías se han desarrollado notablemente, permitiendo innumerables aplicaciones a partir de algunos procedimientos de base. Así, mediante la *extrusión* pueden lograrse láminas muy finas para usos diversos tales como conservar alimentos, fabricar pañales descartables o revestir y proteger superficies. Esta tecnología permite fabricar además películas gruesas y de gran resistencia como silobolsas para almacenar granos, laminas aislantes para bases de hormigón o geomembranas para rellenos sanitarios y minería. La tecnología de extrusión se aplica también para fabricar caños de desagües, transporte de gas o conductos de fibra óptica, perfiles para fabricación de cielorrasos y fibras para la industria textil.

La *inyección* permite fabricar los más diversos tipos y tamaños de piezas ya sea a alta velocidad para alcanzar bajos costos, o en altos estándares de calidad para aplicaciones especiales. Esto significa la posibilidad de producir diversos objetos tales como artículos de escritura, piezas para la industria automovilística, gabinetes de productos electrodomésticos o válvulas intracardiacas, etc

El *soplado* en moldes brinda la posibilidad de producir objetos huecos de todo tipo tales como juguetes, balizas náuticas, botellones para agua mineral, etc. El *espumado* a través de la inyección de gases o la evaporación de componentes agregados, permite su uso en películas para aislación térmica, bloques para construcción o cascos para uso deportivo.

La utilización de moldes rotativos llamada *rotomoldeo*, permite fabricar piezas de gran tamaño con un bajo costo de matricería, lo que resulta ideal para pocas unidades. Tal es el caso de tanques de gran tamaño, bateas anti-derrame e incluso pequeñas embarcaciones. Una tecnología desarrollada recientemente se agrega a esta lista, a partir de la evolución de los programas de diseño y las herramientas de control digital: se trata de las *impresiones 3D*. La combinación de estas herramientas con la capacidad termoplástica de los polímeros, permite producir piezas únicas sin la necesidad de fabricar matrices previamente.

A su vez, las tecnologías descritas suelen combinarse entre sí: La inyección se combina con el soplado para fabricar botellas de alta calidad a bajo costo. La extrusión de películas combinada con el termoformado permite fabricar bandejas para contener alimentos en condiciones de atmosfera modificada. El espumado combinado con el uso de moldes o con extrusión plana permite obtener piezas para protección antishock o laminas para aislación térmica. La extrusión de fibras

plásticas combinada con el hilado y el tejido permite obtener sogas, redes, y telas entre otras, ya sean puras o combinadas con otros materiales para usos diversos como izaje, pesca, textiles, placas de construcción, etc.

Además, la combinación de diferentes estructuras moleculares básicas entre sí, o la integración de algunos plásticos con otros materiales ha permitido obtener características específicas para cada caso, o generar subtipos y dar origen a nuevas familias de materiales. Por ejemplo, diferentes tipos de polímeros que se combinan en una misma masa generando los llamados *copolímeros*, o el poliestireno combinado con caucho para darles mayor elasticidad y generar así un subtipo de material conocido como poliestireno alto impacto.

A esto se suma la aplicación de *pigmentos y aditivos* que permiten adaptar la producción el comportamiento, la apariencia, y consecuentemente, el uso de estos materiales, teniendo en cuenta los más mínimos requerimientos. Por ejemplo, el PVC aditivado soporta muy bien la intemperie para aplicaciones rígidas o flexibles, lo que permite usarlo para fabricar cables de electricidad, perfiles para aberturas, lonas y películas transparentes para toldos o telas para objetos inflables.

Pero las características básicas comunes de estos materiales, que en otro contexto resultarían positivas, de pronto se han vuelto una amenaza: los plásticos son livianos y por eso vuelan por todas partes, o flotan para ser arrastrados por los desagües, los cursos de agua y luego, las corrientes marinas.

Son resistentes, por lo cual pueden usarse en películas muy finas, cosa que los hace económicos y en consecuencia, masivos. Son muy durables, por lo que una vez descartados, a menudo se hacen cálculos sobre el tiempo que permanecerá en el medio ambiente.

A pesar del servicio que brindan los plásticos a favor de la calidad de vida de las personas, la contaminación a causa de los residuos plásticos se ha transformado en un tema muy sensible, que recién se está enfrentando. Por un lado, estos materiales están tan difundidos que parece imposible prescindir de ellos a corto plazo; pero el problema de los residuos es grave, y son muy manifiestas las consecuencias de su impacto ambiental

1.5 Un análisis basado en datos

Resulta clave analizar el tema de manera objetiva para tener chances reales de modificar el panorama actual, y proponer una buena estrategia para mitigar el impacto ambiental de los residuos plásticos. Saber cuál es exactamente el problema, cuál es su real magnitud, cuáles son las soluciones que realmente funcionan, puede resultar una obviedad para muchas disciplinas, pero no lo es actualmente en lo que hace a la cuestión ambiental.

Es fácil observar qué muchas propuestas de solución sugeridas actualmente para atender estos temas, no resuelven el problema de fondo dado que carecen de consistencia; en algunos casos incluso, pueden generar más perjuicios que beneficios. Por ejemplo, probablemente la iniciativa de los "supermercados sin envases", resulte atractiva para muchas personas preocupadas por este tema y a

priori, pueda parecer una solución. Renunciando al uso de envases (plásticos y de los otros), evitaremos algunos residuos; pero un análisis más profundo probablemente lleve a una conclusión diferente de la que surge a simple vista. Los métodos más adecuados para evaluar las cuestiones relativas al impacto ambiental, se basan en el denominado Análisis de Ciclo de Vida, que permite alcanzar conclusiones más robustas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), plantea que anualmente se desperdician en el mundo 1,3 billones de toneladas de alimentos, el equivalente a un tercio de los alimentos destinados a consumo humano. A causa de esto viene trabajando en el proyecto Save Food: Iniciativa Mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos [1] Según los informes técnicos de esta iniciativa, una buena parte de estas pérdidas se deben a defectos o a falta de acondicionamiento y envasado de los alimentos para preservarlos, transportarlos y entregarlos al consumidor.

El Informe publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, sobre la Perspectiva Regional de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe [2], muestra que la fracción de residuos plásticos representa el 12% del total de los residuos en los países de Latinoamérica con ingresos altos, el 11% para el caso de estos países con ingresos medio-altos, el 8% en los países de ingresos medio-bajos y el 7% del total en el caso de países de Latinoamérica con ingresos bajos. Mientras tanto, la fracción orgánica del total de residuos varía entre un 36% para los países con mayores ingresos y un 75% para los de ingresos más bajos.

The Consumer Goods Forum, a través del Protocolo Global sobre la Sustentabilidad del Packaging [3] indica que, dados los atributos que los envases (y en su caso los plásticos asociados) aportan a los productos, el análisis ciclo de vida debe hacerse sobre el sistema packaging-producto en su conjunto. En este sentido, el uso de envases adecuados muchas veces implica evitar el desperdicio de productos más impactantes desde el punto de vista ambiental. Un estudio de impacto ambiental, sobre sistemas de alimentos cárnicos, lácteos y vegetales envasados para su preservación, demuestra que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) correspondientes a los envases son siempre inferiores al 12%, mientras que el 88 % restante corresponde a las emisiones de los alimentos consumidos y desperdiciados [4].

También es útil analizar cómo se distribuye en Estados Unidos, el impacto ambiental en una cadena de producción, procesamiento y consumo de leche. Según un estudio publicado en el 2010 por el US Dairy Innovation Center, sobre el consumo de leche fluida refrigerada y envasada en bidones de un galón fabricados con polietileno de alta densidad PEAD [5], el total de emisiones de GEI se distribuye de la siguiente manera: 4,9% de las emisiones corresponden al consumidor, 6,5% al comercio minorista, 7,7% al transporte de la leche, 3,5% al packaging, 5,7% al procesamiento, 51,5% a la producción de leche y 20,3% a la producción de alimentos para el ganado. Finalmente, según R Geyer et al [6] el 35,9 % de los plásticos producidos a nivel global se destina a la fabricación de envases, seguidos por 16% a

la construcción, 14, 5% destinado a textiles, 10,3% artículos del hogar 6,6% transporte y 4,4 % electricidad.

1.6 Diferentes caminos hacia una solución

1.6.1 Las Empresas y la Responsabilidad Extendida del Productor REP.

Una figura que ha ayudado a resolver o reducir el impacto ambiental es la llamada Responsabilidad Extendida del Productor, REP; que pone en las empresas productoras, la responsabilidad de hacerse cargo de ciertos residuos, una vez que sus productos hayan terminado su ciclo de vida. Según este criterio, las empresas que ponen determinados productos en el mercado, deben hacer aportes y gestionar circuitos para que los residuos tengan una disposición final responsable. Este sistema ha dado buenos resultados en los países del norte de Europa y se sigue aplicando hoy después de más de veinticinco años de su implementación. Las empresas financian y gestionan una parte de la recolección, y el Estado complementa esta responsabilidad a través de la gestión municipal. También es preciso el control del cumplimiento de las metas en igualdad de condiciones para todos los envasadores responsables. Países de Latinoamérica han incorporado estos principios en su legislación y se encaminan a implementarlos, poniendo a punto las reglamentaciones específicas.

Algunas cuestiones clave para el funcionamiento de estos sistemas son la administración de los fondos asignados, el porcentaje de residuos recuperado en relación la cantidad de materiales puestos en el mercado, la fijación de metas progresivas y el control de cumplimiento por parte de los demás actores responsables de la cadena. En este caso, los circuitos de distribución minorista, y los gobiernos municipales juegan también un rol clave en cuanto a logística inversa y a la recolección diferenciada de los materiales.

1.6.2. Ecodiseño

Este criterio implica en términos generales contemplar la cuestión ambiental al momento de desarrollar, fabricar, transportar y consumir productos, procurando disminuir al máximo su impacto en términos de recursos naturales requeridos, energía necesaria, emisiones de dióxido de carbono equivalentes, reaprovechamiento de los materiales y residuos resultantes, en función del servicio que prestan. Se estima que en el momento del diseño se define en promedio 80% del impacto ambiental que tendrá ese sistema packaging-producto a lo largo de su vigencia en el mercado.

Con relación a los residuos, resultar clave todo lo relacionado a la reciclabilidad. Elegir materiales que pueden separarse para ser recuperados fácilmente, asegurarse que estén siempre identificados con el símbolo de reciclado correspondiente y procurar las estructuras mono material, cuyo reciclado produce materias primas de mayor calidad. Estos criterios no solo permiten disminuir la generación de residuos del primer ciclo de vida del material, sino también ahorrar materias primas, energía y emisiones en el ciclo siguiente. Muchas veces estos

aspectos se asocian virtuosamente con la eficiencia y el ahorro de costos, por lo que las empresas vienen trabajando en estos temas desde hace tiempo.

1.6.3. Los Plásticos Biodegradables

Una línea de trabajo para el problema de residuos plásticos es la de usar materiales biodegradables o compostables. Cabe aclarar que estos materiales se basan en un concepto diferente al de los plásticos obtenidos en base a materias primas de origen vegetal (también llamados plásticos biobasados o bioplásticos), nacidos con el objetivo de desacoplar su fabricación de la extracción de hidrocarburos. La idea de los plásticos biodegradables o compostables, implica utilizar materiales que una vez usados, sean capaces de descomponerse para transformarse en nutrientes que vuelven a integrarse a la tierra positivamente. Tal es el caso del ácido poliláctico PLA y de los polihidroxialcanoatos (PHA), y algunos suponen que se podría seguir consumiendo y descartando grandes cantidades de plásticos.

Sin embargo, la realidad es bastante diferente. En primer lugar, casi la mitad de los plásticos biobasados no son biodegradables. Que se obtengan biológicamente no significa necesariamente que se descompondrán en la naturaleza de forma natural. Tal es caso del PET surgido de fuentes vegetales.

La segunda cuestión es que se entiende por biodegradable o compostable. La mayoría de los consumidores puede suponer que estos plásticos una vez descartados, se descompondrán espontáneamente para incorporarse a la naturaleza en semanas o meses, al igual que el compost y los residuos vegetales. Pero no es así, el PLA por ejemplo, reconocido comúnmente como biodegradable, requiere de un circuito específico y una compleja instalación de compostaje industrial donde alcanzar las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para que los microorganismos puedan descomponerlo en un tiempo lógico. Si una botella de PLA fuera arrojada al océano tardaría cientos de años en descomponerse.

1.6.4 La Economía Circular

La idea de aprovechar los residuos plásticos para reinsertarlos como materias primas en nuevos circuitos productivos, conservando la mayor parte de su valor intrínseco implica un gran avance frente al modelo lineal de extraer, consumir y descartar. Según Ellen Macarthur Foundation [7], la producción total de plásticos en el año 2013 fue de 78 millones de toneladas. De ese total, 14% fue recolectado para reciclar, 14% fue a incineración o recuperación energética, 40% fue a rellenos sanitarios y 32% fugó de los circuitos de gestión hacia el medio ambiente. A su vez, sobre el 14 % recolectado con el fin de ser reciclado, un 4% resultó en pérdidas de proceso, 8% se recicló con destino a aplicaciones de menor valor y solo 2% cerró el ciclo para un uso de igual o similar calidad (closed-loop recycling).

El PET usado en botellas de bebidas es el material plástico con mayor índice reciclado, pero en este caso se recupera casi la mitad del total producido y sólo un 7% bajo la modalidad Bottle to Bottle. Considerando que sólo se recuperó el 14%, y con una pérdida de valor porcentual total de 64%, puede concluirse que el sistema

lineal resultante tuvo una pérdida de valor total estimado entre U\$S 80 y U\$S 120 billones anuales.

1.6.5. La Gestión de los Residuos

La vida moderna ha producido un crecimiento vertiginoso de los residuos que generamos diariamente. Si tomamos en cuenta los Residuos Sólidos Urbanos solamente (sin incluir los residuos industriales, agrícolas, mineros, etc.) en la Argentina se genera un promedio de 1,15 kg/habitante/día. La gestión de los RSU está regulada por la Ley 25.916 del año 2004. La política sectorial del Gobierno Nacional se define en la Estrategia Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU 2005)

Los principios fundamentales que la rigen son:

1. Preservación la Salud Pública
2. Preservación Ambiental
3. Disminución de la generación de residuos y su disposición, con la aplicación de mecanismos de minimización y valorización
4. Disposición final en forma sostenible

Esta estrategia propone focalizar en la reducción y valorización de los RSU entre otros aspectos, pero la realidad es que todavía no se está logrando. La generación de residuos crece, los índices de reciclado totales de RSU son inferiores al 10% y una gran parte de la sociedad aún no se siente comprometida con estos temas. Para lograr reducir y valorizar los residuos se necesita un cambio de paradigma. Una gestión adecuada comienza con la separación en origen en los hogares y en los grandes generadores. Luego, los municipios deben asegurar una recolección diferenciada y dar un tratamiento adecuado a esos materiales. Al concepto primario de la higiene urbana con frecuencias de recolección diarias de residuos sin diferenciar, debe incorporarse el de la responsabilidad ambiental, “no son solo residuos, son recursos”.

1.6.6 El rol del Estado

El rol del Estado influye de diversas maneras al momento de avanzar hacia soluciones reales. Una de éstas es el de las políticas activas sobre las cadenas de valor de estos materiales para que cada uno pueda hacer mejor su parte. Las empresas productoras, deben financiar y asegurar la gestión de los residuos de productos que pusieron en el mercado, sin que esto se transforme en asistencialismo o nuevos impuestos. Los fabricantes de productos plásticos deben identificar su variedad para poder separarlos y reciclarlos en mejores condiciones. Los ciudadanos y los grandes generadores deben separar las corrientes de residuos en origen. Los recuperadores urbanos deben trabajar en condiciones adecuadas e integrarse al sistema como parte de verdaderas empresas sociales, hacer un trabajo de calidad y recibir una retribución justa.

Otra forma en que el Estado puede influir promoviendo la recuperación de materiales es mediante la implementación de premios y castigos económicos, a favor del uso de materiales reciclados, y desalentando el uso de productos inconvenientes o perjudiciales para el medio ambiente, etc. Pero hay una cuestión que resulta determinante: se trata de la disposición final responsable. Aquí el Estado tiene un doble desafío. Por un lado, evitar que los ciudadanos se deshagan de sus residuos en cualquier parte y de forma inadecuada. Una botella, una lata o una bolsa plástica, tiradas en la playa, en la ciudad o en la montaña, probablemente terminen arrastradas al océano por el agua de las olas, de los desagües pluviales o de los arroyos y ríos. Por otra parte, el Estado tiene una responsabilidad indelegable y una deuda pendiente como actor clave en cuanto a los basurales a cielo abierto. Una buena parte de los residuos plásticos fuga a la naturaleza desde los vertederos y micro basurales arrastrados por el viento, especialmente en lugares de menores ingresos.

1.6.7 Consumo Responsable

En términos generales, este concepto implica comprender que el ciudadano es parte de la ecuación, y tiene una responsabilidad. Interpelar y exigir respuestas a las empresas y al Estado no es suficiente. Es preciso modificar hábitos de vida cotidianos y decisiones de compra teniendo en cuenta la huella ambiental asociada. Evitar el desperdicio de alimentos, apagar las luces cuando no las usamos, cuidar el consumo de agua, viajar en transporte público, comprar bienes durables y repararlos siempre que sea posible son algunos ejemplos de hábitos recomendables. Con respecto a los residuos específicamente, la clave es reducir el consumo innecesario de bienes, reutilizar (en lugar de usar y tirar) y reciclar, eligiendo empresas y productos que tomen en cuenta estos aspectos. Finalmente, es clave la separación en origen de los residuos y la disposición final responsable a través de los circuitos adecuados.

Tanto a nivel individual como corporativo, incluso en las compras públicas se empieza a tener en cuenta este criterio. Algunas licitaciones relativas a compras del Estado están incorporando el criterio de sustentabilidad, por ejemplo, priorizando las ofertas que incluyan material reciclado en la composición de ciertos productos plásticos que demandan municipios, provincias y organismos descentralizados de nivel nacional.

1.7 A modo de conclusiones.

Muchos de los plásticos utilizados hoy son recuperables, existe la posibilidad tecnológica y la necesidad urgente de reciclarlos. Muchas empresas y organizaciones tienen la decisión política de cambiar el estado de cosas, y muchos ciudadanos especialmente los jóvenes, están pidiendo un cambio de tendencia. Es necesario alcanzar masa crítica. Esto significa una cantidad suficiente de ciudadanos y consumidores, de ONGs, empresas y gobernantes que asuman la responsabilidad de producir los cambios. Es preciso que una cantidad suficiente de personas cambie sus hábitos y sus exigencias a nivel individual, para que finalmente cambie la tendencia. Las empresas y gobiernos en general atienden a estos cambios, y modifican sus propuestas si la demanda es lo suficientemente fuerte.

El problema ambiental es gravísimo, y su solución está "distribuida en partículas" en cada ciudadano, en cada ejecutivo, en cada gobernante, en cada habitante del planeta. Es preciso comprender que este problema nos vincula a todos, y está más allá de cuestiones técnicas, dividendos económicos, de conveniencias políticas y de comodidades individuales. La posición relativa de cada uno dejara de importar si el planeta cambia sus condiciones de equilibrio y el ambiente deja de ser habitable para el ser humano. Es imperioso asumir compromisos a nivel individual y de forma colaborativa, para lograr los cambios necesarios.

Sección 2.²

Documento de Posición de la CIQYP. Abordaje de la temática de los plásticos en el medio ambiente del sector químico y petroquímico

La industria química y petroquímica participa activamente en el desafío que presenta la gestión adecuada de los plásticos y sus residuos posconsumo

Los plásticos y sus artículos desempeñan un papel esencial en el alcance de muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Proporcionan numerosos beneficios a la sociedad de manera altamente eficiente, desempeñan un papel vital en el área médica, en el aumento del acceso a alimentos frescos, higiene y saneamiento, comunicación moderna, sistemas de transporte y empleo. Estos beneficios se ponen en peligro si los plásticos y sus residuos no son gestionados adecuadamente. Asimismo, y como hemos visto durante la pandemia COVID-19, los plásticos y sus artículos cumplen un rol fundamental para proteger a los trabajadores médicos, mostrando también oportunidades de mejora en los sistemas de gestión de estos.

Considerando lo antes comentado, la industria sostiene y considera que los plásticos y sus artículos posconsumo no son residuos sino son recursos valorizables que gestionados adecuadamente generará beneficios mayores.

El objetivo de todos los actores involucrados, gobierno, empresa y sociedad será generar una respuesta ambientalmente adecuada. En ese sentido, nuestro sector ha desarrollado una serie de consideraciones sobre el tema que compartimos a continuación.

2.2 La acción mundial sobre el Plástico del sector

Los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil están trabajando activamente para abordar el desafío de los plásticos y sus desechos. Los esfuerzos en curso incluyen la reducción de fuentes, el diseño de estos, los modelos de reutilización y la captura de residuos sólidos urbanos en su origen para lograr un sistema más circular. Muchas veces estos esfuerzos carecen de coordinación y, por lo tanto, no logran la escala necesaria para hacer frente al desafío de prevenir la fuga de residuos plásticos al medio ambiente.

² Autor: Rolando García Valverde (CIQYP)

La resolución UNEP/EA.3/L.20 del UNEA hizo hincapié en la gestión ambientalmente racional de los desechos como la máxima prioridad para reducir la fuga de desechos plásticos en los océanos. Es necesario priorizar y buscar la manera de financiar las inversiones por medio organismos multilaterales de desarrollo, inversores institucionales y otros para lograr un sistema “universal” de gestión de plásticos y sus residuos, ambientalmente racional.

2.3 Estructura de gobernanza

La industria de los polímeros plástico apoya la adopción de una estructura de gobernanza con requisitos transparentes y prescriptivos. Esa estructura de gobernanza debería basarse en la Agenda 2030 y en los ODS; asimismo, establecer vínculos con acuerdos ambientales multilaterales como los Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, respetando al mismo tiempo sus estructuras jurídicas.

Un marco mundial debe tener una visión y objetivos claros, similar al objetivo de la Visión del Océano Azul de Osaka que busca “descarga cero de residuos plásticos” al medio marino para 2050. Dicho marco, debería incentivar nuevas tecnologías para el adecuado diseño de los plásticos y el aumento de la reutilización de materiales mediante el reciclado avanzado. Asimismo, aumentar la capacidad de los gobiernos para hacer frente a la gestión de los RSU y hacer cumplir las prohibiciones de quema a cielo abierto o el vertido de residuos en basurales a cielo abierto permitiendo el crecimiento de un mercado sostenible de materiales procesados y valorizados.

Reforzando los compromisos nacionales para abordar la problemática, la industria, junto a los actores claves como ser gobierno y sociedad deberán elaborar planes que englobe acciones nacionales y regionales para la gestión de los plásticos y sus residuos con indicadores de resultados cumplibles y transparentes considerando infraestructura existente o la por desarrollar.

2.4 Puntos claves

Considerando lo dicho anteriormente, el sector químico y petroquímico considera:

1. Sostener la **NO prohibición de los plásticos**, afectando la actividad económica; trabajemos en adoptar sistemas de gestión racionalmente adecuados para integrarlos a la economía circular.
2. **Promover la integración de los plásticos al modelo de la economía circular.** Son necesarias políticas públicas para poder participar de un nuevo modo de producción y consumo que busca reducir los desperdicios, aprovechar más racionalmente los recursos y cuidar el planeta para que los plásticos sean Recursos, no residuos.
3. Es necesaria una **"Ley de Responsabilidad Extendida al Productor"** para generar un círculo virtuoso de todos los materiales reciclables que incluya separación en origen, recolección diferenciada, reciclado y

generación de nuevos productos generando beneficios para el medioambiente.

4. La implementación de ese cambio requiere el **trabajo conjunto entre el gobierno, sector privado y la sociedad civil**. Las medidas deberán incluir la eliminación de prohibiciones, cualquier barrera regulatoria, impositiva y/o económica y la creación de incentivos y mecanismos financieros para estimular la inversión en el desarrollo del comercio de materiales reciclables/recuperables para aumentar la utilización de productos elaborados con materia prima plástica posconsumo (PCR). Estos incentivos deberán alentar al sector privado, la academia y la sociedad civil a “innovar” y desarrollar formas más eficaces de gestionar los artículos plásticos y sus desechos.
5. Las tecnologías de reciclaje tienen el potencial de ampliar la gama de plásticos capaces de ser reciclados, a la vez que capturan el valor de plásticos no reciclados mecánicamente, que se pueden convertir en materias primas para la producción de productos químicos y combustibles. Combinando tecnologías de reciclaje mecánicas, químicas y otras más avanzadas, las comunidades serán capaces de capturar valor de los materiales recuperados, aumentando la sostenibilidad de los sistemas de gestión y recuperación. Gran parte de la tecnología existe en el mundo y puede adaptarse a las necesidades y condiciones nacionales y regionales.
6. Contemplar la **jerarquía de residuos** adoptando un enfoque sistémico y sostenible para alentar su valorización: reducción racional de fuentes, reutilización, reciclaje y recuperación por medio de la valorización.
7. Los **sistemas de recolección y separación son componentes claves** en la gestión eficaz de los residuos. Para que se evalúen, superen o sustituyan materiales específicos, los planes deben incluir elementos que apliquen el análisis del ciclo de vida del producto y tomar en consideración los beneficios “totales”, como ser las emisiones evitadas (huella de carbono) y/o consumo de H₂O (huella hídrica). Las evaluaciones de alternativas se deben basar en determinaciones de la ciencia para garantizar los resultados medioambientalmente adecuados, evitando los impactos no intencionales para la salud humana y el medio ambiente por decisiones basadas en “suposiciones”.
8. Las medidas de reciclaje deberán incluir el desarrollo, la mejora y el acceso a una eficiente infraestructura de reciclaje. Este enfoque aumenta la **oportunidad de capturar valor de los materiales usados**, lo que ayuda a compensar los costos asociados con la infraestructura de recolección y procesamiento ambientalmente racional.
9. Para ello es necesario **eleva la prioridad de la gestión de residuos** facilitando las colaboraciones en la cadena de valor entre la industria, los gobiernos y la sociedad civil para minimizar la eliminación inadecuada, mejorar la infraestructura de recolección de residuos, mejorar los medios

de los recolectores y permitir un crecimiento sostenible en los mercados de materiales procesados aprovechando los esfuerzos existentes en el marco del Convenio de Basilea.

2.5 La educación ambiental es central para que los plásticos sean responsablemente consumidos, reutilizados, reciclados y recuperados. Son necesarias políticas públicas con planes educativos en las escuelas para que alumnos, docentes y toda la comunidad se concientice que el plástico posconsumo no es un residuo, sino un recurso para la economía circular.

El sector privado se compromete a fomentar la Economía Circular en el tratamiento de los plásticos, mediante el incremento de los productos plásticos que sean retornables, reutilizables y reciclables, la eliminación de aquellos que no puedan ser valorizables y el uso de la innovación científica para lograr que todos los envases plásticos puedan volver a ser utilizados, reciclados o compostados de forma sencilla y segura desde su origen (ecodiseño).

Para ello es necesario un trabajo en conjunto con las autoridades gubernamentales, ONGs y aquellos actores relacionados para generar iniciativas público-privadas por medio de la generación de políticas públicas que alienten la circularidad de los plásticos cuyo liderazgo se encuentre dentro de un marco normativo adecuado.

Ponemos a disposición la plataforma <https://www.movimentocircular.io/> como referencia a nivel regional del aporte de conocimiento abierto que difunde las buenas prácticas de los plásticos.

Las empresas agrupadas en la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CIQyP®), conformadas por empresas grandes, medianas y pequeñas de capital internacional y local (nacionales), con un aporte de más del 4% del PBI, trabajan activamente en acciones propias para una gestión responsable de consumo y el reciclado de materiales plásticos. En ese sentido, las empresas socias están adheridas al Programa de Cuidado Responsable de Medio Ambiente® (PCRMA®), una iniciativa mundial del sector que está presente en más de 62 países de los cinco continentes y su propósito es administrar los riesgos a los que se encuentran expuestos los diferentes actores involucrados en la producción, el manejo, distribución y tratamiento de los productos químicos y sus residuos, buscando la mejora continua y la excelencia en su interacción con el medio ambiente, la salud ocupacional y la seguridad. Todas las prácticas sugeridas consideran aspectos de las normas ISO 14001 y 9001, y la OHSAS 18001 (ISO 45001).

REFERENCIAS

[1] Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Proyecto: “Save Food: Iniciativa Mundial sobre la reducción de la pérdida del desperdicio de alimentos”. Congreso Save Food (2017). Düsseldorf. Alemania.

- [2] Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Perspectiva Regional de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe. (2018).
- [3] The Consumer Goods Forum, “Protocolo Global sobre la Sustentabilidad del Packaging”. (Revisión 2011).
- [4] School of Packaging. Universidad de Michigan, “Evaluación de Impacto Ambiental”. (2018)
- [5] US Dairy Innovation Center. (2010).
- [6] R. Geyer et al., Science Advances. (2017).
- [7] E. MacArthur Foundation. The New Plastic Economy. (2016).

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

*Catalina Asiain y Agustín Harte **

Dirección Nacional de Sustancias y Productos Químicos, Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
harte.agustin@gmail.com

Resumen

El manejo ambiental de los plásticos es un desafío complejo con múltiples aristas que el mundo ha decidido abordar para avanzar hacia un desarrollo sostenible. Son diversos los acuerdos e instrumentos desarrollados a escala global, regional y nacional para abordar esta problemática. El presente capítulo describe los principales acuerdos, instancias de trabajo, programas y herramientas desarrolladas en las distintas escalas para garantizar una gestión ambiental de los plásticos en todo su ciclo de vida. Aún queda mucho camino por recorrer y cada vez los daños se hacen más difíciles de mitigar y revertir. Los lineamientos y herramientas aquí presentadas son una importante línea de base sobre la cual podremos como sociedad conseguir un planeta más sano y libre de contaminación por plásticos.

Palabras clave: ambiente; política ambiental; plásticos, basura marina, residuos

Abstract

Progress and challenges in the global, regional and national agenda for the environmental management of plastic in its whole life cycle, to mitigate the impact of plastic and microplastic waste on the aquatic ecosystems. The environmental sound management of plastics is a complex challenge with multiple issues that the world has decided to address to move towards a sustainable development. There are various agreements and instruments developed on a global, regional and national scale to address this problem. This chapter describes the main agreements, workspaces, programs and tools developed at the different scales to ensure the environmental sound management of plastics throughout their life cycle. There is still a long way to go and every day the damage dealt is becoming more difficult to mitigate and reverse. The guidelines and tools presented here are an important baseline on which we, as a society, can achieve a healthier planet free of plastic pollution.

Key words: environment; environmental policy; plastic; marine litter, waste

INTRODUCCION

Los residuos o detritos marinos incluyen cualquier material sólido de origen antropogénico, manufacturado o procesado, que indistintamente de su tamaño ha sido descartado, eliminado o abandonado en el ambiente; incluyendo todo tipo de material abandonado en el mar, el litoral o arrastrado directamente al mar por ríos, alcantarillados, escorrentías o el viento. Esta definición no sólo se limita a los objetos plásticos; sino que además también incluye otro tipo de materiales como, por ejemplo: textil, metal, vidrio, papel, cartón, materiales de construcción, caucho, materiales peligrosos como el asbesto, municiones y desechos médicos. Aunque se considera una amplia gama de materiales como componentes de los residuos marinos, la mayoría de los objetos encontrados se pueden agrupar principalmente en cuatro tipos de materiales: vidrio, metal, papel/cartón y plástico, siendo este último el más abundante y el que mayor interacción tiene con los organismos marinos.

El plástico está presente como desecho en el ambiente marino como resultado de diversos factores a lo largo de su ciclo de vida. Asimismo, las actividades marítimas tales como la pesca y el transporte contribuyen con la contaminación plástica continua del medio marino. Los océanos son el destino final físico y geográfico de muchas cadenas de producción y consumo de las sociedades modernas. En la actualidad, se sabe que los desechos plásticos se encuentran en todos los mares del mundo, alcanzando todas las latitudes y profundidades. Una de las consecuencias de esta problemática es la contaminación de los ecosistemas costero-marinos y sus interacciones con la biodiversidad. Entre las amenazas a la biodiversidad se encuentran los peligros de enmallamientos con artes de pesca perdidos o abandonados, la ingestión de plásticos por parte de diferentes especies marinas, daños al lecho marino y la introducción de especies exóticas invasoras. Esto constituye una problemática compleja, con implicancias no solo ambientales sino también económicas y sociales a nivel global que requiere ser abordada de manera intersectorial.

Las iniciativas impulsadas a nivel global y regional para trabajar sobre esta problemática están empezando a reducir con éxito la proporción de plásticos en los desechos que ingresan al océano, y a recuperar y restaurar hábitats sensibles. Estos marcos proporcionan buenos ejemplos de lo que se puede lograr con políticas públicas coordinadas de manera intersectorial. La República Argentina no es ajena a esta realidad. Desde diversos ámbitos y a distintas escalas se han desarrollado e impulsado políticas y programas en miras de reducir la cantidad de residuos plásticos que terminan en el ambiente. Si bien las metas planteadas aún están lejanas de cumplirse y el manejo racional de los plásticos en todo su ciclo de vida plantea múltiples desafíos que aún no han podido ser resueltos efectivamente, los esfuerzos de coordinación y los recursos dedicados han sido considerables. El presente texto pretende resumir los principales acuerdos y consensos, obtenidos hasta el momento, el trabajo realizado a escala global y regional y las líneas de trabajo desarrolladas a nivel nacional en miras de un futuro más sustentable.

1. Contexto internacional

Los países del mundo, en el marco de la Organización de las Naciones Unidas, sus diversas organizaciones y otras iniciativas y foros globales, han desarrollado diversas acciones y establecido una serie de lineamientos y metas que resultan fundamentales para el abordaje de la problemática de los residuos plásticos y la basura marina. En las siguientes secciones se describen aquellos instrumentos de mayor relevancia, legalmente vinculantes y voluntarios, que han promovido la cooperación internacional y han guiado a los países al desarrollo de políticas, lineamientos y programas para abordar esta problemática.




1.1 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible


En el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas realizada en septiembre en Nueva York aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En dicho documento se establecieron 17 objetivos y 169 metas que deberán ser alcanzados para dicho año. Esta iniciativa que vincula la sostenibilidad ambiental con la inclusión social y la atención de las necesidades de los más vulnerables entró en vigor en enero de 2016. Los ODS integran las 3 dimensiones del desarrollo sostenible: la económica, la ambiental y la social. Los mismos fueron diseñados para abordar las distintas situaciones de los países con desarrollos y capacidades diferentes, promoviendo el respeto de las políticas y prioridades nacionales.

En el marco del cumplimiento de dicha Agenda, el Estado Argentino inició un trabajo de adaptación de estos objetivos y metas a la realidad nacional. Para ello, en diciembre de 2015 se designó al Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales (CNCPS) para llevar a cabo la implementación nacional de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Con el fin de dar cumplimiento a esta misión, en abril de 2016 se invitó a los ministerios y organismos competentes del Estado a conformar la Comisión Nacional Interinstitucional de Implementación y Seguimiento de los ODS (CNIISO). Esta Comisión inició un proceso de adaptación de las metas priorizadas a través del trabajo organizado en grupos temáticos que dio como resultado la presentación de las metas e indicadores nacionales adaptados durante el año 2019. En junio del 2020, Argentina presentó su Segundo Informe Voluntario Nacional donde se presentan los progresos, estancamientos y retrocesos en la implementación de la Agenda 2030, así como también los desafíos en función del contexto Nacional y de las nuevas prioridades del Gobierno Nacional que buscan alcanzar una sociedad más justa, inclusiva y equitativa, sin pobreza ni hambre y preservando el planeta².

La agenda de los plásticos, sus desechos, los microplásticos y la basura marina se encuentra embebida en diversas metas dentro de los ODS. La tabla 1 muestra el detalle de los objetivos y metas que se relacionan directamente con esta problemática. De la evaluación de esta tabla, se evidencia la necesidad de profundizar el análisis y la internalización de los compromisos asumidos adaptándolos a las condiciones y posibilidades de nuestro país.

Tabla 1. ODS relacionados con la agenda de los plásticos, microplásticos y basura marina: objetivos, metas y su adaptación a nivel nacional de los indicadores.

Objetivos	Metas	Adaptación nacional
 	6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.	Sin adaptación
	11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.	11.6.1. Porcentaje de residuos sólidos urbanos (RSU) con disposición final adecuada con respecto al total de los RSU generados a nivel nacional.
	12.1 Aplicar el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles.	Sin adaptación
	12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.	Sin adaptación
	12.4 De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el ambiente.	Sin adaptación
	12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.	12.5.1. Porcentaje nacional de valorización de residuos sólidos urbanos.

	12.b Lograr un turismo sostenible que cree puestos de trabajo y promueva la cultura y los productos locales.	Sin adaptación
	14.1 De aquí a 2025, prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la polución por nutrientes.	Sin adaptación
	14.2 De aquí a 2020, gestionar y proteger sosteniblemente los ecosistemas marinos y costeros para evitar efectos adversos importantes, incluso fortaleciendo su resiliencia, y adoptar medidas para restaurarlos a fin de restablecer la salud y la productividad de los océanos.	Sin adaptación
	14.7 De aquí a 2030, aumentar los beneficios económicos que los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados obtienen del uso sostenible de los recursos marinos, en particular mediante la gestión sostenible de la pesca, la acuicultura y el turismo.	Sin adaptación
	14.a Aumentar los conocimientos científicos, desarrollar la capacidad de investigación y transferir tecnología marina, a fin de mejorar la salud de los océanos y potenciar la contribución de la biodiversidad marina al desarrollo de los países en desarrollo.	14.a.1. Financiamiento para la promoción de la I+D+i del espacio marítimo y pesquero con relación al presupuesto nacional en Ciencia y Técnica.
	14.c Mejorar la conservación y el uso sostenible de los océanos y sus recursos aplicando el derecho internacional reflejado en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, que constituye el marco jurídico para la conservación y la utilización sostenible de los océanos y sus recursos.	Sin adaptación

1.2 La Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

La Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ANUMA) es el órgano decisor con mayor jerarquía en las temáticas ambientales y aborda los desafíos críticos que enfrenta el mundo. Es uno de los órganos rectores para la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Establece las prioridades ambientales globales y promueve el desarrollo de los programas e iniciativas internacionales pertinentes³. Esta Asamblea se reúne cada dos años y a través de sus resoluciones y llamados a la acción brinda liderazgo y cataliza acciones intergubernamentales sobre el medio ambiente. La toma de decisiones requiere una amplia participación, razón por la cual la Asamblea ofrece una oportunidad para que todas las personas ayuden a diseñar soluciones para la salud de nuestro planeta.

El desafío del abordaje de la temática de la basura marina ha estado en agenda desde su primera conferencia. Se han adoptado diversas decisiones donde los Ministros de Ambiente y representantes de Estado han, entre otras cosas, se han comprometido al 2025 a prevenir y reducir significativamente la contaminación marina de todo tipo, en particular la producida por actividades realizadas en tierra, incluidos los detritos marinos y la polución por nutrientes. En marzo de 2019, tuvo lugar la cuarta y más reciente reunión de la Asamblea, la cual, definió nuevas acciones a través de las resoluciones 4/6 sobre Basura marina y microplásticos marinos⁴ y la resolución 4/9 sobre productos de plástico de un solo uso buscando avanzar en la reducción de la contaminación por plásticos y obtener nuevos consensos sobre los posibles compromisos a ser asumidos por los países [5].

1.3. Los Acuerdos Multilaterales Ambientales y su relación con la agenda de los plásticos y la basura marina.

1.3.1 El Convenio de Basilea sobre el control del movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación

El Convenio de Basilea establece los lineamientos para el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación. Tiene por objetivo proteger la salud humana y el ambiente de los diversos desechos que, de acuerdo a su origen, características y efectos adversos, son calificados como peligrosos. Fue aprobado en Argentina por la ley N° 23.922. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS), a través de la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental, actúa como Autoridad Nacional Designada en el marco del Convenio y el punto oficial de contacto es ejercido por la Dirección de Asuntos Ambientales de la Cancillería.

El Convenio establece dos principales líneas de acción. Por un lado, promover mediante un mecanismo de cooperación el manejo ambientalmente racional de los residuos, incluyendo la armonización de prácticas y estándares, entre los cuales se destacan el desarrollo y la implementación de tecnologías que apunten a reducir la generación de los residuos peligrosos, y la mejora en aquellas existentes para su gestión y disposición final en el marco de su correcta gestión ambiental. Por el otro, establecer un sistema que regule el movimiento transfronterizo de estos residuos, cuando éstos no se traten en el país de origen, estableciendo un sistema de

“consentimiento fundamentado previo” y restringiendo aquellos movimientos que no tengan por objetivo el manejo ambientalmente racional de ellos. En el marco del Convenio, se han desarrollado varias guías técnicas relevantes para el manejo de los residuos plásticos [6-8] y en la última Conferencia de las Partes celebrada durante el 2019, los países decidieron enmendar el Convenio para incluir una nueva entrada en el Anexo II (Y48) correspondiente a ciertos desechos plásticos [9]. Esta enmienda ya es efectiva Argentina y entrará en vigor el 1 de enero de 2021. La enmienda establece un mayor control sobre los movimientos transfronterizos de aquellos desechos plásticos que, aunque no sean clasificados como peligrosos, no estén aptos para su reciclado, no estén debidamente clasificados, estén mezclados con otros residuos o por su constitución, puedan presentar un riesgo para el ambiente y la salud de ser manejados de manera inadecuada.

Asimismo, durante esa misma reunión, se lanzó el Partenariado de Residuos Plásticos (“Plastic Waste Partnership”) con el objetivo de movilizar recursos, intereses y experiencia empresarial, gubernamental, académica y de la sociedad civil para mejorar y promover la gestión ambientalmente racional de los desechos plásticos a nivel mundial, regional y nacional y para prevenir y minimizar su generación [10]. El gobierno argentino junto a otros actores nacionales participa activamente en este partenariado y los resultados y lecciones aprendidas de la primera etapa de trabajo podrán conocerse en la próxima Conferencia de las Partes a celebrarse a mediados del año 2021.

1.3.2 Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes

El Convenio de Estocolmo regula el tratamiento de las sustancias químicas tóxicas que persisten en el ambiente, se bioacumulan en la cadena alimentaria y tienen potencial para transportarse a larga distancia, pudiendo llegar a regiones en las que no se han producido o utilizado. Estos compuestos químicos, que históricamente han sido sintetizados intencionalmente para su uso como plaguicidas o uso industrial son caracterizados como Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs).

Este Acuerdo entró en vigor el 17 de mayo del 2004, siendo aprobado por Argentina mediante la ley N° 26.011, de diciembre de 2004. El MAgDS actúa como Centro Coordinador Nacional en colaboración con la Cancillería que ejerce el rol de punto focal. El Convenio posee un mecanismo de evaluación e inclusión de nuevos productos químicos en el cual un Comité de Evaluación de COPs (POPRC) examina las propuestas hechas por los países y luego de complejas evaluaciones se propone su inclusión para consideración de los Estados Parte. Con respecto a los plásticos, se han incluido en el Convenio diversos productos químicos y familias de compuestos utilizados comúnmente como aditivos en plásticos. Entre ellos, se destacan los retardantes de llamas (sustancias polibromadas) y las parafinas cloradas de cadena corta (PCCCs) [11]. Actualmente, se ha propuesto un nuevo producto químico para su inclusión en el Convenio, el UV-328. Esta sustancia se utiliza como aditivo plástico en numerosas aplicaciones por su propiedad de protección contra la radiación ultravioleta. Esta propuesta será considerada por el POPRC en su próxima reunión.

Para avanzar en el cumplimiento de los objetivos de este Convenio, Argentina presentó su segundo Plan Nacional de Aplicación donde se presenta una actualización de los inventarios nacionales de stocks y emisiones y los lineamientos y actividades programadas para los próximos años [12]. Este Plan se encuentra en proceso de actualización para poder incluir todos los nuevos productos químicos que han sido restringidos recientemente mediante la Resolución 451/2019.

1.3.3 Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques

El Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, (MARPOL) establece provisiones sobre la prevención de la contaminación del medio marino por los buques tanto en su funcionamiento normal como en accidentes. El Convenio MARPOL fue adoptado el 2 de noviembre de 1973 en la sede de la Organización Marítima Internacional (OMI). A su vez, en 1978 se adoptó un Protocolo en respuesta al gran número de accidentes de buques tanque ocurridos entre 1976 y 1977. Habida cuenta de que el Convenio MARPOL de 1973 aún no había entrado en vigor, el Protocolo de 1978 relativo al Convenio MARPOL absorbió al Acuerdo original. El nuevo instrumento entró en vigor el 2 de octubre de 1983. El Anexo V de MARPOL trata de los distintos tipos de basuras y especifica las distancias desde tierra y la manera en que se pueden evacuar; la característica más importante del anexo es la total prohibición impuesta al vertimiento en el mar de toda clase de plásticos. Este anexo se aplica a todos los buques de cualquier tipo, incluyendo desde buques mercantes o plataformas fijas o flotantes hasta buques no comerciales tales como naves o yates de recreo. Finalmente, establece cuestiones tales como el rotulado, el desarrollo de planes de gestión y registro de la basura de los buques y especificaciones técnicas para los incineradores a bordo.

La Prefectura Naval Argentina, que tiene entre sus funciones velar por la seguridad de la navegación y de las personas en las aguas y puertos de Jurisdicción Nacional y entender en las normas que se adopten tendientes a prohibir la contaminación en las aguas fluviales, lacustres y marítimas, por hidrocarburos y otras sustancias nocivas o peligrosas, y verificar su cumplimiento, es la autoridad de aplicación de este Convenio. A su vez, a través de la Ley N° 22.190 se le asignan funciones determinadas para la aplicación del Régimen de Prevención y Vigilancia de la Contaminación de las Aguas u Otros Elementos del Medio Ambiente por Agentes Contaminantes Provenientes de Buques y Artefactos Navales.

1.3.4 La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Protocolo de Kyoto, y el Acuerdo de París

La CMNUCC, adoptada en 1992 y en vigor desde 1994, reconoce la existencia del problema del cambio climático, y establece el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, con el fin de impedir interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Además, indica que ese nivel debe lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. En 1995 la comunidad

internacional inició negociaciones para fortalecer la respuesta mundial a este fenómeno, y dos años más tarde, se firmó el Protocolo de Kyoto, instrumento que, basado en el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, obliga a los países desarrollados que son Parte a cumplir metas de reducción de emisiones. Para alentar el cumplimiento de estas metas, el Protocolo prevé tres mecanismos flexibles: el Comercio de Emisiones, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y el Mecanismo de Aplicación Conjunta (AC). Asimismo, en la 21ª Conferencia en París de 2015, y a la luz de la incesante problemática climática, las Partes de la CMNUCC alcanzaron un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático, adaptarse a sus efectos, y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. Así, el Acuerdo de París agrupó a todas las naciones del mundo bajo una causa común: realizar ambiciosos esfuerzos para mantener el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C.

Si consideramos que se espera que la tasa de producción del plástico se duplique en las próximas dos décadas y que su gran mayoría además están fabricados a partir de combustibles fósiles, éstos pasarán a constituirse como una de las más importantes fuentes de emisiones, las cuales, de no accionarse para revertir la tendencia, se intensificarán con el paso del tiempo. Por ello, la problemática de los plásticos se encuentra íntimamente ligada al cambio climático y, de no implementarse respuestas globales que garanticen una reducción en la generación de estos materiales y una buena gestión de los mismos en todo su ciclo de vida, seguirá constituyéndose como uno de sus principales agravantes.

En el plano nacional, y como parte del Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático que el artículo 16 de la Ley N° 27.520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático manda, cabe destacar el Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático, aprobado mediante la Resolución N° 447/2019 de la entonces Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Dicho Plan, cuyo objeto es promover la eficiencia energética y el crecimiento productivo de manera limpia y sostenible, contempla la recuperación de plásticos como medida de mitigación dentro del eje de economía circular, fijando una meta de reducción del 0,22 de MtCO₂eq al 2030. Para alcanzarla, se prevé el fomento de sistemas de recuperación y reciclado de plásticos, lo cual evitará emisiones de proceso y del consumo energético involucrado en la fabricación del plástico virgen.

1.3.4 Convención sobre los Humedales (o Convención de Ramsar)

La Convención sobre los Humedales o C. de Ramsar es un tratado intergubernamental que se firmó en 1971 en la ciudad de Ramsar, y tiene como objetivos principales la conservación y el uso racional de los humedales en todo el mundo, mediante acciones locales y nacionales, y la cooperación internacional.

El trabajo de los países que adhieren a la Convención se enfoca en tres pilares: la designación de sitios Ramsar para integrar la lista de Humedales de Importancia Internacional, el uso racional de todos los humedales de su territorio y

la cooperación internacional para contribuir al intercambio de información y experiencias, el acceso a recursos económicos para países en desarrollo, el aumento del conocimiento y la conciencia sobre la importancia de los humedales.

Nuestro país adhirió a la misma en 1991 a través de la Ley N° 23.919. Posteriormente, la Ley Nacional 25.335, aprobó el texto ordenado del tratado intergubernamental. Hasta la fecha, Argentina designó 23 Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar) en diferentes lugares del territorio, comprometiéndose a su conservación, gestión y uso racional de los mismos y sus recursos. Estos Sitios Ramsar ocupan una superficie total de 5.687.651 ha. De los mencionados humedales, los Sitios Ramsar Bahía Samborombón, Reserva Costa Atlántica Tierra del Fuego y Humedales de Península Valdés, incluyen ambientes costero marinos. De esta manera, la prevención y mitigación del impacto causado por la basura marina en estos ecosistemas queda considerados especialmente bajo estos sitios comprendidos en la Convención.

1.3.5 Convención sobre Diversidad Biológica (CDB)

El Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica entró en vigor en diciembre de 1993. Argentina aprobó dicho Convenio en 1994 mediante Ley N° 24.375. Los artículos 6 y 8 del Convenio son particularmente relevantes para el impacto de los desechos plásticos marinos.

La Secretaría del Convenio ha encargado la realización de importantes evaluaciones sobre la evaluación de los impactos de la basura marina sobre la biodiversidad [13,14]. Estos informes recopilan conocimientos disponibles sobre desechos marinos y las herramientas y enfoques disponible para abordar esta problemática y destacan las numerosas brechas en el conocimiento y las oportunidades de intervención. En la COP 14 realizada en Sharm el-Sheikh, Egipto, en 2018 se adoptó una decisión que reconoce la necesidad de seguir investigando los efectos de la basura marina sobre la diversidad biológica y los hábitats marinos y costeros, y pone de relieve la necesidad de limpiar y retirar la basura marina allí donde sea apropiado y práctico, y que tales esfuerzos son especialmente urgentes en aquellos lugares donde la basura marina supone una amenaza para la diversidad biológica y los hábitats marinos y costeros sensibles [15].

1.3.6 Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS)

Como tratado ambiental bajo los auspicios de Naciones Unidas y adoptado en junio de 1979, la CMS ofrece una plataforma global para la conservación y el uso sostenible de especies migratorias y sus hábitats. Argentina aprobó la Convención en 1991 mediante Ley N° 23.918. En octubre de 2017, durante la COP celebrada en Manila, Filipinas, se aprobó una resolución sobre la gestión de desechos marinos [16]. Entre otros mandatos y recomendaciones, en esta resolución se alentó a las partes a identificar las zonas costeras y oceánicas donde se acumulan los residuos marinos para identificar las áreas potenciales de preocupación y trabajar en colaboración con los vecinos de la región y otros Estados para identificar y abordar las causas y los impactos de los residuos marinos sobre las especies migratorias.

1.3.7 Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas

La CIT es una Convención internacional adoptada en Caracas, Venezuela, el 1 de diciembre de 1996, cuyo objetivo es promover la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y de los hábitats de los cuales dependen, basándose en los datos científicos más fidedignos disponibles y considerando las características ambientales, socioeconómicas y culturales de las Partes. La Convención obliga a los Estados a tomar medidas apropiadas y necesarias para la protección, conservación y recuperación de las poblaciones de tortugas marinas y de sus hábitats en su territorio terrestre y en las áreas marítimas respecto a las cuales ejerce soberanía, derechos de soberanía o jurisdicción.

La Ley Nacional N° 26.600 aprobó la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT) y en 2011 Argentina depositó su instrumento de ratificación. Hasta la fecha, en aguas argentinas, se ha detectado la presencia de cuatro especies de tortugas marinas: la tortuga verde (*Chelonia mydas*), la tortuga cabezona (*Caretta caretta*), la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*, 2 registros) y la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*).

Para protegerlas el MAgDS desarrolló el plan de acción nacional para la conservación de las tortugas marinas en la república argentina (PAN TM) que tiene por objetivo reducir la interacción entre las tortugas marinas y los detritos que se encuentran en las zonas utilizadas para alimentación y corredor migratorio de estos reptiles [17].

1.3.9 El Acuerdo de Escazú

El Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, Acuerdo de Escazú, fue suscripto en septiembre de 2018 y recientemente aprobado por Argentina mediante Ley N° 27.566. Este acuerdo tiene por objetivo “...garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible”.

Este Convenio busca garantizar que los países de Latinoamérica y el Caribe cuenten con herramientas y el respaldo normativo para la participación de todos los ciudadanos en la agenda ambiental. El art. 6° establece que los países deberán garantizar los medios para la generación y difusión de información ambiental haciéndola accesible a todos los ciudadanos. A su vez, en su art. 7°, regula los mecanismos necesarios para fortalecer la participación ciudadana en todos los procesos y decisiones que pudieran afectar al ambiente. También establece provisiones para mejorar el acceso a la justicia ambiental y defender a quienes trabajan y luchan por preservar el ambiente. Finalmente, propone generar

mecanismos de fortalecimientos de capacidades, cooperación técnica e intercambio de información entre los Estados Parte. Todos estos aspectos están definitivamente ligados al progreso en la gestión ambiental de los plásticos. Muchos de los logros alcanzados han nacido desde la participación ciudadana y el acceso a la información ambiental es indispensable para una mejor toma de decisiones y la creación de mayor conciencia ambiental.

El Acuerdo aún no se encuentra vigente ya que requiere 11 países para su entrada en vigor. Actualmente cuenta con 9 Estados que han ratificado. En el caso de Argentina, el Convenio ya fue aprobado por la Ley N° 27566, pero a la fecha aún no se ha depositado el instrumento de ratificación ante la Secretaría del Convenio que es ejercida por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

2. La agenda nacional para gestionar de manera adecuada los plásticos en todo su ciclo de vida

2.1 Marco regulatorio para la gestión integral de los plásticos

El artículo 41° de la Constitución Nacional, consagra el derecho a un ambiente sano y equilibrado para todos los habitantes y establece que las autoridades proveerán a la protección de ese derecho, a la utilización racional de los recursos naturales y a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica. Argentina cuenta con diversa legislación, no solo en materia ambiental, que regula y establece las condiciones para un manejo adecuado de los plásticos. Esta sección se enfoca en el marco regulatorio ambiental, sin embargo, diversos organismos tienen competencia en alguno de los eslabones del ciclo de vida de los materiales plásticos. Desde el desarrollo productivo, las regulaciones en materia de seguridad de los materiales y yendo a las normativas que regulan especificaciones técnicas de distintos productos, todas estas normas forman parte de un gran entramado que hacen a la gestión integral de los plásticos y todas las áreas de gobierno en los distintos niveles deben procurar no atentar contra el derecho a un ambiente sano, teniendo en cuenta no solamente las consecuencias inmediatas sino también aquellas a largo plazo. De allí que el desarrollo sostenible del país deberá garantizar la satisfacción de las necesidades del presente sin ir en detrimento de las generaciones futuras.

Los acuerdos multilaterales ambientales suscritos y aprobados por Argentina prevalecen sobre las leyes, tal como lo indica el Artículo 75° Inc. 22 de la Constitución. Muchos de ellos han sido descriptos en secciones anteriores, pero vale aclarar que la legislación nacional debe tener esto en cuenta para el desarrollo futuro de nueva normativa. La Ley General del Ambiente N° 25.675 establece entre los objetivos de la política ambiental nacional asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas, promover el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras, en forma prioritaria, promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales y establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales. Esta Ley es considerada una “Ley marco” donde se definen, entre otras cosas, el concepto de presupuesto mínimo y establece

una serie de objetivos que deben regir la política ambiental nacional. Finalmente, esta Ley pone sobre la mesa el concepto de daño ambiental y responsabiliza objetivamente a quien lo causare.

Otra Ley relevante para esta temática es la Ley N° 25831 sobre los presupuestos mínimos de protección ambiental de régimen de libre acceso a la información pública ambiental. Esta Ley establece los procedimientos necesarios para que cualquier ciudadano pueda tener acceso a la información pública ambiental de todo el país. Para ello, precisa los plazos que el proveedor de la información deberá cumplir, la responsabilidad de los funcionarios en otorgar dicha información y las sanciones correspondientes a su incumplimiento. Pero para que esta Ley realmente sirva, un paso anterior que debe garantizar el Estado es la generación de dicha información, información que debe ser confiable y verídica y por lo tanto, se deben generar los mecanismos necesarios para que estos datos estén disponibles.

En cuanto a la gestión de los residuos, la Ley N° 25.916 y la Ley 24.051 resultan pilares fundamentales. En el primer caso, se trata de la Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión de los residuos domiciliarios. Esta norma busca promover la gestión adecuada de los residuos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional exceptuando aquellos sometidos a regímenes específicos. Más allá de la gestión adecuada, se propone minimizar la generación de los residuos y promover su valorización, evitando así tener que llegar a la instancia de disposición final. La segunda, corresponde a la Ley Nacional de Residuos Peligrosos, que fue inspirada en el marco del Convenio de Basilea antes mencionado. Esta Ley considera peligrosos a "...todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general". Para ello, establece un listado de categorías, por corrientes y constituyente, y las características de peligrosidad que los desechos podrían tener para entrar en esta clasificación. La particularidad de esta norma es que resulta una Ley de adhesión, por lo que las jurisdicciones han incorporado en su normativa local los principios de la norma, pero en algunos casos con diferencias en su categorización y gestión.

Para la temática de los plásticos, resulta de particular interés la Ley 27.279 de presupuestos mínimos de protección ambiental sobre gestión de envases vacíos de fitosanitarios. Esta norma regula la gestión de un tipo de residuo que, más allá de estar hecho de material plástico, posee un alto riesgo a la salud y al ambiente debido a la presencia residual de los agroquímicos. Mas allá de la necesidad puntual de dar una gestión adecuada a estos envases y evitar su mala disposición, también se evita su incorrecto ingreso en los circuitos de reciclado donde, de no realizarse de una manera adecuada, podrían terminar contaminando productos y artículos afectando a la salud y el ambiente. El otro punto relevante de esta normativa es el del uso del concepto de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) que por primera vez aparece en una ley nacional, imponiendo obligaciones a aquellos que ponen el producto en el mercado.

2.2 Lineamientos y acciones de la autoridad ambiental nacional.

La Resolución N° 407/2019 de la entonces Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció los lineamientos nacionales “...tendientes a lograr el manejo ambientalmente racional de los plásticos en todo su ciclo de vida, a fin de mitigar el avance de la contaminación de los cuerpos de agua a causa de los residuos plásticos y microplásticos”.

Esta Resolución fue producto de un trabajo integrado entre las diversas áreas que componen al actual MAYDS y consensos obtenidos con otros actores relevantes. Para su desarrollo, se evaluaron muchos acuerdos e iniciativas internacionales mencionados en este capítulo y se realizó un relevamiento de los objetivos y acciones propuestas en cada uno de ellos. Finalmente, todas estas acciones se ponderaron teniendo en cuenta su viabilidad e impacto y se agruparon en 5 ejes que abordan el ciclo de vida de este material: 1. Producción sustentable del plástico; 2. Promoción el uso y consumo responsable del plástico; 3. Gestión sustentable de los plásticos y la prevención de la contaminación derivada de su uso; 4. Mitigación de la contaminación por basura marina en los ambientes costero-marinos; 5. Herramientas transversales para el cumplimiento de los otros ejes.

El MAYDS, a través de sus áreas competentes, articula actividades e implementa programas junto a diversos organismos e instituciones públicas y privadas, así como con las autoridades locales a fin de promover el cambio necesario para una gestión adecuada de los plásticos. Estas actividades van desde el desarrollo y publicación de guías y reportes hasta el dictado de normativa específica. Además, muchas de estas iniciativas y programas cuentan con el apoyo y financiamiento de organismos internacionales en forma de préstamos o donaciones donde, en la mayoría de los casos, el Estado Nacional junto con otros actores cofinancia dichas actividades.

CONCLUSIONES

Argentina cuenta con importantes instrumentos, legales e institucionales para hacer frente a la problemática de la gestión ambiental de los plásticos y avanzar hacia un desarrollo más sostenible. Pero las herramientas y acuerdos mencionados anteriormente confluyen en una compleja pregunta ¿Resulta necesario o no un nuevo pacto global que coordine las iniciativas existentes para el abordaje de la problemática mundial de los plásticos o alcanzaría el fortalecimiento de los mecanismos de cooperación internacional en funcionamiento para garantizar la protección de los ecosistemas acuáticos? Esta respuesta no es simple de responder, pero en algún punto, las diversas plataformas y espacios de discusión confluyen en una importante conclusión: el mundo no puede seguir en el mismo camino que viene transitando. Si de verdad queremos avanzar hacia un desarrollo sostenible, entonces deberemos replantearnos muchas cosas: la manera en la que consumimos y satisfacemos nuestras necesidades, la forma y modelos de producción, la reducción y gestión adecuada de los desechos que generamos y, en los casos que sea necesario, la mitigación del impacto ya generado que sigue acumulándose. Para evitar que este patrón continúe, se requiere de un gran esfuerzo colectivo y de acciones concretas de

todos los actores, también de soluciones innovadoras, pero sobre todo, de que cada uno como individuo tome conciencia de la importancia de nuestras acciones diarias y actuemos en consecuencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al equipo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por la información brindada y por su dedicación y empeño en el trabajo que realizan día a día para avanzar hacia un mundo sin contaminación y mares limpios.

REFERENCIAS

- [1] A/RES/70/1 - Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas (2015).
- [2] Segundo Informe Voluntario Nacional de la Argentina 2020. Primera ed. – Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales. 2020.
- [3] El futuro que queremos, A/RES/66/288, Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas (2012).
- [4] Basura marina y microplásticos, UNEP/EA.4/Res.6, Resolución de la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ANUMA IV (2019).
- [5] Abordando la contaminación por los plásticos de un solo uso, UNEP/EA.4/Res.9, Resolución de la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, UNEA IV (2019).
- [6] Guía sobre cómo mejorar la interface mar-tierra para asegurar que los residuos comprendidos dentro del acuerdo MARPOL, una vez descargados de la embarcación, sean manejados de una manera ambiental, Convenio de Basilea (2017).
- [7] Guía técnica para el manejo ambientalmente racional de residuos contaminados con Contaminantes Orgánicos Persistentes, Revisada, Convenio de Basilea (2019).
- [8] Guía técnica para la identificación y manejo ambientalmente racional de los desechos plásticos y su disposición final, Convenio de Basilea (2002).
- [9] enmiendas de los anexos II, VIII y IX del Convenio de Basilea, Decisión BC-14/12 (2019).
- [10] nuevas medidas para encarar la cuestión de los desechos plásticos, Decisión BC-14/13, Convenio de Basilea (2019).

- [11] Decisiones SC-4/13, SC-4/18, SC-6/13 y SC-8/11, Convenio de Estocolmo (2009, 2009, 2013, 2017).
- [12] Actualización del Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo, MAyDS (2017).
- [13] Impactos de los desechos marinos sobre la biodiversidad: estado actual y posibles soluciones, Serie Técnica del CDB No. 67 (2012).
- [14] Basura Marina: entendiendo, previniendo y mitigando los impactos adversos significativos en la biodiversidad costera y marina, Serie Técnica del CDB No. 83 (2016).
- [15] Decisión XIV/10, Convención sobre Diversidad Biológica (2018).
- [16] Resolución UNEP/CMS/Resolución 12.20, Convención sobre las Especies Migratorias (2017).
- [17] Programa de Acción Nacional para Reducir la interacción de las tortugas marinas con las pesquerías en la República Argentina, Consejo Federal Pesquero (2018).

CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS EN EL MAR: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

Verónica García, Mayra Milkovic, Daniela Gomel, y Sol Gonzalez*

Fundación Vida Silvestre Argentina

*veronica.garcia@vidasilvestre.org.ar

Resumen

Más del 80% de los residuos que encontramos en las playas y costas de la provincia de Buenos Aires son plásticos que provienen de la actividad propia que se realiza en estos espacios, de lo que ocurre en la localidad, y de la actividad pesquera. Las características de los plásticos, durables y livianos, facilitan su transporte a través del viento y el agua (ríos, arroyos, pluviales y los movimientos del mar), extendiendo la problemática más allá de los límites locales y nacionales. Conocer qué tipo de residuos encontramos en nuestras es fundamental y los censos que se realizan con voluntarios generan información y colaboran en la sensibilización de la comunidad. Por el consumo desmedido, las características propias del material y la insuficiente gestión de los residuos, se requieren de soluciones articuladas, tanto a nivel nacional y municipal como internacional para reducir la contaminación por los plásticos en el mar. Generar información, concientizar al consumidor, promover una gestión eficiente de residuos, y la reutilización de los residuos como material, con legislaciones acordes promovidas a través de procesos participativos, son los principales objetivos de las acciones que Vida Silvestre lleva a cabo, y algunas de ellas serán abordadas en el presente capítulo.

Palabras clave: residuos plásticos, censos, base de datos, procesos participativos, Sociedad Civil

Abstract

Plastic pollution in the ocean: challenges and opportunities. More than 80% of the waste in the beaches and coasts of the Buenos Aires province are plastics product of the own activity that takes place in these spaces, urban sources and the fishing activity. The characteristics of the plastics, durable and lightweight, facilitate their transport through the wind and water (rivers, streams, storm water systems and ocean movements), extending the problem beyond local and national limits. Knowing the type of debris we find in our coasts is fundamental and the censuses with volunteers generate information and collaborate in raising awareness in the community. Due to the excessive consumption, the characteristics of the material and the insufficient management of waste, articulated solutions are required, both at the national and municipal level and internationally

to reduce ocean plastic pollution. Generating information, raising consumer awareness, promoting efficient waste management, and reusing waste as material, with consistent legislation promoted through participatory processes, are the main objectives of the actions that Vida Silvestre carries out, and some of them will be addressed in this chapter.

Keywords: plastic waste, censuses, database, participatory processes, Civil Society

INTRODUCTION

"Las partículas de plástico, en concentraciones de 3500 piezas y 290 g por km², están muy extendidas en el mar de los Sargazos. Las piezas son quebradizas, aparentemente debido al desgaste de los plastificantes, y muchas tienen una forma de gránulo de aproximadamente 0,25 a 0,5 centímetros de diámetro. [...] El aumento de la producción de plásticos, combinado con las actuales prácticas de eliminación de residuos, indudablemente conducirá a aumentos en la concentración de estas partículas" [1]. Este párrafo pertenece a Carpenter y Smith quienes en 1972 ya alertaban sobre el problema de la contaminación por plásticos en la revista Science [1].

Los principales factores que inciden en la cantidad de residuos que se vierten al océano tienen que ver con la cantidad de población que habita el lugar y la efectividad de la gestión de los residuos [2]. La producción y el consumo de plástico han crecido desde los años 50 a una tasa muy superior que el resto de los materiales que se han fabricado y explica también la magnitud del problema [3]. Argentina, que ocupa la posición N°28 entre los países que más arrojan residuos plásticos al mar [2], produce unas 1.650.410 toneladas de plástico al año (2017) y se calcula en 40 kg el consumo promedio anual por habitante [4]. El 45% de esta producción se destina a embalajes. Estas cifras coinciden con la tendencia mundial en la cual en un año se fabrica en plásticos el equivalente a la población humana [3].

Pero la mayor parte de los residuos plásticos que encontramos en el mar y en los ambientes costeros provienen de lo que se genera en el continente y otros, de lo que se arroja o pierde directamente en el mar por actividades pesqueras y comerciales. Por ser un material liviano y persistente, el residuo plástico se transporta fácilmente por el agua y viento y de acuerdo a su densidad flota o se hunde en el mar, donde se producen diferentes procesos que pueden fraccionarlo en residuos cada vez más pequeños. Los residuos plásticos de la vía pública o de los cuerpos de agua continentales, se transportan por el agua de lluvia a través de los conductos pluviales hasta las zonas costeras o directamente al mar. A su vez, los ríos transportan residuos que acumulan a lo largo de su paso por las localidades ribereñas, generalmente con alta población e insuficiente manejo de sus residuos urbanos [5].

En cuanto a las actividades pesqueras, toman especial atención las artes de pesca (redes) que quedan abandonadas o son arrojadas al mar cuando se reparan o cambian durante las actividades, así como los insumos que se pierden como cajones de pescado, guantes, botas, etc. Aunque se cree de menor magnitud, los residuos plásticos de origen pesquero, principalmente las redes, sogas, boyas, constituyen la mayor parte en peso de los plásticos encontrados en los giros oceánicos o “islas de basura” [6]. Existen muy pocos diagnósticos de esta problemática para nuestro país, pero una combinación de falta de lugar en la embarcación, bajos controles sobre lo que se arroja al mar y un insuficiente manejo de los residuos en el puerto son los principales desafíos [7].

Conocer qué tipos de residuos plásticos encontramos en las costas y cuáles son las causas de esta contaminación es fundamental para diseñar soluciones. Así, los censos de residuos que se realizan a nivel mundial, como en nuestro país, constituyen por un lado una forma de recopilar información a gran escala para la gestión como así también para sensibilizar a la población que son eslabones clave para revertir este problema [8,9]. Generar información, concientizar al consumidor, promover una gestión eficiente de residuos, y la reutilización de los residuos como material, con legislaciones acordes promovidas a través de procesos participativos, son los principales objetivos de las acciones que Vida Silvestre lleva a cabo, y algunas de ellas serán abordadas en el presente capítulo.

1. ¿Qué residuos encontramos en nuestras costas?

Los censos de residuos que se realizan en el mundo donde se involucran voluntarios tienen un triple propósito. Primero, se colectan residuos de los ambientes costeros que muy probablemente en su defecto terminen en el mar. Segundo, se genera una gran cantidad de información que cubre una escala espacial y temporal amplia a muy bajo costo. Y tercero, sensibilizan a los voluntarios en temáticas ambientales y contribuyen a generar un cambio de comportamiento [8,9].

Desde el 2016, realizamos censos de residuos costeros con organizaciones de la sociedad civil, organismos municipales, provinciales y otras instituciones, convocando voluntarios de las principales localidades costeras de la provincia de Buenos Aires. Una planilla con 64 tipos de residuos clasificados en Plásticos, Papel y Cartón, Vidrios, Metales, escombros de construcción y Otros, se utiliza para que los voluntarios identifiquen y contabilicen los residuos que colectan. Todos los residuos que puedan ser vistos por el ojo humano y en superficie deben ser identificados y contabilizados, en un área que debe estar delimitada y medida. Para esto, se realiza una charla introductoria a la problemática de la basura marina explicando a los asistentes por qué realizamos esta actividad y la metodología. Los voluntarios se colocan en línea, en el comienzo del rectángulo a censar, separados entre sí aproximadamente por un metro y caminan hacia adelante recogiendo e identificando todo lo que encuentren en el área (transecta) que les toque, tratando de mantener la distancia con su grupo vecino. El censo finaliza cuando todos los grupos llegan al final del rectángulo y se registra el tiempo transcurrido para estimar un valor de esfuerzo.

Las jornadas culminan con un recuento de los residuos y charlas reflexivas sobre los residuos que se encontraron y cuáles podrían ser las acciones a llevar a cabo tanto a nivel individual como social para reducir el problema de la basura en el mar y las costas.

Los resultados de los censos son recopilados e incluidos en una base de datos confeccionada por el área de Gestión de la Información Socioambiental de Vida Silvestre. Debido a la cantidad de censos realizados e información recolectada, es necesario contar con una base sistematizada que permita rápidamente tener disponible los resultados completos de cada censo y a su vez, que cuente con una actualización periódica para incluir los censos realizados cada año. La base de datos se encuentra cruzada con información oficial del Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN) referida a las localidades con cada playa y localidad georreferenciada que permite la representación de los resultados en sistemas de información geográfica. Número de voluntarios, duración del censo, fecha y área censada son variables que se piden para permitir una posterior estandarización de los datos.

1.1. Censos de residuos en primavera

Desde 2016, se realizaron 73 censos donde 24 organizaciones de diferentes sectores (sociedad civil, educativas, organismos municipales y provinciales, pescadores, guardavidas, privados, y medios de comunicación) [10] convocaron a más de 2000 voluntarios para las jornadas. En la Fig. 1 se muestran las localidades censadas de la provincia de Buenos Aires.

El número de localidades, así como la cantidad de voluntarios que participaron fue aumentando con los años. En estos cuatro años, los voluntarios recogieron e identificaron 215.032 residuos desde San Pedro a General Cerri (Tabla 1).

Promediando entre años, el 83% de los residuos identificados (no orgánicos) fueron plásticos. En la Fig. 2 se muestra que los residuos plásticos más abundantes entre todas las localidades por año fueron fragmentos plásticos, colillas de cigarrillos, envoltorios, poliestireno expandido (telgopor), bolsas de polietileno, tapitas y botellas. Los fragmentos plásticos son trozos de plásticos duros más grandes que se parten por la acción del clima, la fricción o la rotura. El 2,4% de los plásticos totales encontrados corresponderían a actividades relacionadas con la pesca recreacional o comercial, como tanzas, zunchos, y restos de redes. Es muy probable que el poliestireno expandido y las sogas multifilamento pertenezcan también a estas actividades, pero no se pudo constatar.

Residuos plásticos en Argentina

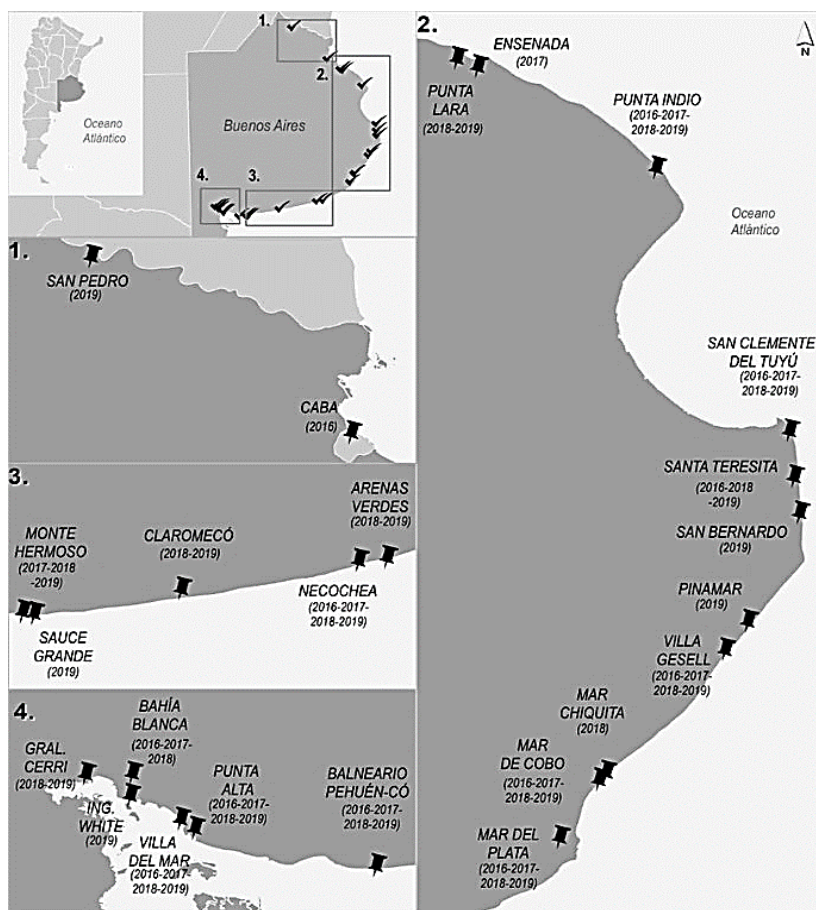
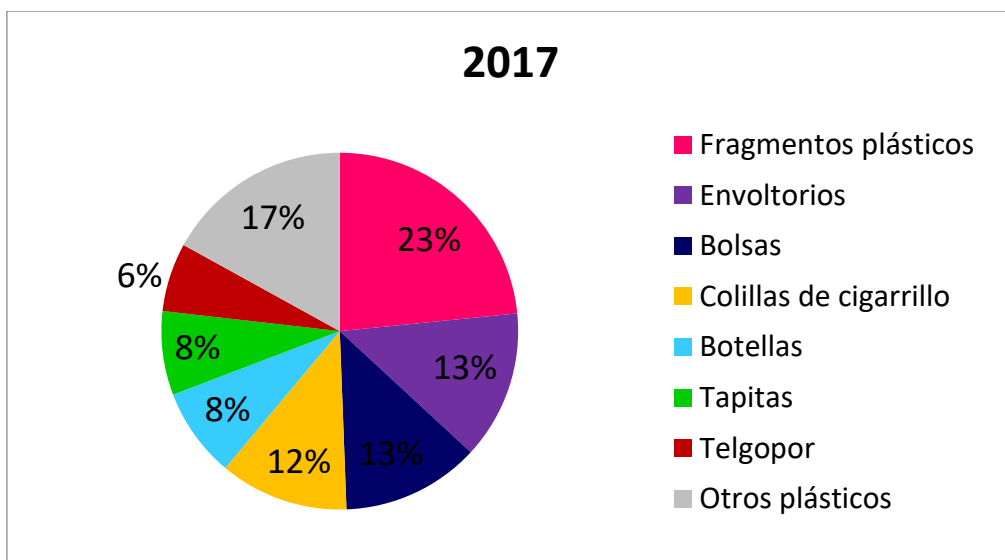
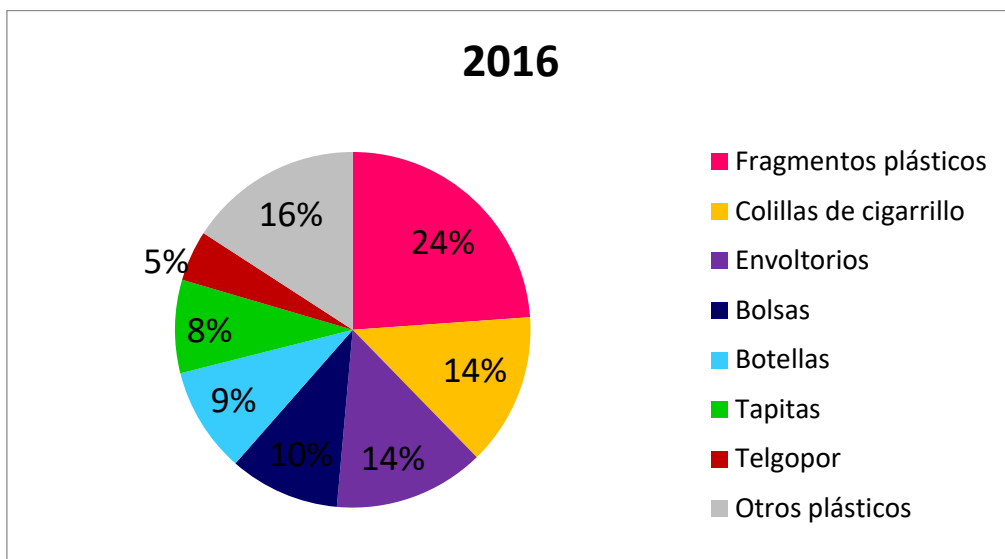


Fig. 1. Localidades donde distintas organizaciones y voluntarios realizaron los censos de residuos costeros de la provincia de Buenos Aires, en primavera, desde 2016 a 2019.

Tabla 1: Resultados de los censos de basura costera de la provincia de Buenos Aires realizado por organizaciones costeras y voluntarios entre 2016 y 2019 durante el mes de septiembre.

	2016	2017	2018	2019
Cantidad de residuos	56774	39737	46673	71848
Superficie censada (ha)	109,2	120,6	81,3	83,4
Densidad (Residuos/ha)	520	329	574	861
Porcentaje de plásticos (%)	85	82	82	83
Voluntarios	350	341	535	792
Localidades	12	12	16	20
Número de playas	12	13	26	22

El origen urbano de los residuos se evidencia en algunos ítems que no resultarían de las actividades de playa como cotonetes, broches para la ropa, filtros de aceite de autos, tapas de lavarropas, envoltorios de fideos, por nombrar algunos. Es de destacar la presencia de residuos en gran abundancia en localidades con poco número de habitantes como Mar de Cobo. Se cree que la deriva del mar trae estos residuos desde localidades vecinas como, por ejemplo, Mar del Plata.



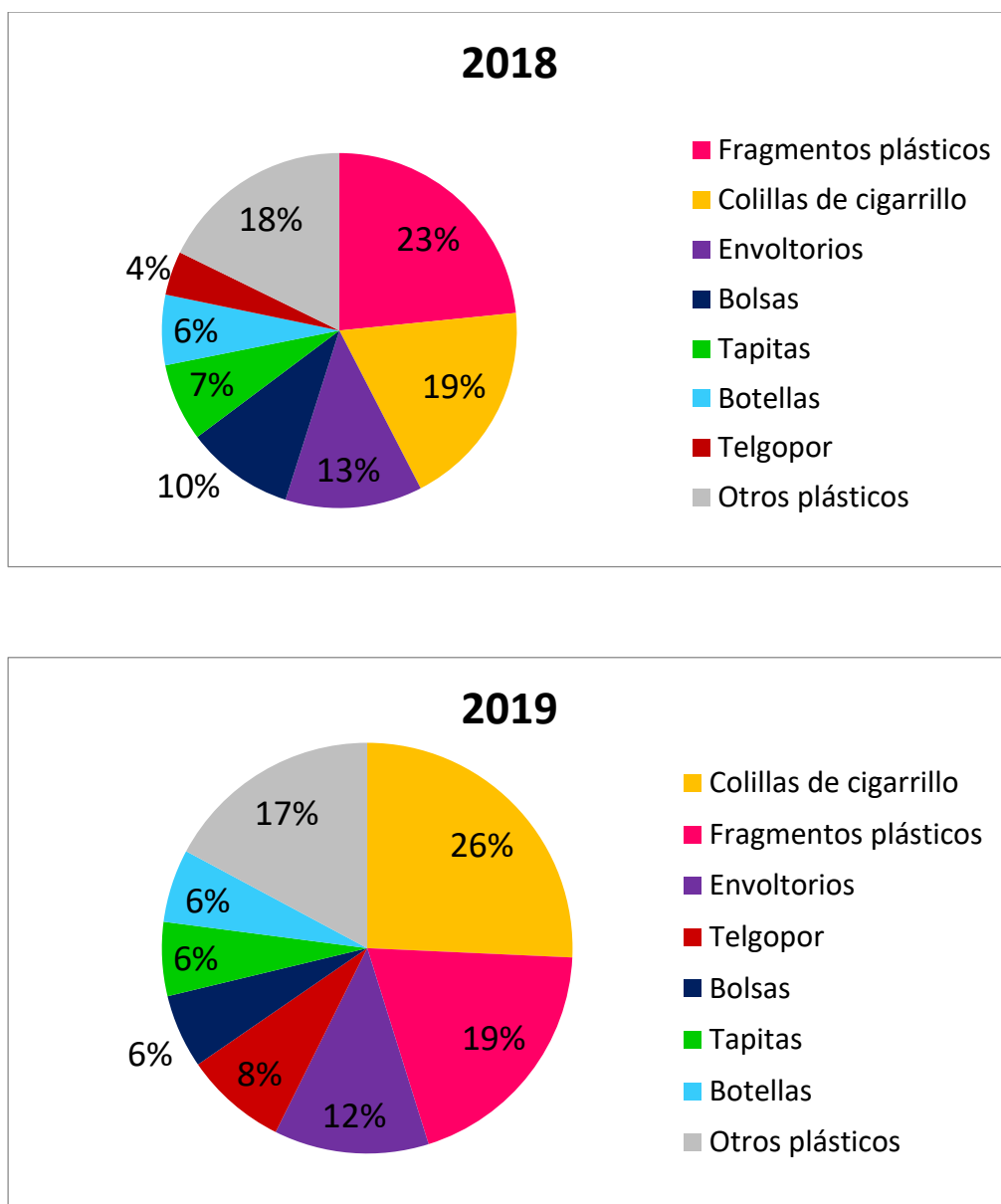


Fig. 2: Residuos plásticos identificados en los censos para todas las localidades durante septiembre (2016-2019)

1.2. Censos de residuos en verano

En 2018, en el marco de unas jornadas de sensibilización, se realizaron censos de residuos en 5 playas de la provincia de Buenos Aires, cubriendo tres localidades: Pinamar, Mar del Plata (playas: Faro, Alfár y Playa Grande) y Quequén (Tabla 2). Utilizando la misma metodología, se encontraron como residuos principales en orden decreciente de abundancia: colillas, fragmentos plásticos, sogas, restos de nylon, papel, bolsas de polietileno, tapitas, sorbetes, botellas y fragmentos de vidrio. Entre el 80 y 90% de los residuos colectados e identificados por los voluntarios fueron plásticos (Tabla 2).

Tabla 2: Residuos encontrados en 5 playas de la provincia de Buenos Aires durante enero 2018 en el marco de los censos con voluntarios (notar que la superficie está expresada en metros cuadrados).

	Pinamar	Mar del Plata			Quequén
		Alfar	Faro	Playa Grande	
Cantidad de residuos	2006	3042	867	2015	784
Superficie censada (m ²)	3200	3000	3000	7500	2400
Densidad (residuos/m ²)	0.6	1,0	0,3	0,2	0,3
Porcentaje de plásticos	87,8	89	81,4	91,5	79,7

2. Medidas estructurales para la Prevención de la Contaminación por Plásticos en el Mar

La forma más eficaz de reducir y mitigar los efectos nocivos de los residuos plásticos en el mar es evitar en primer lugar que éstos lleguen. El desarrollo de soluciones tecnológicas y estructuras adecuadas de retención de sólidos flotantes son medidas ampliamente utilizadas en el mundo. Aumentar y aunar esfuerzos en la gestión integral de residuos a nivel municipal, con incentivos para reducir los residuos en primer lugar y una articulación entre municipios vecinos ; actividades de educación y divulgación, así como de comunicación;; reducción de las pérdidas de artes de pesca y otros insumos en el mar (cajones, zunchos, etc.); e incentivos para reducir los residuos en primer lugar.

2.1. Medidas/Políticas a nivel municipal: retención de residuos en los pluviales

Los conductos pluviales previenen el anegamiento de la ciudad, permitiendo el drenaje del agua de lluvia o el desborde del agua de las lagunas o arroyos. Si estos conductos no tienen sistemas de retención de sólidos, toda la basura acumulada en la vía pública o en los arroyos, terminan en las acometidas. Por ejemplo, en Mar del Plata, con la excepción de un nuevo pluvial “Arroyo del Barco, existen más de 20 acometidas sin sistemas de retención de sólidos, por lo que el agua de lluvia con todos los residuos colectados a su paso, termina en las playas o directamente en el mar, como se puede ver en la Fig. 3. Para darle una solución a este problema, un grupo de trabajo formado concejales de distintos partidos, organismos municipales y organizaciones de la sociedad civil, conformamos una Mesa de Trabajo de Pluviales y Contaminación Costera que desde 2018, se reúne mensualmente. Diseñamos en conjunto un proyecto de ordenanza que fue sancionado por unanimidad en 2019 (24166) y a través de este instrumento normativo: 1) toda obra nueva de desagües pluviales con acometidas a cursos de aguas y playas debe contar con sistemas de retención de sólidos flotantes; 2) en todos los casos se deben proponer soluciones alternativas a los entubamientos, con dispositivos o construcciones que permitan usos recreativos y de esparcimiento, teniendo en cuenta la dimensión social y paisajística; y 3) se encomienda al organismo municipal responsable a gestionar proyectos de obras a incorporar en los conductos pluviales con salidas a los cursos de agua y playas ya existentes, priorizando los que posean

más impacto negativo en lugares que coincidan con actividades recreativas. Durante 2020, la Mesa de Trabajo trabaja en la aplicación concreta de esta ordenanza para así evitar que los residuos plásticos lleguen al mar.



Fig. 3: Pluvial de Playa Constitución, Mar del Plata, luego de una tormenta (foto Vida Silvestre, 2018).

2.2 Promoción de Normativas nacionales: presupuestos mínimos para la gestión integral de residuos y prohibición de micro-perlas

La experiencia del trabajo entre las organizaciones costeras que participan del censo antes detallada abrió el espacio para otro tipo de trabajo colaborativo más allá del censo, pero íntimamente relacionado con las acciones para abordar la problemática de los residuos en nuestras costas. Así es que, en el seno del colectivo, se identificaron ejes de trabajo para la mejora de normativa local, en primera instancia –dada la cercanía y conocimiento territorial-, pero también a nivel provincial y nacional. Aunque los residuos plásticos en las costas llegan allí por el consumo en el lugar, el transporte a través del viento y los pluviales, la producción de los plásticos y las regulaciones que los afectan son definidas en instancias nacionales teniendo impacto en la disponibilidad de productos y la gestión una vez que termina la etapa de consumo. Asimismo, los microplásticos que afectan a la fauna marina llegan al mar producto de la descomposición/desintegración de los plásticos más grandes, pero además por los propios microplásticos que se agregan en distintos productos de consumo masivo. Estas y otras razones, alentaron al colectivo a trabajar en distintas normativas.

La promoción de leyes nacionales para prohibición del uso de micro-perlas (o microplásticos de origen primario) en el uso de cosméticos y para la gestión integral de residuos sólidos urbanos son así ejes de trabajo. Para encarar estas dos iniciativas, la red identificó que debía fortalecerse. Por un lado, aliándose con otros actores con presencia a nivel nacional que ayuden a promover estos temas. Por otro, generando instancias de capacitación interna tanto para comprender la complejidad y aristas de cómo estas normas deben estar diseñadas para que su impacto sea positivo, como para mejorar las capacidades de trabajo colaborativo interno para la incidencia en políticas públicas.

Gracias a estas experiencias, el colectivo de organizaciones logró sumar apoyos para que se sancionara en la cámara de diputados de la Nación un proyecto de ley para prohibir el uso de microplásticos en la industria cosmética. Al momento de redacción de este capítulo, resta la sanción del senado para que se convierta en ley.

A diferencia de otros problemas ambientales, existe un consenso entre los diferentes actores en que la contaminación por plásticos es una realidad, más allá que no exista esta misma condición para las soluciones a adoptar. La necesidad de una norma para la gestión integral de los residuos en base al principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) que promueva la prevención en la generación de residuos, la reducción en la fuente de producción, la reutilización, el reciclado, la valorización y, en última instancia, la disposición final en relleno sanitario es fundamental. De esta manera se podría planificar la gestión de los residuos plásticos contemplando la infraestructura adecuada que permita la colección de los residuos antes que lleguen al mar, y concientización masiva de los usuarios y público en general. La articulación entre los municipios vecinos para fortalecer la gestión de sus residuos es una asignatura pendiente.

Sin embargo, como sucede con otros contaminantes como los gases efecto invernadero o las sustancias que reducen la capa de ozono, los residuos plásticos no reconocen límites nacionales. Un tratado global similar al de Montreal o Kyoto, incluyendo las lecciones aprendidas de éstos, puede colaborar con la solución ya que este problema sin dudas requiere de cooperación internacional [11].

2.3 Campañas de Sensibilización

En países como Australia, Estados Unidos, algunos de Europa y Malasia, los programas de concientización han sido los principales responsables de la disminución de contaminación por plásticos y este éxito aumenta cuando se lo acompaña con facilidades para la correcta disposición [12].

Las campañas o programas de concientización elaboradas por los municipios, organizaciones de la sociedad civil, medios de comunicación y empresas, captan la atención del público, pero deben sostenerse en el tiempo para lograr el cambio de comportamiento que se necesita. Cambiar los hábitos de las personas no es sencillo. Cuando en 2012 se introdujo en la Ciudad de Buenos Aires la normativa de cobrar las bolsas que se entregaban en algunos supermercados, la medida tuvo éxito, independientemente si los clientes tenían que abonar o no las bolsas. Los resultados encontrados por Jakovcevic y sus colaboradores (2014), indican que la mayoría de los consumidores llevaban sus propias bolsas reutilizables para proteger el ambiente, es decir, por motivaciones intrínsecas y no extrínsecas [13]. Hoy se plantea que los beneficios ambientales están estrechamente asociados con los objetivos personales de un individuo. Estos objetivos van desde evitar el esfuerzo, obtener placer, dinero y estatus social, o metas normativas como hacer lo correcto, o apropiado [13,14]. Tener varios de estos objetivos en mente cuando se diseñan programas o campañas de sensibilización y cambio de comportamiento, podría mejorar el éxito de los mismos [14].

Otra forma de incidir en el comportamiento de las personas, es relacionar las consecuencias de la contaminación sobre la salud [15]. Así, la Organización Mundial de Conservación (WWF por sus siglas en inglés) encomendó a la Universidad de Newscattle (Australia) un estudio sobre el consumo potencial de microplásticos en los seres humanos, que llegó al público a través de la campaña “Tu dieta plástica” [16,17]. Los resultados muestran que podríamos estar consumiendo un estimado de 5 gramos de microplásticos por semana y que la fuente más grande de ingestión de plástico en todo el mundo es a través del agua [16]. Esta cantidad se tradujo a consumir el equivalente de una tarjeta de crédito, para demostrar el impacto gráfico del estudio. Estos resultados son coincidentes con los que se realizaron en la Universidad de Victoria (Canadá), para la dieta de los habitantes de Estados Unidos [18] que, según los autores, representaría un 15% de la cantidad de microplásticos que estaríamos consumiendo [Cox 2019, comentario personal].

CONCLUSIONES

Más del 80% de los residuos que encontramos en nuestras playas son plásticos que provienen tanto de las actividades que se realizan en el lugar como de lo que ocurre en la ciudad, en el medio del mar, en las ciudades vecinas o en localidades ribereñas aguas arriba. Por tal, no existe una solución única para la contaminación por plásticos en los océanos, por lo que una combinación de estrategias y el compromiso de todos los actores involucrados es prioridad. Las personas necesitan reducir el consumo de plásticos y minimizar sus residuos; las industrias deberían responsabilizarse como productores en la gestión de los residuos y diseñar productos que minimicen el impacto sobre el ambiente en todo el ciclo de vida; y los gobiernos, sensibilizar, normar y mejorar el manejo de los residuos plásticos. Un tratado global puede colaborar con la solución ya que este problema requiere de cooperación internacional. Los efectos positivos de un buen manejo de los residuos en países más desarrollados se anulan con el mayor consumo de plástico que estos países tienen; y viceversa, para aquellos con pobre gestión. A diferencia de lo que ha ocurrido con otras amenazas ambientales, como el cambio climático o la sobreexplotación de los océanos, el problema de la contaminación por plásticos en el mar es reconocido por todos y todos somos parte de la solución en mayor o menor medida.

AGRADECIMIENTOS

A todos los voluntarios que desde 2016 nos acompañan en los censos y limpiezas de playas.

REFERENCIAS

- [1] E.J. Carpenter & K. L. Smith Jr, *Science* **175**, 1240 (1972).

- [2] J.R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T.R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, & K. Lavender Law, *Science* **347**, 768 (2015).
- [3] B. Worm, H.K. Lotze, I. Jubinville, C. Wilcox, & J. Jambeck, *Annu. Rev. Environ. Resour.* **42**, 1 (2017).
- [4] H. Costa Vila, Subsecretaria de Programación Microeconómica https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_cadenas_de_valor_pet_roquimica_plastica_1.pdf, (2019).
- [5] C. Schmidt, T. Krauth & S. Wagner, *Environ. Sci. Technol.* **51**,12246 (2017).
- [6] L. Lebreton, B. Slat, F. Ferrari, et al. *Sci. Rep.* **8**, 4666 (2018).
- [7] D.R. González Zevalllos, M.E. Góngora & C. Durán Romero, *Interciencia* **45**, 142.
- [8] S. Nelms, C. Coombes, L.C. Foster, et al. *Sci. Total Environ.* **579**, 1399 (2017).
- [9] C. Konecny, V. Fladmark & S. De la Puente, *Mar. Poll. Bull.* **135**, 411 (2018).
- [10] Organizan los censos: *Alma Verde, Amigos Parque Costero del Sur, Asociación de Naturalistas Geselinos, AV Balneario Sauce Grande, Complejo Sol a Sol, Dirección de Turismo Coronel Rosales, FRAAM, Fundación Aquamarina, Fundación Cambio Democrático, Fundación Mundo Marino, Fundación Vida Silvestre Argentina, Guardavidas Tres Arroyos, Guardianes del Estuario, HAPIC, Municipalidad de Mar Chiquita, Municipalidad Punta Indio, Museo de Ciencias Bahía Blanca, Museo de Ciencias Naturales Monte Hermoso, Patios Abiertos Pehuén-Có, Pescadores de Bahía Blanca, Radio Comunitaria FM Punta del Indio, Refugio del Sudoeste, Reserva Natural Pehuen-Có -Monte Hermoso (OPDS), Surfrider, Tellus.*
- [11] K. Willis, C. Maureau, C. Wilcox & B.D. Hardesty, *Mar. Pol.* **96**, 243 (2018).
- [12] I. Tessnow-von Wysocki & P. Le Billon, *Environ. Sci. Policy*, **100**, 94 (2019).
- [13] A. Jakovcevic, L. Steg, N. Mazzeo, R. Caballero, P. Franco, N. Putrino, & J. Favara, *J. Environ. Psychol.* **40**, 372 (2014).
- [14] L. Jia, S. Evans & S. Linden, *Nat. Commun.* **10**, 4582 (2019).
- [15] K. Morrissey, *J. Ocean Coast. Econ.* **6**, 1 (2019).
- [16] K. Senathirajah, S. Attwood, G. Bhagwat, M. Carbery, S. Wilson, & T. Palanisami *J. Hazard. Mater.*, **404**, (2021).
- [17] <https://www.vidasilvestre.org.ar/?19380/Las-personas-consumimos-una-tarjeta-de-credito-por-semana-a-traves-de-micro-plasticos-asegura-nuevo-informe>
- [18] K.D. Cox, G.A. Covernton, H.L. Davies, J.F. Dower, F. Juanes & S.E. Dudas, *Environ. Sci. Technol.* **53**, 7068 (2019).

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 exigüos 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).

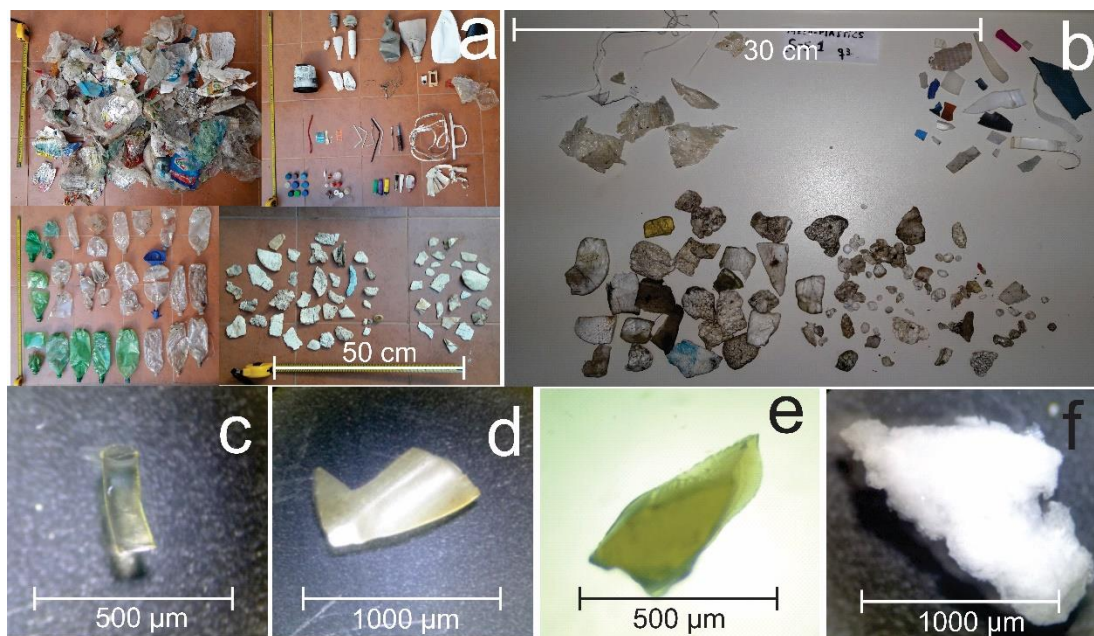


Fig 1. Ejemplos de macro- (a), meso- (b) y microplásticos (c - f) registrados en sedimentos expuesto de la laguna Setúbal (Santa Fe). c) Pieza de nailon (denominación genérica de poliamida), d) pieza de tereftalato de polietileno, e) pieza de polimetacrilato de metilo (PMMA, también conocido como acrílico),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

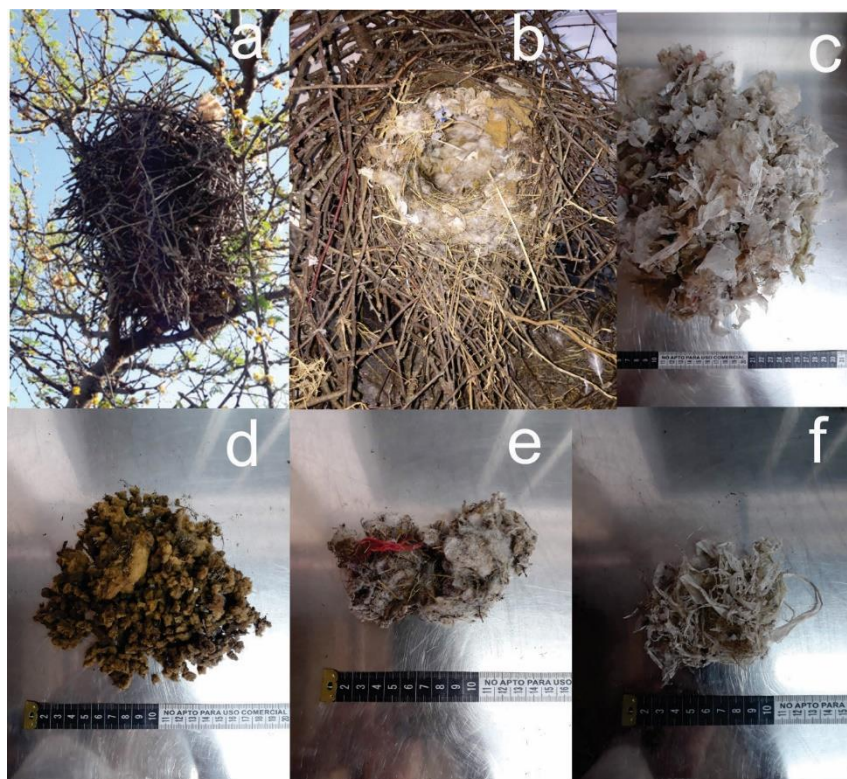


Fig. 3. Ejemplo de material antropogénico encontrado en tan solo un nido de *P. ruber* (Espinero grande) (a). b) La cámara de incubación visible después de retirar la gruesa capa externa del nido (ramas y espinas), mostrando la gran cantidad de diferentes materiales plásticos. c) Piezas laminares de 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 macroplásticos 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).

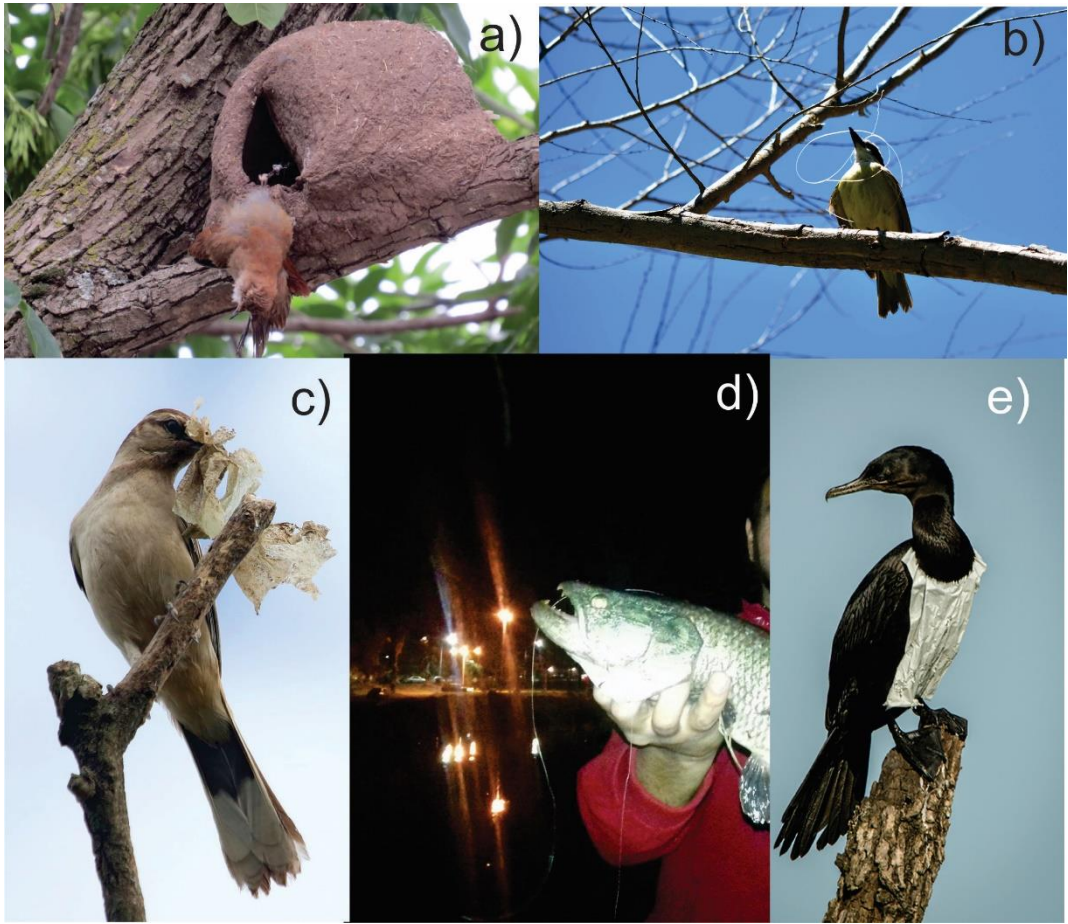


Fig. 4. Enredos de fauna autóctona con macroplásticos. a) Hornero (*Furnarius rufus*) enredado en tanza plástica, utilizada como material de nidificación, con consecuencias letales. b) Benteveo (*Pitangus sulphuratus*) enredado con un trozo de tanza de pesca (nailon). c) Calandria (*Mimus saturninus*) 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).

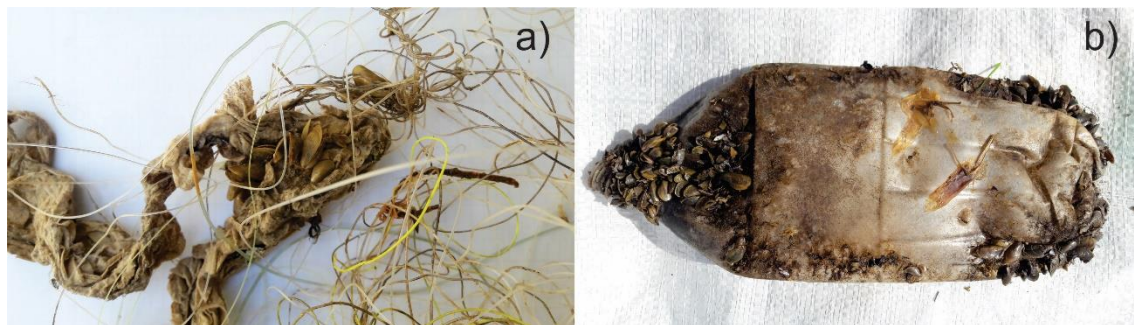


Fig.5. Colonia de *L. fortunei* adherida a a) fragmento de pañal (polietileno y polipropileno), y b) botella plástica (tereftalato de polietileno). Crédito: M. Blettler.

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 colmar 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. Wyżga, 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. Garelo, *Environ. Monit. Assess.* **189**, 581 (2017).
- [15] M. C. M. Blettler, N. Garelo, 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. Texeira 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. Espinola & 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. Bruzard 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).

DESAFIOS QUE PRESENTAN ALGUNOS ADITIVOS QUIMICOS PARA EL RECICLADO DE RESIDUOS PLÁSTICOS. INDUSTRIA PLASTICA ARGENTINA Y SITUACION INTERNACIONAL

*Ricardo Kindsvater.¹ Eliana Munarritz,²
Norma Sbarbati Nudelman.^{3,4*}*

¹ Ampacet Latin America. ² Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (UBA), ³ Instituto del Ambiente, Academia Nacional de Ingeniería (ANI), ⁴ Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ANCEFN).
*sbarbati04@gmail.com

Resumen

Diez monómeros se utilizan mayoritariamente en la industria plástica mundial, pero la alta diversidad de los materiales que se producen requiere el uso de muchos aditivos químicos; algunos se agregan para otorgarles propiedades específicas, otros para mejorar su procesabilidad en las extrusoras, o las propiedades finales del producto, etc. En este capítulo se tratan los principales aditivos químicos utilizados en la producción de materiales de empaque y envases para comidas y bebidas; los micro plásticos encontrados en aguas envasadas, etc. Se describen brevemente los problemas que pueden presentar algunos aditivos para el reciclado, las posibles soluciones tecnológicas, y las acciones globales recientes tendientes a reducir y/o mitigar el impacto de los residuos plásticos.

Palabras clave: aditivos químicos, “masterbatch”, plásticos de un solo uso, microplásticos, material de empaque.

Abstract

Chemical additives present in plastic residues and the challenges for their recycling. Argentine plastic industry and the international situation. The worldwide plastic industry uses mainly ten monomers, but the high diversity of materials produced, requires the use of several chemical additives, some are added to give specific properties; other additives are for improving processes in the extrusion machines, o the final properties in the product, etc This chapter describes the main chemical additives used in the packaging production, fast food and beverages; the microplastics found in the water bottles, etc . The presence of some chemical additives is a real challenge for the recycling, some technological solutions are shortly described, as well as the recent global actions to reduce and/or

mitigate the plastic residues impact.

Keywords: chemical additives, “masterbatch”, “single-use” plastics, microplastics, packaging materials

INTRODUCCION

Los Plásticos son materiales poliméricos muy importantes en la economía mundial, y la vida moderna actual no se concibe prescindiendo de ellos. No obstante, los residuos plásticos representan actualmente un problema planetario crítico, constituyen un universo muy amplio y diverso, y tienen un complejo ciclo de vida que involucra una alta diversidad de actores en sus distintas etapas. Si bien son aproximadamente solo diez los monómeros utilizados en la industria global masiva, la alta diversidad de los materiales que se producen requiere el uso de aditivos para mejorar y/o otorgarles propiedades específicas. La producción, uso y disposición de dichos materiales están interconectados mundialmente en diversas cadenas que entrecruzan fronteras, continentes y océanos.

Los plásticos irrumpieron en el mercado global después de la Segunda Guerra Mundial y un análisis reciente revela que hasta 2016 se han producido unos 8300 millones de toneladas. Pueden reconocerse 3 categorías: resinas poliméricas, fibras sintéticas y aditivos plásticos. Las resinas más prevalentes se producen a partir de polietileno (PE, 36% del total), polipropileno (PP, 22%), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), y poliuretano (PUR), en cantidades inferiores al 10% de la producción total. Las fibras sintéticas mayoritariamente provienen de poliéster; poliamida y acrílico (PPBA). Un cambio importante en mayor detrimento de la crisis actual, se produjo a partir del uso mayoritario de envases descartables (single-use), contrapuesto al reusable. Por esta razón, el mercado de plástico más significativo está vinculado al material de empaque y constituye el 42% de toda la producción mundial, curiosamente, es el producto con más corta vida de uso, ya que usualmente se descarta antes del año de haberse producido.

Este capítulo consta de dos Secciones y se indica a pie de página la autoría de cada sección. En la primera se tratan los aditivos químicos utilizados en la industria plástica nacional en los dos polímeros de mayor uso, con un documento de la CIQyP. La segunda sección se refiere a los aditivos químicos en la industria plástica mundial, la problemática sobre los residuos plásticos y las acciones internacionales tendientes a su mitigación y reducción.

1. Aditivos usados en la Industria plástica nacional¹

1.1. Los aditivos químicos de mayor uso

Si bien existen numerosos polímeros que requieren el uso de aditivos para mejorar sus propiedades, esta sección trata de los más típicamente utilizados en Polietileno y Polipropileno en el mercado de Argentina. Dichos polímeros son dos de los más consumidos y especialmente para empaque de alimentos.

Estos polímeros son fabricados por la industria petroquímica y sufren allí un proceso de extrusión en donde se incorporan algunos aditivos y se les da la forma de pellet para facilitar su manejo en la industria de la transformación del artículo plástico final. En dicha industria muchas veces se agregan otros aditivos. Para facilitar su incorporación y manejo se utiliza uno o varios Masterbatch que son concentrados de uno o varios aditivos bien dispersos en un polímero compatible con el que el transformador va a utilizar.

Se utilizan masterbatches por varias razones. La lista es larga e incluye evitar manejar polvos que ensucian las zonas de trabajo, las extrusoras del transformador no tienen el suficiente trabajo mecánico para dispersar ciertos aditivos, además de sólidos, algunos son líquidos o en forma de pasta a temperatura ambiente, algunas aplicaciones requieren pocas partes por millón (ppm), imposibles de dosificar en el transformador.

1.2. Antioxidantes

La degradación de los polímeros se inicia por la acción de radicales libres producidos por calor, estrés mecánico sustancias oxidantes o impurezas metálicas. La iniciación puede ocurrir durante la polimerización, procesamiento o exposición a la intemperie y se intenta evitar con el agregado de antioxidantes. Dichas sustancias previenen la propagación de los diferentes pasos de oxidación.

Si bien aún se sigue utilizando el BHT (Butil Hidroxi Toluol) el mismo se ha ido reemplazando por especies antioxidantes que brindan mejores propiedades. A estas moléculas se las divide en antioxidantes primarios y secundarios por la posición en la que actúan en los ciclos de degradación de los polímeros.

Cuando reacciona neutralizando radicales libres se los clasifica como primarios mientras que cuando reaccionan con hidroperóxidos se los designa como secundarios. Normalmente los primarios son derivados de fenoles estéricamente bloqueados y los secundarios más usuales son derivados organofosforados (por ejemplo, el tris (2,4-di-terc-butilfenil) fosfito) y tioésteres (muchas especies derivadas del tiodipropionato). Suele considerarse que la combinación de primario y secundario genera un efecto sinérgico.

¹ Ricardo Kindsvater (AmpacetLatinAmerica) ricardo.kindsvater@ampacet.com

En general la industria petroquímica adiciona uno o una combinación de ambos para estabilizar el procesamiento de su polímero luego de la polimerización, por lo tanto, es la gran mayoría de las piezas fabricadas en Polietilenos o Polipropileno van a contener Antioxidantes. Por otra parte, el transformador puede necesitar adicionar en su extrusora otro antioxidante para lograr una vida útil del artículo mayor como es el caso de las geomembranas.

Evitar una degradación de los polímeros por oxidación cuando se desea reciclar los mismos es vital para no perder propiedades con su re-extrusión, por ello el tipo y la concentración de Antioxidantes son muy importantes para el reciclado de los polímeros.

1.3. Auxiliares de Proceso

Para mejorar el flujo de los polímeros en las extrusoras evitando acumulación de material en la salida, y evitar la llamada fractura de fundido, se desarrolló el uso de polímeros fluorados. Dichas sustancias tienen una muy buena afinidad con las superficies metálicas de las extrusoras y al revestirlas evitan separaciones de fases en los casos de mezclas no absolutamente compatibles y permiten un flujo continuo hasta la conformación de la pieza plástica.

1.4. Antibloqueo

En la industria del empaquetado de alimentos existe quien fabrica la película plástica, quien la imprime y convierte en el empaque que finalmente contendrá al artículo final.

La película es enrollada en bobinas para proveerlas a la industria de la conversión. En las máquinas de esta industria, la película pasa por diferentes rodillos que van alimentando el proceso. Para tener una apertura suave de las bobinas evitando trabas en la alimentación de las máquinas, muchas veces se agregan sustancias definidas como antibloqueo. Estas provocan una rugosidad superficial que separa ligeramente las capas enrolladas en la bobina.

Una sustancia económica que sigue usándose para este fin es el CaCO_3 (carbonato de calcio) que si bien hace perder cierta transparencia al polímero existen aplicaciones que lo admiten. También se usa Talco aunque lo más extendido son sílices naturales (tierra de diatomea) y también las sintéticas que dan una mejor transparencia y tienen una mejor performance.

1.5. Deslizantes

Para obtener un deslizamiento suave a través de los rodillos de las máquinas convertidoras incluyendo las empaquetadoras, se agregan sustancias llamadas deslizantes. Debido a su estructura, que tiene una parte polar y una parte no polar, al mezclarse en el proceso de extrusión con polímeros no polares como el polietileno y polipropileno, la parte polar pugna por la superficie del plástico una vez salido de la máquina, mientras que la parte no polar actúa como

una especie de ancla evitando que estas especies queden totalmente fuera del artículo.

Si bien aún hay algún grado de utilización de Oleamida, la especie química más utilizada es la Erucamida. Algunas sustancias químicas con superficie redonda pueden servir como deslizantes como así también hay algunas siliconas de alto peso molecular son empleadas. Al poder deslizarse rápidamente se logra una mayor velocidad de empaquetado disminuyendo el costo del mismo.

1.6. Antiestáticos

Como los artículos plásticos fabricados con materiales no polares adquieren carga eléctrica y no pueden disiparla con facilidad, los mismos suelen atrapar partículas en suspensión y dar el aspecto de suciedad además de otros potenciales problemas. Tanto las películas como las botellas plásticas suelen tener.

Para evitar esto se utilizan antiestáticos. En general su mecanismo de trabajo requiere que migren a la superficie y allí captar moléculas de agua ambiental generando una gran superficie de descarga. Existen algunos de migración rápida y como tal de efecto más limitado en el tiempo como por ejemplo el Monoestearato de Glicerol y otros de migración más lenta y mayor permanencia como derivados de Aminas Etoxiladas con diferentes ramificaciones de cadena.

También se utilizan aunque en menor proporción algunas Amidas como las cocoamidas y dietanolamidas.

1.7. Aditivos UV

La exposición a la intemperie hace que los plásticos pierdan primeramente su aspecto superficial perdiendo brillo y con el tiempo sus propiedades físicas volviéndolos enteramente quebradizos.

Para evitar eso se les adicionan aditivos UV. Podemos dividirlos en Absorbedores UV y Protectores UV. Los primeros además de proteger al polímero protegen a su contenido absorbiendo las longitudes de onda ultravioletas y transformándolas en una energía menos nociva. Si bien existen algunos nanomateriales lo más extendido en la industria es el uso de Benzofenonas y Benzotriazoles.

Los protectores UV en cambio funcionan reaccionando con las especies químicas que se forman al inicio de las reacciones de degradación evitando la propagación de las mismas. La especie química más popular de estos aditivos son los llamados HALS por sus siglas en inglés de Hindered Amine Light Stabilizers. Esta familia es realmente muy grande ya que existen moléculas más y menos sensibles a otras especies químicas como así también más y menos favorables a la protección de un determinado tipo de polímero. Una de las más tradicionales que hace años es utilizada es el compuesto Poli[6-[(1,1,3,3-tetrametilbutil) amino]-

1,3,5-triazina-2, 4-diil-[(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil) imino-hexametileno-[(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil) imino.

Muchas veces se combinan los Antioxidantes con diferentes protectores UV para realzar la protección del artículo plástico. Podemos encontrar combinaciones de varias especies químicas en plásticos de la industria automotriz, en agricultura en invernaderos, silobolsas, enfardado de pasturas, frascos para cuidado personal, tanques plásticos y todo aquel artículo que deba estar a la intemperie y durar mínimamente algunos meses.

1.8. Otros Aditivos

Además de los mencionados existe una gran variedad de otros aditivos que se también se incorporan con la finalidad de mejorar las propiedades funcionales de los polímeros. Suelen tener una presencia menor que los anteriores. Podemos mencionar los aditivos IR que son utilizados para provocar el efecto invernadero en dichas estructuras (minimizan la diferencia de temperatura entre el día y la noche para favorecer el crecimiento de las plantas). Difusores de Luz para evitar que los rayos de sol lleguen enfocados en las plantas y quemarlas. Aditivos Antiniebla (Antifog) para evitar que condensen gotas de agua en una superficie e impida el paso de la luz mejorando la visión de paquetes de alimentos muchas veces vegetales en las heladeras.

También existen aditivos de los llamados Nucleantes que ordenan el crecimiento de cristales de los polímeros favoreciendo la transparencia de los artículos. Para evitar la presencia de ácidos en los polímeros se adiciona algunas veces estearatos que pueden ser de Calcio o Cinc o sustancias con composiciones similares a la Hidrotalcita.

2. La situación a nivel internacional²

2.1. Aditivos químicos de mayor uso global.

En el proceso de manufactura de un polímero se usan productos químicos, como iniciadores, catalizadores y solventes, pero además se añaden otros como *aditivos*: retardantes de llama, colorantes, pigmentos, etc. y otros para procurar características especiales: inhibir la fotodegradación, aumentar la fuerza, la rigidez o la flexibilidad, etc. Estos compuestos no están unidos a la matriz polimérica, usualmente son de bajo peso molecular, y se liberan fácilmente al ambiente, incluyendo el aire, agua, alimentos o tejidos del cuerpo [1].

Un análisis global de toda la masa de plásticos que se produce en el mundo (excluyendo las fibras), muestra que contiene, en promedio, 93% de resina polimérica y un 7% de aditivos. PVC constituye el plástico con mayor variedad de

² N. S. Nudelman y Eliana Munarriz. email:emunarriz@agro.uba.ar

aditivos, incluyen estabilizadores al calor para hacerlo más estable, y plastificantes, tales como ftalatos, para procurarle mayor flexibilidad. PP es muy sensible a la oxidación, y por lo tanto se le añaden antioxidantes y estabilizantes UV. El bisfenol A (BPA) es el monómero utilizado para la fabricación del policarbonato, pero también se usa como un aditivo estabilizador en otros polímeros. De los 6.000 millones de toneladas de residuos plásticos solo el 9% han sido recicladas, un 12% incineradas y el resto, casi el 80% se acumula en el ambiente.

Algunos de los factores que influyen en la tasa de migración son la concentración inicial del aditivo presente en el plástico, el espesor, la cristalinidad y la estructura de la superficie del plástico. Como ejemplos de estas migraciones y liberaciones de aditivos plásticos se puede citar a las parafinas cloradas de cadena corta, que son aditivos plastificantes de juguetes de policloruro de vinilo, cortinas de ducha, etc. [2]. Es muy reciente la preocupación mundial por los aditivos químicos y su posible liberación desde productos plásticos al ambiente, entre ellos se incluyen a: los retardantes de llama bromados, los ftalatos, BPA, bisfenol-A dimetacrilato, plomo, estaño y cadmio formaldehído y acetaldehído, 4-nonilfenol, metil terc-butil éter, benceno y como así también a muchos otros compuestos orgánicos volátiles. Varios estudios informan que las concentraciones liberadas son inferiores a los límites máximos establecidos, y no consideran la toxicidad de las mezclas de los aditivos [3,4,5].

2.2. Aditivos en envases de plásticos descartables

Los envases descartables para alimentos y bebidas constituyen uno de los problemas más acuciantes en esta crisis global, porque se usan una sola vez. Muchos de los productos químicos migran hacia el contenido, por lo que están considerados como la mayor fuente de exposición humana a la contaminación ocasionada por los plásticos.

Entre las sustancias utilizadas como aditivos o monómeros se incluyen: BPA, (migra de envases de policarbonato para botellas de agua, o de latas recubiertas con resinas epoxi); ftalatos (diisonilftalato(DiNP) y DEPH, usados como plastificantes (se producen en alto volumen); di(2-etilhexil)adipato (DEHA, carcinogénico, usado como plastificante en envoltorio para carnes); 4-nonilfenol (producto de degradación del antioxidante fosfito de tris(nonil-fenol) (TNPP), usado en envoltorios para comidas); estireno (monómero usado para la fabricación del poliestireno; los productos per- y polifluoralquilos (PFAS, muy utilizados, entre otras cosas, para procurar una barrera a la grasa en envoltorios para comida rápida). [6]

En EEUU hay 4000 compuestos químicos aprobados para poder usarse como aditivos para envases de comida, pero en menos de 1000 de ellos, se han evaluado sus posibles riesgos para la salud humana. Se sabe que al menos 175 compuestos químicos usados como aditivos en envases para comidas son muy dañinos para la salud humana: pueden ser disruptores endocrinos, mutagénicos, carcinogénicos, etc. La base de datos de la industria del envase contiene más de 4000 compuestos posiblemente asociados con envases plásticos de los cuales 148

se ha probado que son altamente dañinos para la salud humana. Los riesgos más severos provienen de metales pesados (cadmio, plomo), bisfenoles, ftalatos y compuestos PFAS. [6]

En la Unión Europea, los productores de envases para comida deben garantizar la inocuidad de sus productos ya sea de compuestos químicos añadidos, o de impurezas, o de posibles compuestos que podrían migrar. De todos modos, es muy difícil rastrear la presencia de sustancias que no han sido añadidas intencionalmente.[7]

2.2.1. Los PFAS

Los aditivos conocidos colectivamente como PFAS son compuestos derivados de alquilos per o polifluorados, y contienen grupos sustituyentes de una gran variedad química, acorde con las propiedades que se desean procurar, algunos son derivados de ácidos carboxílicos (A), otros de ácidos sulfónicos (S). Los PFAS se usan mayoritariamente para formar una barrera a la grasa en envoltorios para alimentos, envases para comida rápida y bolsas para microondas (pochoclo, por ej.). En particular, dos de ellos: PFOS y PFOA son extremadamente persistentes, por lo que permanecen largo tiempo en el ambiente, y pueden acumularse en la cadena trófica. Como resultado de estos estudios, la FDA y la industria del envase estadounidense decidieron suprimir estos compuestos y reemplazarlos por otros PFAS, pero algunos toxicólogos ambientales han manifestado que las alternativas también tienen efectos dañinos. PFOS y PFOA han sido declarados como contaminantes orgánicos persistentes (POPs) en la última reunión del Comité de Expertos (POPRC) del Convenio de Estocolmo y un tercero, el ácido perfluorohexanesulfónico está en estudio por el POPRC (ver acciones internacionales más abajo). La Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) identificó 4730 sustancias PFAS, las recomendaciones recientes son no usar ninguna de estas alternativas debido a su alta persistencia y movilidad, su efecto dañino para la salud humana y el ambiente, y el fuerte impacto socioeconómico.

2.2.2 Las parafinas cloradas de cadena corta (SCCP)

Otro grupo de aditivos químicos de uso masivo son las parafinas cloradas de cadena corta (SCCP). Las SCCP son de uso muy frecuente como retardantes de llama (ignífugos) en plásticos de PVC, caucho, y materiales sintéticos para alfombrado. También se usan como plastificantes en pinturas y adhesivos, y se han encontrado niveles de SCCP mucho mayores que los permitidos en juguetes para niños, artículos para su higiene personal, ropa, stickers, y utensilios de cocina.

Las SCCP afectan el hígado, riñón y tiroides, son disruptores endocrinos y se sospecha que también son carcinogénicos. Según un estudio reciente, las SCCP son los compuestos químicos persistentes de mayor producción mundial. Se ha demostrado fehacientemente su capacidad para transportarse a largas distancias y para bioacumularse, no obstante, la industria mundial

continúa su uso masivo como aditivo plástico, por lo cual se espera que siga aumentando la exposición humana y del ambiente.

También existe preocupación por los aditivos igníficos (por ej ésteres de difenilo polibromados y otros retardantes de llama bromados) que se liberan de las carcasas de plástico para televisores, computadoras y otros productos electrónicos, y los productores han iniciado acciones para reemplazarlos por aditivos más amigables con el ambiente y la salud humana [9]

2.4. Aditivos en Macro y Micro plásticos.

Los macroplásticos ingresan al ambiente tal cual es el producto original del consumidor. Una compilación internacional reciente de los 20 productos encontrados mayoritariamente en costas de lagos, ríos, mares y océanos, muestra que el 75% son envases de comida o bebidas (envoltorios, botellas y tapas, sorbetes, vasos, platos, cubiertos, etc.), el resto está relacionado con productos para fumar y otros productos (por ejemplo, bolsas, pañales, globos, condones, tampones, etc.)

Se entiende por “microplásticos” partículas de polímeros orgánicos sintéticos que miden menos de 5 mm de largo, pueden detectarse en muestras ambientales partículas de alrededor de 1 micrón, pero pocos estudios han informado partículas menores a 50 micrones, los nanoplásticos se definen usualmente como 1-100 nm. Los microplásticos pueden ser primarios, i.e. producidos como tales en forma de polvo o pellets (que se usan para fabricar otros productos de plástico), o secundarios provenientes de la degradación de productos de mayor tamaño, directos del consumidor. Los microplásticos primarios se usan mucho en la fabricación de productos de cuidado personal (pasta dentífrica, toallitas de mano, o de rostro), pero recientemente se están prohibiendo en la mayoría de los países desarrollados. Según un estudio reciente de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (*International Union for Conservation of Nature*), las dos fuentes principales de la presencia de microplásticos en el océano son: fibras textiles sintéticas y partículas provenientes de la abrasión de los neumáticos de autos

2.4.2. Microplásticos en el agua para consumo humano.

Investigadores de la Universidad del Estado de New York analizaron 159 muestras de agua de grifo de 14 países, mitad países desarrollados y mitad en vías de desarrollo. El 81% de las muestras tenían de 0 a 61% de microplásticos/litro. Las muestras provenientes de los EEUU fueron las que tenían el valor más alto (en promedio 9.24 partículas/litro), mientras que las naciones de la UE mostraban 4 de los valores más bajos. Curiosamente, el agua proveniente de los países desarrollados tenía una mayor densidad de partículas/litro (6.85), mientras que los países en desarrollo mostraban una menor densidad (4.26). El 99% de las partículas encontradas eran fibras. [8]

Orb Media realizó luego un estudio semejante de agua envasada con los mismos investigadores. Se analizaron 259 botellas provenientes de 11 marcas líderes de 19 lugares. Se encontraron microplásticos en el 93% de las botellas, con un promedio de 325 partículas/litro. El plástico identificado en el agua envasada incluyó polipropileno, nylon y PET. El estudio reveló una densidad promedio de 10.4 partículas/litro, aproximadamente el doble del encontrado en agua de grifo. Llamativamente, el agua conocida como *Nestlé Pure Life Water* tenía la más alta densidad de microplásticos, un promedio de 2.247 partículas/litro, mientras que una botella de agua de Nueva Delhi (India) contenía la menor densidad de microplásticos, un promedio de 3,72 partículas/litro.[9]

La noción de que el plástico proveniente del propio envase del agua podría contribuir a los microplásticos encontrados, fue confirmada por un estudio realizado en Alemania en 2018, con agua envasada en botellas de plástico, de vidrio y de cartón, en todas se encontraron microplásticos. Analizaron agua de 22 diferentes envases plásticos: retornable y de uso descartable, 3 cartones y 9 botellas de vidrio. Utilizaron espectroscopía Raman que es capaz de detectar partículas muy pequeñas, observaron que el 80% de todos los microplásticos tenían un tamaño promedio de 5-20 micrones, y por lo tanto no eran detectables por las técnicas usadas en los estudios anteriores. Los mayores niveles se determinaron en las botellas de plástico retornables (718+88 partículas/litro), en las botellas de plástico descartables fue menor (14+14), también en los envases de cartón (11+ 8) y en las botellas de vidrio (50+52 partículas/litro). La mayor parte de microplásticos en las botellas retornables fueron poliésteres (mayormente PET, 84%, y PP 7%). Esto no sorprende dado que las botellas están fabricadas con PET y las tapas con PP. La Asociación de Plásticos recicladores de los EEUU ha tomado interesantes iniciativas sobre el tema de las botellas de envases plásticos en desuso.[10]

2.5. Impacto de los aditivos en la salud humana

Poco se sabe todavía, pero el ser humano está expuesto a numerosos productos tóxicos provenientes de la existencia de plásticos en el ambiente, la comida, etc., la mejor medida de evaluar su impacto es el biomonitoreo de estos compuestos, sus metabolitos u otras reacciones específicas en sangre y orina. El Centro para el control de la Salud y Nutrición Nacional de los EEUU, realizó en 2009-2010 una encuesta muy comprehensiva de la exposición de la población a compuestos químicos. Encontraron BPA en el 92% de orina de niños (>6 años) y adultos. Se detectaron 10 de los 15 ftalatos en todas las muestras y 4-nonilfenol en el 51% de la población. Otros estudios también demostraron que BPA es muy común en sangre y otros tejidos.[11]

Estudios similares se están llevando a cabo en otras partes del mundo. Un trabajo realizado por la Universidad de Viena y la Agencia Ambiental de Austria analizó muestras de participantes de Finlandia, Italia, Japón, Países Bajos, Polonia, Rusia, Inglaterra y Austria: todas las muestras dieron resultado positivo de presencia de microplásticos y fueron detectadas hasta 9 tipos de residuos plásticos.

En particular, cabe mencionar la urgente necesidad de prohibir el uso de micro-perlas y microesferas de plásticos especialmente agregadas en productos de cosmética y de higiene oral odontológica

2.6 Problemática de los aditivos en el reciclado de los residuos plásticos

El impacto de la liberación de los aditivos tóxicos al ambiente es particularmente relevante cuando los artículos plásticos que los contienen entran en desuso. En el ciclo de vida del producto plástico, cuando el mismo deja de ser un bien de consumo y entra en desuso, existen tres destinos: el reciclado, la incineración o el abandono en forma de residuo en el ambiente.

A priori el reciclado podría ser considerada la opción más amigable con el ambiente, pero los productos reciclados podrían contener aditivos tóxicos o sus metabolitos debido, en parte, a que no hay posibilidad de separar los materiales de plásticos en desuso que contienen aditivos, de los que no los contienen. En cierta medida, esto se produce debido a la falta del acceso a la información sobre qué aditivos y en qué concentraciones están presentes.

La industria del *reciclado* está tratando de responder a estos desafíos desarrollando tecnologías innovadoras. Por ej. el proceso *CreaSolv®* produce materiales reciclados con propiedades del plástico virgen. Este proceso es a base de solventes que eliminan de manera efectiva los contaminantes y aditivos y la reutilización del material recuperado para fabricar productos nuevos plásticos. En el tratamiento de plásticos que contienen polibromodifenil éteres, por ejemplo, permite separar los compuestos orgánicos bromados de los poliestirenos expandidos, lo que permite reciclar el estireno recuperado limpio [9].

La segunda opción para los productos plásticos en desuso es la *incineración*, lo que produce como principal problema el de emisiones de contaminantes orgánicos persistentes a la atmosfera.[2] También, en algunos casos los halógenos emitidos por la combustión de los residuos plásticos pueden causar corrosión en incineradores y otras instalaciones térmicas, limitando sus capacidades para la recuperación térmica del plástico [12]. En el caso de las nuevas plantas generadoras de energía, que utilizan como insumos residuos plásticos, las mismas se encuentran equipadas con tecnologías de control para la contaminación, a fin de limitar la dispersión de los contaminantes orgánicos persistentes [13]. Sin embargo, los residuos tóxicos pasan a las cenizas volantes y, en menor medida, a cenizas de fondo. Esta transferencia podría favorecer la dispersión de contaminantes orgánicos persistentes y contaminar la cadena alimentaria con los mismos [14].

Las técnicas de no combustión también se usan para la destrucción o transformación irreversible de plásticos que contienen aditivos orgánicos persistentes, pero cabe destacar que ninguna de estas tecnologías se han aplicado gran escala. Por ejemplo, el proceso mecanoquímico destruye los difenil éter polibromados y los poliperfluoroalquilos de los plásticos [15]. Dicho proceso también se puede aplicar a los plásticos de desechos electrónicos que contienen compuestos orgánicos bromados persistentes.

El tercer destino de los plásticos en desuso son los vertederos, el 79% de los plásticos termina acumulándose y desgastándose en piezas y partículas más pequeñas (macro, micro y nano plásticos) en los distintos compartimientos ambientales, tanto terrestres, acuáticos y marinos. El tema de la basura plástica en distintos ambientes acuáticos (ríos, mares, océanos) y sus consecuencias, ha sido ampliamente abordado en capítulos anteriores.

2.7. Acciones Internacionales tendientes a reducir el uso de plásticos.

Hasta el momento, los esfuerzos para reducir la crisis de contaminación plástica, han resultado poco fructíferos debido a una suma de factores: la escala y complejidad de los impactos, las limitaciones en los sistemas de evaluación de riesgos, la limitada información y datos sobre la exposición, etc.

2.7.2 Estrategia de la Unión Europea (UE)

Desde enero 2018, la Unión Europea (UE) adoptó una estrategia global (“Action Plan”) para transformar la manera en que los productos plásticos se designan, producen, usan y reciclan, dentro del concepto de Energía Circular. Con ella se busca un mejor diseño de los productos plásticos y un mayor porcentaje de reciclado de los residuos plásticos, se piensa que más cantidad, y mejor calidad de los reciclados, aumentará el posible mercado para los plásticos reciclados.[16]

Como primera medida, se hizo un detallado estudio de los 10 productos plásticos principales que se han recogido como “basura” en costas de lagos, mares y océanos. Son productos que “se usan una sola vez” (“single-use”) entre los que se encuentran: cajas de comida, envases de bebidas y sus tapas; cotonetes o hisopos; cubiertos, platos y sorbetes; globos con sus barritas; paquetes y envoltorios; filtros para cigarrillos; toallas higiénicas; pañales; bolsas livianas; cañas de pescar y otros elementos de pesca. [17]

El Parlamento europeo ha establecido varias directivas para estos productos plásticos “descartables”, entre ellas cabe mencionar: restricciones en el consumo; restricciones en el mercado; requisitos de diseño para el producto; requisitos de venta; responsabilidad extendida para el productor; recolección por separado; medidas para aumentar la concientización del consumidor. Esta estrategia es parte de la transición de Europa hacia una economía circular, que contribuirá al logro de las metas de desarrollo sustentable (UN SDGs), los compromisos globales para combatir el cambio climático y los objetivos de la industria de la UE. [18].

2.7.3. Alianzas entre Empresas multinacionales productoras de Plásticos.

Conscientes de la terrible amenaza a los ecosistemas terrestres y marinos que representan los residuos de productos plásticos en el ambiente, las mayores empresas globales productoras de plásticos y otros compuestos químicos han suscrito en el año 2019 una alianza para terminar con la basura plástica (“Alliance to end Plastic Waste”, AEPW). Empresas multinacionales tales como la Basf, Dow, Procter & Gamble, entre muchas otras, forman parte de esta alianza,

que es una organización conformada por la comunidad financiera, gubernamental, la sociedad civil, y varias ONGs dedicadas a la protección ambiental. Su objetivo es promover un mundo libre de “basura” plástica, y cuenta con la colaboración estratégica del Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable (World Business Council for Sustainable Development). Se propone desarrollar y llevar a escala recursos para minimizar y gestionar los residuos plásticos y promover soluciones para colaborar en lo que pueda permitir llegar a una economía circular para plásticos. [19]

Organizaciones no gubernamentales transnacionales también se han involucrado; la ONG para la “Conservación de los Océanos” (*Ocean Conservancy*), ha emprendido un plan de acción para ayudar en la colecta de residuos y en las soluciones de reciclado en los países del sudeste asiático, incluyendo proyectos que aumenten la capacidad de ONGs locales, y de alianzas con líderes de las ciudades con el objetivo de desarrollar, escalar y replicar soluciones que se puedan implementar.

2.8. Puede la “basura” convertirse nuevamente en plástico?

Dada la gran acumulación de residuos plásticos, desde hace varios años en los países desarrollados existen varios movimientos multilaterales entre dos o más países, para mitigar reducir, y/o reutilizar los residuos plásticos, con acuerdos entre las empresas, gobiernos, ONGs, etc.

Se ha diseñado una estrategia de plan de acción global (“Global Plastic Action Partnership”), para alinear a las empresas, la sociedad civil, los gobiernos locales y nacionales, grupos comunales y expertos de nivel mundial, con el objetivo de resolver la contaminación plástica. Esta alianza fue inicialmente financiada por los gobiernos de Canadá y el Reino Unido, y algunas grandes empresas multinacionales, con el objetivo de conseguir establecer soluciones viables, este año han comenzado con el gobierno de Indonesia, que podrían ser luego adaptadas e implementadas en otros países. [20]

Entre octubre y noviembre 2020 se han realizado varios encuentros de diversas empresas multinacionales con propuestas para convertir la “basura” en plásticos reusables con el doble objetivo de reducir la acumulación de plásticos en desuso y extraer el plástico reutilizable. El CEO de la empresa UBQ Materials de Israel, explica como la basura puede convertirse en nuevos materiales termo plásticos, que pueden ser competitivos en precio y además reducir las emisiones que ocurren en el ciclo de vida tradicional de plásticos. También Unilever propone reducir a la mitad los plásticos en diversos productos con un plan de recuperación, y dar un certificado RSPO para ayudar a las comunidades productoras de alimentos. [21]

Por su parte, Coca Cola se propone un plan de sustentabilidad a sus asociados europeos para llegar a tener un 100% de botellas recicladas. La estrategia es usar materiales reciclados, un fuerte desafío que compara los costos económicos del plástico reciclado versus el uso de materia prima virgen. [22]

2.9. Organizaciones intergubernamentales de alcance global para mitigar y/o reducir el efecto de los materiales plásticos.

Atendiendo a los múltiples problemas que se observan en amplias zonas geográficas por el uso intensivo de productos químicos peligrosos (PQP), en los comienzos de este siglo, el Programa de la Organización de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, o UNEP por sus siglas en inglés) estableció tres Convenios relacionados con los cuidados que requiere el manejo de ciertos PQP, Argentina ha firmado su compromiso con los 3 convenios). Recientemente, fueron asociados bajo la sigla BRE, que se refiere a los Convenios de Basilea (regula fundamentalmente el transporte), Rotterdam (alerta temprano para los países importadores, PICs) y Estocolmo (regula la producción de los productos orgánicos persistentes, POPs).

Alerta a los serios inconvenientes ocasionados por los materiales plásticos, en el año 2019 la UNEP ha incorporado a nivel Global, un nuevo capítulo de tratamiento de productos químicos peligrosos dedicado a la discusión de las propiedades y características de los polímeros plásticos (23).

El Programa constituye un compromiso que asumen los países firmantes de cada convenio, los Convenios BRE han sido firmados por la mayoría de los países (cada convenio tiene aproximadamente entre 170-190 países signatarios). El Programa tiene un especialista en PQP designado por cada uno de los países miembros, con los que se conforma un Comité de expertos. Miembros del Comité se reúnen anualmente para examinar nuevos estudios de productos químicos, que revelan la toxicidad para la salud humana y/o el ambiente de productos en uso y/o recientemente introducidos en el mercado.

Por su parte, las autoridades de gobierno de todos los países firmantes se reúnen en Asamblea COP) cada dos años, para decidir si se adoptan las medidas aconsejadas por el Comité de expertos en cada caso, o si hacen falta más estudios para llegar a una decisión, en cuyo caso vuelve a ser revisado al año siguiente en una nueva sesión del Comité de Expertos. Este proceso se repite todas las veces que sea necesario, en los períodos entre sesiones los países van aportando nuevos estudios, hasta que las recomendaciones sean aceptadas por unanimidad en la Asamblea

En el caso del reciente Convenio dedicado a los Plásticos, (del cual también Argentina es signatario), la Asamblea, reunida por primera vez en el año 2019 adoptó importantes resoluciones referidas a la “basura” plástica en ambientes marinos [24] y a los plásticos “de un solo uso” [25], entre otros temas.

A este respecto, cabe destacar que, consecuente con los compromisos adquiridos, en Noviembre 2020, el Senado de la Nación Argentina, aprobó el Proyecto de Ley de Presupuestos Mínimos para Plásticos de un solo uso. El texto del Proyecto es muy completo, los considerandos contienen muchos de los conceptos vertidos en la Sección 2 de este capítulo, en especial lo que concierne a “envases descartables” y la estrategia de la UE al respecto. También se ha

presentado un proyecto de ley para prohibir el uso de micro-perlas y microesferas de plásticos en productos de cosmética y de higiene oral odontológica.[26]

CONCLUSIONES

Una evaluación del impacto de los residuos plásticos, que tenga en cuenta solamente los componentes del producto, descartando los miles de aditivos y su evolución en cada etapa del ciclo de vida, es no solo incompleta sino también peligrosa. El conocimiento acumulado en estos últimos años amerita la adopción de un enfoque precautorio sobre todo su ciclo de vida, y la decisión de tender a reducir la producción global de plásticos y de sus usos. En este sentido, es meritorio destacar los recientes planes de acción global generados por acuerdos entre países y regiones, la interacción de productores, usuarios y consumidores, y las decisiones conjuntas adoptadas recientemente por la gran mayoría de los gobiernos reunidos en Asamblea, con el objetivo de mitigar y/o reducir el impacto de los polímeros plásticos en la salud humana y el ambiente

REFERENCIAS

- [1] N. Zaritzky, N. S. Nudelman, “*Gestión de los Residuos Plásticos. Una preocupación Global*”. Instituto del Ambiente, Academia Nacional de Ingeniería, (2020)
- [2] W. W. Y. Lau, Y. Shiran, R. M. Bailey, E. Cook, M. R. Stuchtey, J Koskella, C. A. Velis, L. Godfrey, J. Boucher, M. B. Murphy, R. C. Thompson, E. Jankowska, A. Castillo Castillo, T. D. Pilditch, B. Dixon, L. Koerselman, E. Kosior, E. Favoino, J. Gutberlet, S. Baulch, M. E. Atreya, D. Fischer, K. K. He, M. M. Petit, U. R. Sumaila, E. Neil, M. V. Bernhofen, K. Lawrence, J. E. Palardy. *Science*. **10.1126/science.aba 9475** (2020).
- [3] C. Gallistl, J. Sprengel, W. Vetter. *Sci Total Environ* **615**, 1019-1027(2018).
- [4] B. Yuan, A. Strid, P. O. Darnerud, C. A. de Wit, J. Nyström, Å. Bergman, *Environ Int* **109**, 73-80 (2017).
- [5] *Plastic’s toxic additives and the circular economy, Regional Activity Centre for Sustainable Consumption and Production (SCP/RAC) - Regional Centre under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants – IPEN* (2020).
- [6] J. N Hahladakis. *An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling*. Hazardous Materials: Elsevier, (2017).
- [7] European Commission: *Single use plastics-impact –assessment: proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of the impact of certain plastics products on the environment-* Brussels, 28 /05/2018-SWD 254 (2018)

- [8] European Commission. *Assessment of measures to reduce marine litter from single use plastics. Final Report and Annex*- ICF Eunomia — Job number J320301241 www.icf.com 30 mayo (2018)
- [9] M. Schlummer, L. Popp, F. Trautmann, F. Zimmermann, A. Mäurer. *Electronics Goes Green 2016+ (EGG)* Berlin, 2016.
- [10] American Chemical Council (ACC)- / The Association of Plastics Recyclers (APR)- “2018 United States national Postconsumer Plastic Bottle Recycling Report” www.plasticsrecycling.org www.americanchemistry.com (2018)
- [11] CIEL- Center for international Environmental Law- “Plastic and Health. The Hidden Costs of a Plastic Planet”-Febrero 2019 www.ciel.org/plasticandhealth
- [12] A.C. Buekens. *PVC and waste incineration – modern technologies solve old problems*, in: *The 6th International Conference on Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control: Waste to Wealth*. Elsevier (2010).
- [13]. J. N Hahladakis. *An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling*. Hazardous Materials: Elsevier, (2017).
- [14] R. Weber, C. Herold, H. Hollert, J. Kamphues, M. Blepp, K. Ballschmiter, *Environmental sciences Europe*, **30**(1), p. 42. (2018)
- [15] K. Zhang, J. Huang, H. Wang, G. Yu, B. Wang, S. Deng, J. Kanoband, Q. Zhang. *RSC Advances* **4**(28), pp. 14719-1472 (2014).
- [16] EEA Report N° 02/2019 *Preventing Plastic Waste in Europe* ISBN-978-92-9480-194-4 www.eea.europa.eu/publications. Junio (2018).
- [17] EEA- European Environmental Agency- “What are European countries doing to tackle plastic waste?” www.europe-eu Junio (2019).
- [18] European Commission: *Fact Sheet- Brussels 28/05/2018. Single use plastics. New EU rules to reduce marine litter*. (2018)
- [19] AEPW-Alliance to end plastics Waste. Sustainable Packaging Coalition. Program Hefty Energy Bag. (2019)
- [20] Global Plastics Association for Solutions on Marine Litter- 4° Progress Report - www.marinelittersolutions.com. March (2018)
- [21] Innovation Forum, November 20, (2020).
- [22] Innovation Forum, October 29 (2020)

- [23] UNEP/EA.4/3 “Towards a Pollution Free Planet”; UNEP/EA. 4/11 “Análisis de los compromisos voluntarios aplicables a la basura marina y los microplásticos, de conformidad con la Res 3/7. (2019)
- [24] UNEP/EA.4/Res.6, Basura marina y microplásticos, Resolución de la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ANUMA IV (2019).
- [25] UNEP/EA.4/Res.9 Abordando la contaminación por los plásticos de un solo uso. Resolución de la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, UNEA IV (2019).
- [26] Honorable Cámara del Senado de la República Argentina, Aprobación de la Ley de Presupuestos Mínimos para Plásticos de un solo uso”, Noviembre 20, 2020

POLÍTICAS PÚBLICAS A LARGO PLAZO PARA UNA CORRECTA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. ESTRATEGIAS PARA SOSTENER LAS POLITICAS AMBIENTALES EN LAS CIUDADES.

María Paz Caruso, Claudia Gabriela Isaurralde, Gisela Daniele*

Municipalidad de Rafaela – Secretaría de Ambiente y Movilidad
ambienteymovilidad@rafaela.gob.ar

Resumen

En los últimos años algunos gobiernos locales han incorporado como ejes de trabajo en sus agendas la temática de la sustentabilidad, punto fundamental para comenzar a pensar en una nueva forma de hacer política en relación con las personas, la naturaleza, la ciudad y su entorno.

En la ciudad de Rafaela el municipio ha puesto en marcha en el año 2010 el Programa Rafaela+Sustentable. La ciudad venía trabajando en forma sostenida, para ofrecer a vecinos y visitantes una ciudad limpia y ordenada. Luego decidió continuar con el desarrollo de las acciones y potenciar muchas de ellas, incluida la creación del Instituto para el Desarrollo Sustentable como ente autárquico, en el contexto de una sociedad participativa que se apropió del Programa, del Instituto, de sus ejes de trabajo y de todas sus iniciativas.

El IDSR se conformó entonces como un espacio de trabajo comprometido y participativo. Desde el Programa Rafaela + Sustentable en adelante, se repensó todo el sistema de gestión de residuos de la ciudad y se avanzó en un cambio de paradigma, bajo la idea que los residuos pueden convertirse en materias primas de otros procesos productivos. A partir de la intervención en toda la cadena de valorización, se ha propuesto un modelo integral de gestión de residuos sólidos urbanos que se mantiene hasta la actualidad con la inclusión de aspectos de la economía social que forman parte de la cadena de valor de la economía tradicional.

Palabras clave: paradigma, vínculos, sostenibilidad, economía circular, economía social.

Abstract

Long-term public policies for a correct management of urban solid waste. In recent years, some local governments have incorporated the theme of sustainability into their agendas, a fundamental point to start thinking about a new way of doing politics in relation to people, nature, the city and its environment.

In the city of Rafaela, the municipality has launched the Rafaela + Sustainable Program in 2010. The city had been working steadily to offer residents and visitors a clean and orderly city. Then he decided to continue with the development of the actions and promote many of them, including the creation of the Institute for Sustainable Development as an autarkic entity, in the context of a participatory society that appropriated the Program, the Institute, its lines of work and of all your initiatives.

The IDSR was then formed as a committed and participatory workspace.

From the Rafaela + Sustentable Program onwards, the city's entire waste management system was rethought and a paradigm shift was made, under the idea that waste can become raw materials for other production processes. Based on the intervention in the entire value chain, a comprehensive urban solid waste management model has been proposed that is maintained to date with the inclusion of aspects of the social economy that are part of the economy's value chain traditional.

Keywords: paradigm, links, sustainability, circular economy, social economy.

INTRODUCCION

Rafaela es una ciudad ubicada en la llanura pampeana argentina. Es cabecera del departamento Castellanos y la tercera localidad en importancia de la provincia de Santa Fe. Situada en el corazón del territorio nacional resulta un punto estratégico en el corredor productivo comercial de la Argentina y países limítrofes, gracias al desarrollo de su actividad agroganadera e industrial.

Es una ciudad de 120.000 habitantes que tiene aproximadamente 300 instituciones de diversa índole, 93 establecimientos educativos con más de 30 mil estudiantes en todos los niveles y más de 500 industrias que conforman actualmente su base productiva. El emprendedurismo, la creatividad, las instituciones, las fábricas y comercios de Rafaela, se sustentan en la trayectoria, pero su principal recurso es el futuro.

Rafaela es referente a nivel regional y nacional en políticas socio ambientales, y cuenta con un trabajo de más de una década. Su gestión en Políticas

Públicas Ambientales a largo plazo ha ido creciendo progresivamente con acciones concretas que perduran en el tiempo¹.

En la ciudad de Rafaela el municipio ha puesto en marcha en el año 2010 el Programa Rafaela+Sustentable (R+S). La ciudad venía trabajando en forma sostenida, para ofrecer a vecinos y visitantes una ciudad limpia y ordenada, en un esfuerzo por valorizar la importancia que tienen los espacios para la convivencia y el correcto tratamiento de los residuos.

A partir del Programa R+S, se agregó la vocación por rescatar todas las ideas fuerza que el cuidado por el ambiente reclama: una nueva mirada hacia el tratamiento de los residuos, la promoción por el uso de nuevas formas de energía, la potenciación de emprendimientos vinculados a lo ambiental, la protección de la biodiversidad, la educación de los ciudadanos y nuevas generaciones en valores útiles, básicos y fundamentales para entender que estos cambios estarán en la conciencia y en la acción de cada vecino, o no serán (Costamagna & Jurado, 2010: 5).

El espíritu que anima estas acciones registró dos modos de trabajar asociados a una impronta indispensable para lograr perdurabilidad en los objetivos alcanzados. Cada emprendimiento se abordó hacia adentro por el trabajo transversal y asociado de áreas del municipio vinculadas a distintas secretarías, y hacia afuera, movilizándolo el interés, el esfuerzo y la colaboración de instituciones de la ciudad, que no podían estar ausentes en la concreción de esas políticas de interés comunitario.

El Programa se inició con la gestión del Intendente Omar Perotti (2008-2011), y el actual Intendente Luis Castellano decidió continuar con el desarrollo de las acciones y potenciar muchas de ellas, incluida la creación del Instituto para el Desarrollo Sustentable de Rafaela (IDSR, Ordenanza 4785. Año 2015) como ente autárquico, en el contexto de una sociedad participativa que se apropió del programa, del instituto, de sus ejes de trabajo (educación y comunicación ambiental, cuidado del agua, verde urbano y biodiversidad, movilidad sustentable, eficiencia energética, gestión integral de residuos y empleo verde) y de todas sus iniciativas.

A este escenario local se sumaron dos situaciones claves del contexto internacional tales como la “Encíclica Laudato Si, sobre el Cuidado de la casa común” elaborada por el Papa Francisco y el último “Acuerdo sobre Cambio Climático en París”, ambos sucesos del año 2015 que contextualizan y refuerzan esta iniciativa con una mirada hacia el futuro.

El IDSR se conformó entonces como un espacio de trabajo comprometido y participativo. Cuenta con un Consejo Ambiental conformado por diferentes instituciones de la ciudad que asesoran, acompañan y trabajan conjuntamente cuestiones ambientales. Y lleva adelante acciones en conjunto con casas de estudios, empresas e instituciones de la ciudad, sumando cada vez más sectores y actores a la

1 Más información: www.rafaela.gob.ar.

cuestión ambiental. Y si bien es un ente autárquico, representa un espacio creado por el Municipio para ponderar la cuestión ambiental de Rafaela.

Es importante también mencionar que el IDSR forma parte de la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático, y trabaja fuertemente con acciones específicas y políticas de estado sostenidas sobre 10 de los 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible propuestos por la ONU.

1. La Gestión Integral de Residuos

1.2 Modelo de Gestión Integral de Residuos

Una de las áreas en las que más aportes ha realizado es en la gestión y transformación de los residuos. Entre 2010 y 2011 no sólo se sancionó una ordenanza que regula el sistema de gestión de residuos sólidos urbanos de toda la ciudad (Ordenanza 4.404), sino que también se repensó todo el sistema, bajo la idea que los residuos pueden convertirse en materias primas de otros procesos productivos. Fue necesario intervenir en toda la cadena de valorización, desde la separación de los residuos recuperables y no recuperables en el hogar, la creación de espacios para valorización de materiales provenientes de los residuos hasta la disposición final en el relleno sanitario.

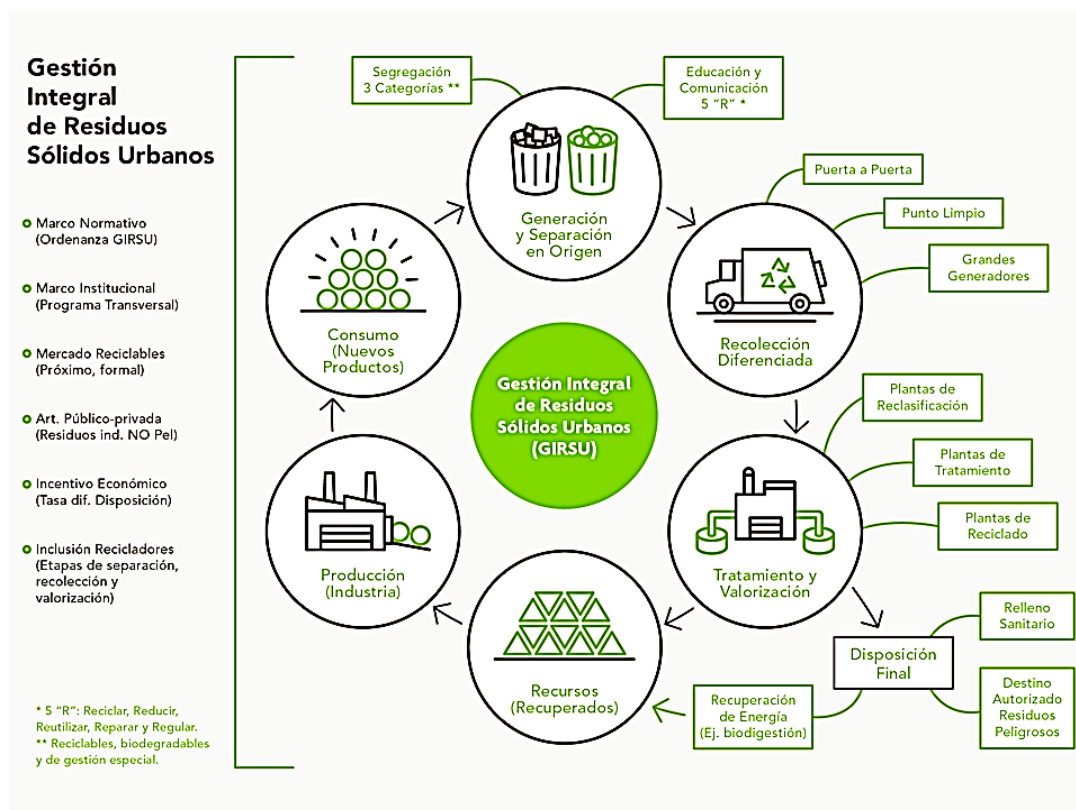


Fig. 1. Modelo GIRSU Rafaela

El municipio cuenta actualmente con ocho sistemas de recolección, y un cronograma de recolección de materiales reciclables que se realiza dos veces a la semana en los domicilios de la ciudad. Además existen un punto de reciclado denominado Eco Punto donde los vecinos y vecinas llevan sus materiales correctamente separados y un Punto Verde Móvil que recorre los barrios de la ciudad. La ciudad se ha propuesto un modelo integral de gestión de residuos sólidos urbanos que se representa en el siguiente esquema:

Este plan integral GIRSU se convirtió en un instrumento central en la planificación desde la generación - disposición inicial – recolección – transporte – tratamiento transferencia/disposición final.

1.2.1 Objetivos del Modelo

1. Minimizar la cantidad de residuos sólidos urbanos generados y enviados a disposición final.
2. Utilizar metodologías y tecnologías de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos que eviten riesgos para la salud y el ambiente.
3. Promover la adecuada información y participación de la ciudadanía en las acciones relacionadas con la gestión de residuos.
4. Proteger y racionalizar el uso de los recursos naturales a largo y mediano plazo y contribuir a detener el cambio climático.
5. Generar empleo verde e inclusión social.

El tratamiento de los residuos se lleva adelante en el Complejo Ambiental un predio de 33 hectáreas ubicado en el sector oeste de nuestra ciudad que agrupa acciones que van desde la disposición final de residuos hasta la recuperación y valorización de los mismos. Forman parte del Complejo Ambiental: la planta de recupero, el relleno sanitario y el parque tecnológico del reciclado, este último creado bajo la ordenanza N° 4453, que tiene como objetivo facilitar la radicación de industrias transformadoras de residuos en materias primas, e inició licitaciones para la instalación de industrias de recuperación.

El Complejo Ambiental Rafaela, es un predio de trabajo y también de uso educativo, ya que integra en todas las etapas del proceso de los residuos acciones informativas y de concientización para quienes lo visitan. En la Planta de Recupero trabajan actualmente 3 Cooperativas de Recicladores Urbanos, organizadas en sectores, horarios y espacios de trabajo, que involucran a más de 70 familias de la ciudad. Esta modalidad de trabajo conjunta logró que de 161 toneladas recuperadas por mes en 2010 se llegue a 282 toneladas por mes en el año 2019. Un logro que también permite el 80% de la población de Rafaela que separa a diario sus residuos y también los grandes generadores involucrados en la correcta disposición final de residuos.

Entre algunos hitos en el Complejo Ambiental la Planta de Recupero y el relleno sanitario han optimizado su funcionamiento, logrando mayor eficiencia y

productividad, y también mejores condiciones de seguridad e higiene. Así mismo se han abierto nuevos espacios educativos como la Sala de Usos Múltiples construida con materiales reciclados, y productivos como el Parque Tecnológico de la Industria del Reciclado que como se mencionó anteriormente cuenta con la radicación de plantas para el tratamiento de diversos residuos (Planta de Tratamiento de Aceite Vegetal Usado, Planta de Compactación de Metales, Planta de Biodigestión, Planta de Tratamiento de Envases Plásticos, Planta de Tratamiento de Aceite Mineral Usado y Planta de Tratamiento de Neumáticos).

Esto implica una perspectiva holística e interdisciplinaria, donde no se conciben ámbitos parciales de actuación (como la recolección), sino que se piensa que a la gestión de Residuos Sólidos Urbanos también le incumbe minimizar lo que se genera, clasificar, recolectar, disponer controladamente el resto y generar empleo, entre otros aspectos. Se trata de un modelo de transversalidad de políticas que permite no perder de vista el carácter integral de la gestión, como sistema de interrelaciones donde ciertos componentes individuales se complementan unos con otros, y en el que tanto los aspectos técnicos como los socioeconómicos y políticos son analizados conjuntamente, porque en la realidad se encuentran interrelacionados.

1.3 Educación y comunicación ambiental. Campaña Creando Conciencia

Sumando el hábito de separar se generan menos residuos, porque se pueden reciclar materiales que serán recursos. Pero dicha clasificación en origen no es aprovechable si no se dispone en los horarios y días establecidos por el municipio. Por lo tanto, la campaña difunde la existencia de un Relleno Sanitario en Rafaela donde funciona una Planta de Recupero de materiales cuyo personal proviene de un sector social vulnerable y cuyos ingresos económicos dependen del volumen recuperado. Los vecinos resultan una parte fundamental de la transformación. La participación ciudadana, implica la clasificación en origen, la disposición adecuada y el respeto al cronograma de recolección de residuos, en los horarios y días establecidos. Por eso los mensajes se centran en que si se clasifican correctamente los residuos en el hogar, se contribuye con el cuidado del ambiente, permitiendo el reciclado o recuperación de materiales que pueden ser reutilizados en los procesos productivos, disminuyendo los impactos ambientales y aportando a la economía de las cooperativas.

1.3.1 Objetivos del Programa:

Los objetivos generales de la campaña “Creando Conciencia” que lleva a cabo el municipio son:

- Incrementar la participación ciudadana en el servicio público de recolección diferenciada de residuos recuperables.
- Corregir prácticas inadecuadas en la disposición de los residuos en la vía pública.

Y los objetivos específicos:

- Promover la clasificación de residuos en el hogar a través de campañas de educación y sensibilización ambiental puerta a puerta.
- Informar sobre cronogramas de recolección diferenciada, de patio y común.
- Concientizar a la población sobre los beneficios económicos, ambientales y sociales de participar en el servicio de recolección diferenciada de residuos recuperables.

Con el siguiente plan de acción:

- Sensibilización y educación ambiental puerta a puerta: a través de la charla con el vecino las promotoras ambientales explican los beneficios ambientales, sociales y económicos de la clasificación de residuos.
- Actividad con escuelas en los barrios: se propuso a las escuelas de los barrios más conflictivos en el manejo de los residuos participar en la difusión del mensaje.
- Acuerdo voluntario de responsabilidad ambiental: se convocó a las empresas e instituciones locales a la firma de un Acuerdo, mediante el cual el adherente se comprometió a difundir la recolección diferenciada de residuos recuperables y analizar propuestas de minimización de generación de residuos por parte del Municipio.
- Cuadrillas de voluntarias: en los barrios de mayor desorden y falta de higiene se formaron grupos de voluntarias de los mismos barrios involucrados con el objetivo de limpiar semanalmente el espacio público.
- Visitas de escuelas al predio del Complejo Ambiental: recorridas educativas y actividades de aprendizaje en el lugar.
- Visitas de las integrantes de las Cooperativas a escuelas e instituciones para dar a conocer su trabajo.
- Teléfonos de información, página web, comunicación en los principales medios de difusión.

A nivel estadístico la Campaña Creando Conciencia involucra a 10 jóvenes (alumnos de instituciones educativas de la ciudad) que actúan como personas en territorio, llegando anualmente a más de 9000 estudiantes de escuelas de todos los niveles, a 23.000 hogares de más de 25 barrios con la difusión puerta a puerta y a 20.000 hogares con el control de separación diferenciada en 21 barrios de Rafaela. Con un incremento cada vez mayor y un verdadero compromiso social, se continúa trabajando desde hace más de 12 años en la campaña.

2. Cooperativas de Recicladores Urbanos

2.1 Impacto social. Proceso de transformación.

Si nos ubicamos en el proceso histórico del inicio de estas organizaciones podríamos decir, que surgen de un grupo de familias que realizaban el cirujeo de los materiales ingresantes al basural a cielo abierto que existía en la ciudad de Rafaela. Lo que recuperaban les permitía la subsistencia diaria de su economía familiar.

Las familias que realizaban esta actividad,provenían de sectores barriales del norte de la ciudad con características comunes: baja calificación laboral, sin estudios primarios, mujeres sostén de familia, grupos familiares numerosos. Pero con un saber y una cultura interiorizada del reciclado que les permitió con el transcurrir de los años ser un eslabón clave de la gestión de RSU (Residuos Sólidos Urbanos) de la ciudad.

A modo de secuencia cronológica, podemos señalar algunos hitos. En el año 1998 la Municipalidad compra un terreno de 33 hectáreas que fue destinado a la disposición de residuos con la metodología de relleno sanitario. Entre el año 2001 y 2002 surge el programa “Jefes de Hogar”, a través del mismo se convoca a todas las familias erradicadas en el viejo basural, para realizar la contraprestación para efectuar la separación de residuos recuperables. A fines del 2005 se constituyen en emprendimientos asociativos para realizar el servicio de reciclado de materiales recuperables. Y en el 2007 se conforman como cooperativa, bajo la Resolución 3026 y a partir de allí se comienza a trabajar de manera organizativa para realizar todo el proceso que constituye actualmente la actividad.

Ya en el año 2011 mediante la nueva gestión municipal, encabezada por el intendente Luis Castellano, a través de la Subsecretaría de Economía Social y Empleo, se conforma un equipo de tutoría de cooperativas con el objetivo de asesorar y acompañar técnica y profesionalmente a las cooperativas que prestaban servicio a la Municipalidad. Entre ellas las cooperativas de recicladores urbanos. Estas organizaciones se encontraban en una situación diaria muy compleja, ya que recibían un bajo precio de parte de los intermediarios por los materiales que recuperaban. La intervención del equipo tutor a través del marco de la Subsecretaría permitió llevar adelante una planificación de acciones con el objetivo de ordenar y organizar a las cooperativas en distintos aspectos: legal, administrativo contable, comercial, procesos productivos entre otros. Dicho acompañamiento, no solamente ha sido de recursos humanos, sino también de fortalecimiento económico.

Apostando al fortalecimiento institucional, ese mismo año, en el marco de la Ordenanza N° 4557, el municipio aporta una suma de dinero mensual atendiendo a los desfases de ingresos de los integrantes de las cooperativas, que es distribuido internamente por mérito al presentismo. En este mismo sentido se materializó el fondo compensador en el año 2012, bajo la Ordenanza N° 4528, que implicó la afectación del canon a un fondo compensador para garantizar mejoras en el proceso productivo.

Entre el año 2012 y 2014 además se presentaron proyectos en el marco de programas del Ministerio de desarrollo Social, gracias a los cuales las

Cooperativas contaron con un desembolso de \$ 1.850.000 aproximadamente que les permitió incorporar a la planta dos prensas verticales, un triturador de plástico, un auto-elevador, una cinta clasificadora de plástico, insumos (flejes, hebillas), elementos de seguridad, calzado, ropa de trabajo, equipos de lluvia, entre otros.

La incorporación del equipamiento en la Planta de Recupero, generó mejoras productivas de los procesos, minimización de los tiempos operativos, mejoras de clasificación y calidad de materiales recuperables. Sumando a esto se realizaron capacitaciones en conducción de autoelevadores, llevadas adelante por el centro de ex graduados de la UTN y mediante un convenio con la firma Williner S.A, los conocimientos y la experiencia adquirida, permitió generar autonomía de trabajo, ya que anteriormente dependían de disponibilidad de los recursos humanos municipales para el uso de estos equipos.

Gracias al acompañamiento del estado local, a partir de la articulación y el marco normativo, el reciclaje de RSU ha logrado consolidarse durante los últimos años. Y la actividad logró desarrollarse de manera escalonada, ampliando el universo de actores participantes y abriendo **espacios** de articulación con el sector público y privado. Las cooperativas han logrado insertarse dentro del reciclaje como un espacio innovador de generación de empleo acompañado de la distribución equitativa de ingresos y de la re-articulación de lazos de solidaridad en los sectores más necesitados.

También en este sentido, el apoyo sostenido de las distintas organizaciones desde los distintos sectores de la sociedad, se constituye hoy en día, una herramienta fundamental para permitir el crecimiento del sector que representa una vía de generación de empleo y de recomposición de lazos a través de la asociatividad.

Además del trabajo de recupero de materiales, los asociados de las cooperativas realizan acciones de concientización ambiental. Acompañan al programa Creando Conciencia en capacitaciones en las escuelas, instituciones, centros barriales, y demás espacios. Estos programas contribuyen a que los residuos lleguen al relleno sanitario previamente separados en origen y que los ciudadanos se comprometan cada vez más con la situación.

El Municipio cumplió un rol fundamental para el desarrollo y crecimiento de las cooperativas.

1. Acompañamiento social y económico.
2. Provisión de herramientas para la organización del trabajo y de los equipos.
3. Consejo de Administración. Asesoramiento frente a oportunidades y decisiones.
4. Definición del Reglamento Interno.
5. Registro de Efectores.

6. Monotributo Social.
7. Mantenimiento y mejoras en las instalaciones para el desarrollo de la actividad.
8. Materiales y herramientas para potenciar el trabajo.
9. Acuerdos institucionales y convenios para aumentar la cantidad de materiales recuperados.
10. Acciones de concientización en empresas y ciudadanía en relación a la separación de residuos.
11. Marco normativo y regulatorio para el desarrollo independiente de la actividad.

2.2 Impacto económico. Comercialización de materiales.

El crecimiento integral de las Cooperativas se debe también a la mejora de la rentabilidad, producto de un crecimiento de las ventas. Minimizar los costos productivos, de insumos y materiales (flejes, hebillas), herramientas varias y adquisición de ropa de trabajo y calzado, permitió afrontar el incremento de gastos logísticos, producto del traslado de los materiales comercializados a Buenos Aires donde la oferta de pago es superior a otros mercados.

Pero como el mercado comercial del reciclado de materiales recuperables es muy amplio, las cooperativas están comercializando sus productos con compradores de la provincia de Santa Fe y de la ciudad de Buenos Aires. Los materiales reciclados tienen un precio por kilo en el mercado, la variabilidad del mismo es en relación a las características y calidad de clasificación de cada producto. Los materiales son presentados al comprador según composición (papel, cartón. PET, tetra, PEAD, otros) en fardos de aproximadamente 300 a 500 kilos.

Además de todas estas acciones, desde principios del año 2013, la Municipalidad de Rafaela ha llevado a cabo acciones de capacitación y concientización con el ciudadano rafaelino y acuerdos con la Cámara de Supermercados de la ciudad y con empresas de la ciudad (Williner S.A., Austin Powder, entre otras). Producto de estos compromisos de colaboración del sector privado con las cooperativas en su conjunto, se ha tenido un incremento considerable de materiales reciclables: cartón, nylon y tetrabrick el cual se estima en un promedio de 50 a 55 toneladas mensuales, y cuya distribución se realiza a todas las cooperativas que trabajan en el Complejo Ambiental. Gracias a estas gestiones y acciones actualmente las cooperativas se encuentran en una etapa de crecimiento productivo, generado principalmente por un mayor ingreso de materiales reciclables.

2.3 Impacto ambiental. Recupero de materiales. Indicadores sustentables

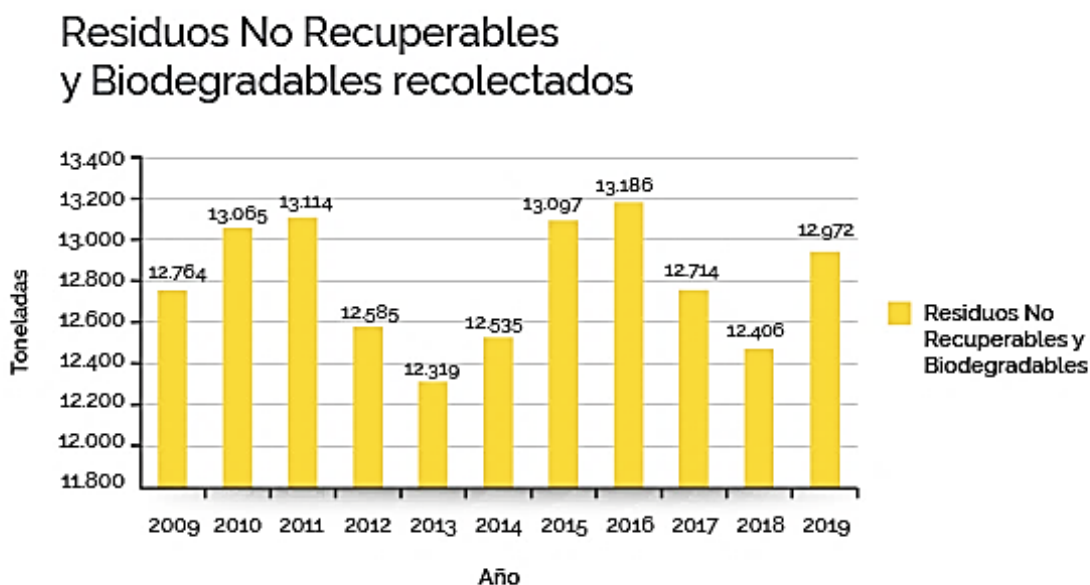


Fig. 2. Recolección de Residuos Domiciliarios

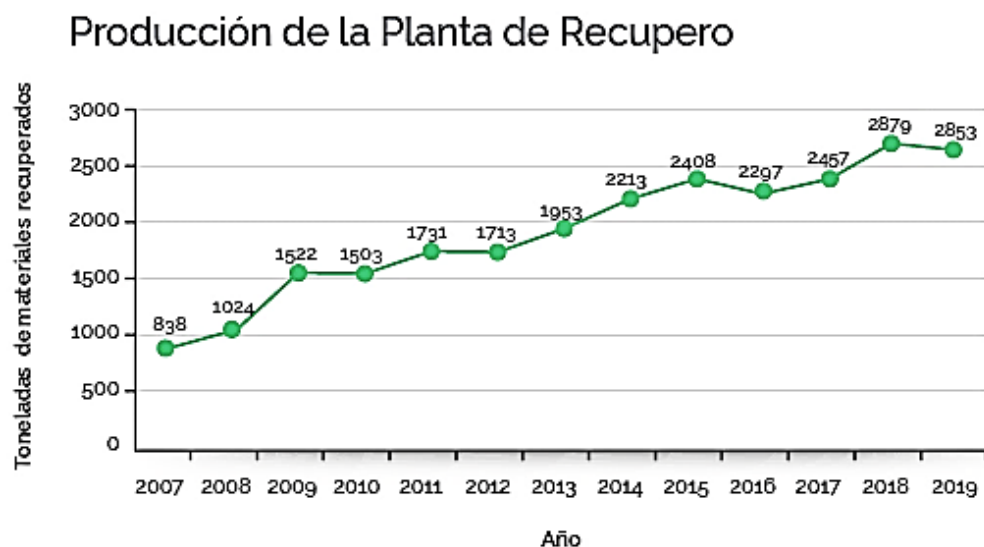


Fig. 3. Producción anual Planta de recupero

Tabla 1. Recupero de Plásticos en Planta de Recupero (Año 2019)

2019	PET CRISTAL	PET COLOR	PEAD MEZCLA	PEAD PURO	PLAST. DURO	NYLON
ENERO	9.14	3.64	0.38	2.16	3.78	38.28
FEBRERO	4.98	0.68	0.77	5.71	4.62	18.00
MARZO	12.72	2.91	1.98	5.04	4.04	12.27
ABRIL	5.13	3.58	0.00	0.00	9.53	9.02
MAYO	8.36	0.38	0.98	3.62	7.70	11.55
JUNIO	10.30	5.74	0.69	4.80	2.38	14.34
JULIO	7.91	1.93	0.50	2.53	0.00	7.50
AGOSTO	8.26	0.00	0.50	1.93	2.86	0.50
SEPTIEMBRE	4.66	3.17	0.90	3.36	2.10	24.40
OCTUBRE	9.74	3.62	0.54	3.19	3.23	5.72
NOVIEMBRE	9.45	3.21	0.94	2.49	5.36	22.64
DICIEMBRE	10.81	0.00	0.66	2.42	2.00	0.00
TOTAL ANUAL	101.46	28.86	8.84	37.25	47.60	164.22
PROMEDIO MENSUAL	8.46	2.41	0.74	3.10	3.97	13.69

3. Resultados obtenidos de las políticas sostenibles delineadas y aplicadas

Como conclusiones podemos destacar varios acontecimientos que sucedieron, gracias a un Estado presente y a un plan de políticas públicas a largo plazo, acompañadas desde el marco normativo, institucional y social, en más de 20 años de trabajo en material ambiental.

- Se eliminó la quema de residuos del basural a cielo abierto, con la creación del Relleno Sanitario.
- Se desarrolló e implementó tecnología para el sistema de disposición final de residuos.

- Se llevaron a cabo de planes de viviendas para mejorar las condiciones de habitabilidad de trabajadores de la economía social.
- Se disminuyeron los riesgos sanitarios.
- La implementación del proceso de recuperación y reciclado de residuos permite hoy recuperar alrededor del 40% de los residuos totales ingresados a Planta de Recupero, comercializarlos y generar un importante ingreso para las cooperativas.
- Se logró la reducción significativa de materiales de lenta degradación dispuestos en la celda de relleno, que ocupan gran volumen.
- Se impulsa la Inclusión social y promoción de acciones de Responsabilidad Social Empresaria en la ciudad.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista ambiental, el desafío del paso de basural a cielo abierto a relleno sanitario y luego un Complejo Ambiental impuso la necesidad imperiosa de que los residuos lleguen separados para asegurar el funcionamiento del relleno sanitario y sus correspondientes celdas. Como así, por otro lado, la llegada de residuos a la Planta de Recupero, lugar donde se desempeñan las cooperativas de recicladores realizando el trabajo de clasificación de residuos, contribuyendo a que los residuos que se depositan en la celda sean, únicamente, los no recuperables o biodegradables.

Desde la perspectiva socioeconómica, en la cual no sólo se entiende el desarrollo sustentable de la ciudad como un compromiso ético y político en relación al cuidado y la preservación del ambiente para las generaciones actuales y futuras, sino que también propone una mirada vinculada con la innovación y las nuevas oportunidades productivas que supone, aún en un contexto de crisis global, apostar por una economía verde que genere beneficios económicos (creación de nuevas empresas y emprendimientos productivos) y sociales (creación de nuevos puestos trabajos, reducción de la pobreza). Para ello plantea como pilares a la innovación, la concertación público –privada, el espíritu emprendedor, la mirada de cadena y circular y la combinación de iniciativas acompañadas por políticas gubernamentales.

RELEVANCIA DE LA EDUCACION PARA LA CONCIENTIZACION DE BUENAS PRACTICAS DE USO, REUTILIZACION Y DESCARTE DE MATERIALES PLASTICOS

*Guadalupe Díaz Costanzo.¹ Daniela Claudia Badra.²
Delfina Berberian,³ Martina Uthurralt,³
Verónica Ramos³ y María Emilia Alvarez.³
Norma Sbarbati Nudelman^{4,5}*

¹Directora de Desarrollo de Museos, Exposiciones y Feria (MINCYT). ²Jardín de Infantes N 14, Gobierno de Tierra del Fuego. ³ECOPLAS. ⁴Instituto del Ambiente (ANI), ⁵Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Resumen

La enorme acumulación de residuos plásticos, ha provocado grandes daños ambientales, es imperioso modificar conductas en su utilización y descarte, y la mejor manera de impulsar buenos hábitos es comenzar desde temprana edad. Para cambiar el primer paso es entender, por ello es clave educar a los niños y niñas en la ciencia, tecnología, ingeniería y matemática, (STEM), para desarrollar las habilidades y competencias requeridas en este siglo y conocer los desafíos que presenta la “basura plástica” en su economía circular, para transformar los residuos en recursos. Abordar la cuestión ambiental con una visión integradora, incluye también ámbitos de educación no formal, programas de capacitación para recuperadores urbanos, y amplia difusión pública para que los ciudadanos conozcan la complejidad del tema, lo analicen con pensamiento crítico y vehiculicen cambios de comportamiento, que promuevan la mitigación del impacto y contribuyan al bienestar colectivo.

Palabras clave: Educación en STEM y concientización, economía circular, capacitación de recuperadores urbanos, consumo responsable, participación comunitaria.

Abstract

Relevance of the education for the awareness of good practices in the management of the plastic waste in particular. The enormous accumulation of plastic waste has produced great environmental damages, to modify behaviour in the consumption and disposal of plastic materials is an urgent need, and the best way to promote good practices is starting in early age. To change the first step is to understand; it is *key* to educate boys and girls in science, technology, engineering and mathematics, (STEM) for developing the abilities and competences that are required in this century

and to understand the challenges that faces the “circular economy” for the management of “plastic waste”, transforming residues in resources. An integrate approach, includes also non formal education spaces, capacity building programes for urban reclaimers and a wide public dissemination for the citizen understanding of the subject complexity with critical thinking and promote behavioural changes for to mitigate the plastic impact and contribute to the collective welfare.

Key words: STEM education and awareness, circular economy, urban reclaimers capacity building, responsible consume, community involvement.

INTRODUCCION

“En 1991, comencé a organizar la Olimpiada Argentina de Química (OAQ) como una forma de estimular a los jóvenes a seguir la Carrera de Química...” [1] La Directora de un colegio, me pidió que conversara con los estudiantes porque detestaban la Química, entonces pensé un “experimento”: llamé dos voluntarios, y les dije que iban a ir despojándose de toda prenda donde hubiera química. Comenzamos por la joven. “Esto es lana” – me dijo- tocando su sweater rojo. “Correcto, pero las ovejas no son rojas...afuera el sweater”. Luego el joven su chaleco azul, el calzado de ambos, las medias...y allí dejamos, porque se les hizo claro que cada vez habría más química sobre sus cuerpos: lycra, poliéster. ”Continúen el experimento en casa - les propuse- tendrán que tirar los colchones de poliuretano, las cortinas de poliéster, los envases de polietileno, etc, Fue impactante. [2].

Algo similar le sucedió a Susan Freinkel..., relata en su libro que cuando supo el daño ambiental que estaban causando los residuos plásticos en el planeta, decidió pasar un día entero sin tocar material plástico... no lo logró. Se propuso 4 hs. y tampoco!, finalmente comenta que no pudo pasar ni siquiera una hora sin tocar algún plástico... [3]

Estos materiales son de uso masivo, han mejorado enormemente la calidad de vida de muchas poblaciones y es impensable prescindir de ellos en la actualidad. No obstante, la enorme acumulación de residuos plásticos, ha provocado grandes daños ambientales, y es imperioso modificar cambios de conducta en su utilización y descarte, para ello es esencial el rol que juega la educación. En este capítulo se presentan experiencias innovadoras en el sistema educativo formal e informal. A fin de identificar separadamente la autoría de cada sección, se indican a pie de página, los autores que han colaborado en las distintas secciones, además del autor principal.

1. Sistema educativo formal¹

1.1. Educación en las escuelas

Un mes después de firmarse el histórico acuerdo de París para combatir el cambio climático, (IPCC, Nov 2015) científicos de varios países del mundo se reunieron en la Academia Pontificia de Ciencias para deliberar sobre los imperiosos cambios que debían adoptarse globalmente. Recomendaron medidas ambiciosas, enfatizaron el rol de la educación y la urgente necesidad de implementar un cambio de conducta, “desde abajo hacia arriba”, considerando a los niños y jóvenes “los verdaderos agentes del cambio”. [4]

Idéntico concepto es aplicable al tema de los plásticos, para modificar hábitos de conducta la UNESCO ha reconocido la necesidad imperiosa de involucrar a la educación, por ello es tan importante comenzar desde el nivel inicial a desarrollar y promover un uso responsable [5]. En este sentido, desde los respectivos Ministerios de Educación, se han implementado diversos programas y propuestas didácticas para concientizar a los alumnos sobre el daño que producen los residuos plásticos en los distintos ambientes y ecosistemas, y las posibles acciones para reducirlos.

“Escuelas Verdes”, por ejemplo, es un Programa que ya tiene más de 10 años, comenzó en la ciudad de Buenos Aires, y se ha ido extendiendo a diversos puntos del país. Además, de charlas en los distintos niveles de escuelas y colegios, de gestión pública y privada, también se promueven diversas acciones prácticas, que son relevantes para reducir los residuos plásticos, se describen con mayor detalle en la Sección 4.

Una propuesta más reciente tiene como objetivo reducir el uso de plásticos “de un solo uso” o descartables. Es muy común en las escuelas, tener dispensadores de agua con vasos descartables, a veces los niños se sirven muy poco, tiran los vasos y terminan en los tachos de basura. Se está promoviendo un uso responsable, tratando de que cada alumno utilice un solo vaso descartable por día, en algunas escuelas ya se han retirado por completo y cada alumno debe llevar su propio vaso reusable.

Otra iniciativa, promovida por el Ministerio de Educación con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, se refiere a la concientización sobre el uso de energía de fuentes no renovables para la manufactura de plásticos. Para reparar, de alguna manera, el daño provocado por las emisiones derivadas del uso de combustibles fósiles, los alumnos han plantado una cantidad muy representativa de árboles.

Otra acción es la llamada “una botella, una planta” por la cual los niños reciben semillas aptas para plantar, por cada botella plástica vacía que lleven, colaborando así en su recolección, y evitar que terminen abandonadas en cualquier sitio. Estos son unos pocos ejemplos de propuestas emanadas de autoridades del

¹ N. Sbarbati Nudelman email sbarbati04@gmail.com

sistema escolar, además los maestros y docentes en distintos ámbitos educativos formales, despliegan propuestas didácticas y acciones de muy diversa índole.

1.2. Educación basada en la Indagación

La Educación basada en la Indagación (ECBI), es un modelo de enseñanza que impulsa a cada alumno a desarrollar su propio entendimiento a través de procesos de indagación científica, acercándolos a situaciones semejantes a las que enfrentan los científicos. Para formar un futuro “ciudadano informado” en este siglo, no se puede prescindir de la ciencia y la tecnología, la vertiginosa generación del conocimiento requiere que los espacios de aprendizaje formal se conviertan en entornos estimulantes para la exploración y la experimentación. [6]

Con la ECBI se trata de estimular la curiosidad innata que poseen los niños y proponer una ciencia escolar relacionada con los conocimientos previos del educando y su contexto, con vivencias de exploración puede cuestionar sus hábitos previos y reconstruir su manera de entender el problema, da el protagonismo al alumnado [7] Los avances de las neurociencias, destacan la relevancia de la forma como se van construyendo los aprendizajes, la metodología se convierte así en el foco principal de la enseñanza. [8]

Desde el año 2004, la ANCEFN desarrolla el Programa HaCE (Haciendo Ciencia en la Escuela), realizando talleres aplicando la metodología ECBI, en escuelas y colegios para maestros y docentes de los 3 niveles de enseñanza. Es un cambio en la estructura educativa que parte principalmente, de la necesidad de llegar a los intereses del estudiante y la demanda de la sociedad y competencias del Siglo XXI, así el aprendizaje de conocimientos tiene la misma importancia que la adquisición de habilidades y actitudes. [9]

En la ECBI, los alumnos aprenden a formular preguntas, buscar evidencias mediante la experimentación, observar detalladamente, estimar, medir, utilizar herramientas y técnicas, plantear nueva investigación y llevarla a cabo. Se desarrollan habilidades cognitivas como analizar datos, reflexionar sobre los resultados, construir argumentos y proponer explicaciones lógicas y coherentes con base en evidencias, establecer relaciones y generar explicaciones. [10]

Para impulsar un cambio de hábitos en los educandos, el primer paso es que ellos entiendan el por qué, por ello los módulos HaCE presentan la problemática, por ejemplo, la basura plástica, con experimentos sencillos que abarcan aspectos diversos relacionados con las ciencias (biología, química, física), la tecnología, ingeniería y matemáticas, (STEM por sus siglas en inglés, o STEAM si agregamos Arte) STEAM estimula a niños y jóvenes a crear arte con la basura plástica, que comienzan recogiendo ellos mismos (Fig 1) [9]



Fig.1 Pez gigante realizado con restos de juguetes recogidos en la costa de Oregon (USA). Courtney Tenz

En el año 2012, la ANCEFN publicó un libro, con módulos desarrollados por los educadores e investigadores que constituyen el Programa HaCE, los contenidos científicos de cada módulo fueron revisados por los miembros académicos de la ANCEFN correspondientes a cada disciplina. En los talleres, los docentes trabajan en equipo como si fueran alumnos en el espacio áulico, con roles específicos para cada uno, el vocero de cada grupo presenta los resultados y argumentos, se promueven espacios para el debate, donde se defienden las ideas y explicaciones propuestas, se desarrolla pensamiento crítico y analizan hábitos de conducta, en un aprendizaje colectivo. Los roles se van rotando dentro del equipo, de modo que todos desarrollen competencias de comunicación, liderazgo y argumentación, y se respeten las ideas diversas, la solidaridad y la comprensión mutua [10]

1.3. Otras pedagogías innovadoras

En algunos ámbitos educativos del sistema escolar, se está aplicando un modelo de enseñanza basada en proyectos. El aprendizaje basado en proyectos (AbP, o PBL Project-based learning) es una metodología de aprendizaje que consiste en la realización de un proyecto en grupo y en donde los educandos tienen una función activa. Se trata de que vivan experiencias colectivas capaces de aportarles información que ellos consideren relevante, con participación activa y crítica para que se alcancen los aspectos clave definidos en el proyecto.[11]

Cabe resaltar la importancia de la utilización de las TIC y herramientas Web 2.0, que permiten el desarrollo de habilidades cognitivas y tecnológicas como requiere la sociedad actual. Es importante y básico el concepto que no es lo mismo trabajar *con proyectos* que trabajar *por proyectos*, es una metodología principalmente rica en contenidos curriculares y en competencias clave para la sociedad del siglo XXI.

En la formación de hábitos de conducta para un uso responsable de los plásticos y su descarte, es relevante comenzar desde el nivel inicial, ya que los niños serán los verdaderos agentes multiplicadores. Existe el estereotipo bastante difundido, de que los niños tienen mayor inclinación por la ciencia y la tecnología que las niñas. Esto tiene raíces profundas en conceptos de siglos pasados, muy arraigados en la educación tanto familiar como escolar. Son barreras sociales que es imperioso erradicar; especialmente en las últimas décadas la mujer ha demostrado su capacidad en un pie de igualdad, además la madre juega un rol esencial los primeros años de vida que son clave para el desarrollo de competencias intelectuales, abstractas y físicas en los niños y niñas. [12]

2. Comenzando por el Nivel Inicial.... (Municipalidad de Río Grande, Tierra del Fuego) ²

2.1. Acciones a nivel Educativo

A partir de proyectos presentados sobre reciclaje por la Escuela Modelo de Educación Integral (EMEI), que tienen por finalidad concientizar a estudiantes buscando la minimización del volumen de residuos plásticos que se producen por la población sean preservados, la Municipalidad de Río Grande define su proyecto de ordenanza, que será expuesto y visibilizado en lugares estratégicos para difusión de la información, además de promover convenios con entidades

El ejecutivo Municipal desarrolla la acción educativa de estos proyectos con actividades concretas. A modo de ejemplo, en el Jardín de Infantes N 14, para el abordaje de los contenidos relacionados con la mejora del medio ambiente, en lo que respecta al uso de los plásticos se trabaja en distintas actividades:

- Confección de tachos de residuos para las salas en nivel inicial a partir de baldes plásticos.
- Confección de juegos reglados con distintos materiales plásticos como vasos de yogur.
- Fabricar con varillas plásticas (en fábricas fueguinas se descartan) juegos "a pescar" y tanza, las cuales tendrán imanes en las puntas, destañido de placas radiográficas y se recortan peces con clip.

La confección de juegos se articula también con distintas áreas, Prácticas del lenguaje (reglamentos) Matemáticas (registro de puntajes) Lenguajes artísticos y tecnología (técnicas). Se realizan también actividades prácticas: Construcción de cestos de basura y de ladrillos ecológicos a partir del acopio de residuos plásticos de consumo familiar. Los niños/as se inician en este reconocimiento a través de la

² Daniela Claudia Badra email: danielabadra.db@gmail.com

exploración y el juego, valorando la reutilización y la importancia del reciclado de plásticos como modo de cuidar el medioambiente.

En este sentido, cabe mencionar el libro "Fiestas de letras Fueguinas" donde se pueden encontrar cuentos y poesías de niños y niñas, dando cuenta sobre la importancia de cuidar el ambiente que se encuentra en peligro.[13]

Se han disminuido en las instituciones del Nivel Inicial el uso de bandejas plásticas, recipientes, artículos de cotillón, hisopos, utensilios, bolsas de polietileno y el reemplazo por otros materiales no contaminantes. En cuanto a investigación, la UNTDF, Sede Ushuaia, realiza proyecto de investigación vinculando lo ambiental con lo social a cargo de la Lic Paula Romina Mansilla.

2.2. Acciones de la comunidad

Según la ordenanza municipal N 5582 de la Ciudad de Ushuaia 12/12/18 se prohíbe la provisión de vasos, platos, cubiertos, sorbetes o envases descartables en todo comercio. Asimismo, se ponen en marcha acciones de promoción: como implementar precios diferenciales para la recarga de bebidas o alimentos que se expenden en envases descartables, utilizando el mismo envase. También se ha generado una intensa campaña de reducción y reutilización de productos descartables.

2.3. Ruloeducativo tdf

Los creadores de este sitio son Ignacio Quiroga de 11 años y Catalina Gaitan de 17 en donde en cada pieza audiovisual revelan su interés en explicar y concientizar en forma urgente los cuidados que requiere el medioambiente (en este caso tratamiento de residuos plásticos). Busca contribuir con la educación y la cultura a través del juego y la promoción de herramientas pedagógicas que permitan a los docentes y familias trabajar con niños y niñas de todos los niveles educativos.

Su plataforma virtual cuenta con una sección "S.O.S"mi ambiente, en donde hay contenido sobre las secretarías de ambiente de Ushuaia, Tolhuin y Rio Grande (días y horarios de recolección de residuos domiciliarios y voluminosos).

Programa de reciclado y medio ambiente de la Fundación Garrahan de Caba a nivel local implementado por Viviana Remy, su referente en esta provincia.

Trabaja sobre tres conceptos:

Reducir: consiste en consumir solo los recursos necesarios sin malgastar.

Reutilizar: prolongar la vida útil antes de reciclar.

Reciclar: tratamiento del material y volver a la cadena de consumo convertido en un nuevo producto.

Para reciclar tapas plásticas deben tener el sello PP "5"(gaseosas, agua, jugos, picos, tubos y bases de sifones de soda).Placas radiográficas solo se reciclan las que son PET.Cds, dvds, se envían separados, por productos, son de policarbonato.

La Fundación Garrahan los vende para elaborar nuevos productos. Se organizan 4 veces al año en Ushuaia las juntadas de tapitas plásticas en donde vecinos, entes públicos, privados, escuelas aportan sus elementos que son clasificados por voluntarios y cargados en camiones o contenedores en el Cuartel de Bomberos. Con la colaboración de empresas de la comunidad, con costo de logística 0 para la Fundación organizada desde Ushuaia.

La misión es alentar el compromiso comunitario, creación y recuperación de valores para el bien común que permiten obtener recursos económicos para apoyar el desarrollo integral del Hospital Garrahan, institución de referencia para niños/as de todo el país. Se aplica además en sostén de Casa Garrahan, hospedaje de niños de bajos recursos en tratamientos ambulatorios, reparación de equipos de alta tecnología, formación y capacitación del personal de salud, financiamiento de distintos programas.

2.4. A limpiar Ushuaia

En septiembre de 2016 nace el movimiento como acción positiva ante situaciones ambientales, con jornadas de limpieza junto a la Universidad de TDF y ambientalistas, comenzaron a prestar atención a restos de hisopos.

En la zona de Bahía Golondrina el sector a donde más se encuentran es donde funciona la planta de tratamiento de aguas residuales y un emisario submarino. Los filtros incluyen el paso de micro plásticos y por supuesto los hisopos. Los plásticos salen el emisario Canal Beagle y los devuelven al agua a donde son encontrados. Acciones que realizan:

- Impulso de la incorporación de la problemática de los descartables y la contaminación por plásticos en la agenda pública.

- Importancia de dejar de usar hisopos y evitar tirar al inodoro.

Durante el proceso inicial de recopilación de información solicitan al Colegio de Farmacéuticos que las farmacias incorporen alternativas de productos por otros con cuerpo de madera o silicona reutilizable.

A través de redes sociales, genera conciencia acerca del impacto de hisopos y plásticos de uso regular. La realidad del Canal Beagle como opción factible y mejoramiento a corto plazo sería prohibir la provisión de hisopos descartables que contengan plásticos o impulsar alternativas más sustentables.

Programas que desarrollan algunas ONGs.

Basura Cero Lleva recolectada 70 toneladas de basura en toda la provincia.

Estepa Viva En la ciudad de Río Grande Educación ambiental a través de distintas propuestas a la comunidad.

Bio Pack. Es un emprendimiento local para acceder a alimentos reduciendo la contaminación del planeta, por cada producto que no han logrado desplastificar, se

les devuelve el plástico y lo procesan para que no llegue al mar. Si son frascos se reutilizan y si son bolsas se convierten en ecoladrillos.

Che Pachamama Ushuaia. Utiliza productos amigables con el ambiente para cosmética natural.

3. A aprender... al Museo! ³

Aprendizaje y alianzas para una transformación cultural. El proceso de aprendizaje ocurre en espacios diversos y a lo largo de nuestra vida. Si bien para muchas personas decir “aprendizaje” es viajar a un aula de la escuela, hace bien detenernos en el hecho de que es posible aprender y descubrir nuevos mundos en situaciones e instancias diversas: leyendo, escuchando la radio, mirando una película, conversando con otros o experimentando con distintos ingredientes en la cocina. Sin intención de entrar en tipos ni formas de aprendizaje, sí vale la pena recordar que aprendemos a lo largo de la vida y eso, en el contexto actual de crisis ambiental, no debe perderse de vista por dos motivos principales. Por un lado, porque nos sitúa simultáneamente en una posición de poder (y mucha responsabilidad) y, a la vez, nos coloca en una realidad susceptible de ser modificada, transformada. En efecto, el proceso de aprendizaje, entre sus acepciones técnicas, conlleva *transformación*.

Los museos y centros de ciencia son espacios intrínsecamente de aprendizaje. Es más, los gabinetes de curiosidades o cuartos de maravillas, que pueden considerarse precursores de los museos de arte y ciencia, nacieron durante el Renacimiento y su propósito era el de popularizar los prodigios del mundo natural y social a través de la exhibición de grandes colecciones. Convivían objetos del mundo de las artes y la naturaleza, se buscaban similitudes y diferencias y las colecciones que originalmente sólo eran accesibles a miembros de las cortes luego se hicieron accesibles al público. Desde el nacimiento de los museos, la conservación y la educación van de la mano. Por supuesto, es fácil imaginar que en aquel entonces los modos y posibilidades de participación de los públicos eran diversos; entre estos modos, no cabe duda de que la contemplación era una característica sobresaliente, aunque también en sintonía con la idea más reciente de crear espacios en los cuales se debate y socializa el conocimiento.

Actualmente existen, sobre todo en las ciudades, diversos espacios que podrían considerarse de aprendizaje no formal de ciencias: jardines botánicos, planetarios, reservas naturales, museos de historia natural y museos interactivos o centros de ciencia. A estos espacios localizados se suman, por supuesto, las múltiples plataformas y dispositivos que se han posicionado como verdaderos espacios ubicuos de consulta, consumo y producción de contenidos. Sin embargo, la percepción de aprendizaje (sobre todo de ciencias) muchas veces queda fuertemente arraigada en

³ Guadalupe Díaz Costanzo

email : gdiazcostanzo@mincyt.gob.ar

los entornos formales de educación.⁴ Cabe destacar que los entornos y espacios de aprendizaje no formal tienen la virtud de ser elegidos por las propias personas, es decir que acceden por propia motivación y, al mismo tiempo, constituyen espacios en los que se puede aprender a lo largo de la vida. Hacer foco en un aprendizaje *continuo*, capaz de satisfacer las necesidades de todas las personas y considerando todas las etapas de la vida resulta cada vez más necesario para garantizar una sociedad inclusiva en la que se garantizan los derechos de acceso a la educación y a la ciencia. Es más: tal como indica la Declaración Universal de los Derechos Humanos, la participación de los avances y beneficios de la ciencia es un derecho que debe alcanzar a todas las personas.

En la actualidad estamos cada vez más atravesados por situaciones y desafíos de origen y alcances diversos. En ellos, la dimensión científica se vuelve cada vez más visible: las pandemias, las políticas de vacunación y los grandes desafíos ambientales son ejemplos en los que se requiere de una inmensa participación de la sociedad. Por este motivo, trabajar para el desarrollo de y acceso a una cultura científica debe ser prioritario para promover una sociedad con más derechos y con pluralidad de voces, en la que más y más personas puedan participar de los debates contemporáneos. Nuevamente, para llevar adelante este desafío es importante resaltar la importancia que tienen los espacios de educación no formal en el aprendizaje de las personas. Así podremos propiciar y facilitar los escenarios de participación necesarios sobre debates complejos y multidimensionales como el desarrollo sostenible, el cambio climático o la contaminación por residuos plásticos. Por ejemplo, el hecho de que los museos sean espacios de aprendizaje capaces de convocar a públicos con intereses y contextos diversos y que pertenecen a distintas generaciones debiera convertir a estos espacios en socios y aliados naturales de las políticas de sustentabilidad y biodiversidad. ¿No sería un buen momento para pensar en los museos y centros de ciencia como espacios de encuentro de sus comunidades, espacios comprometidos con una agenda ambiental?

La evidencia científica desde áreas muy diversas es contundente y muestra que la garantía de la vida en el planeta Tierra sólo puede darse si nos encaminamos hacia una profunda transformación cultural que, por cierto, lograremos a través del aprendizaje. En relación a esto, el sociólogo francés Bruno Latour escribió en el año 2017 *Cara a Cara con el planeta*, un libro que reflexiona sobre la visión de la naturaleza y nuestro vínculo con ella y para lo cual propone hablar de una “mutación de nuestra relación con el mundo que nos rodea”. Encaminarnos hacia una transformación que implica repensar nuestros modos de producción y consumo sólo podrá hacerse con el compromiso internacional, de las

⁴ Hablar de educación *no formal* y su definición por la negativa resulta no menos que descalificador. Sin embargo, y aunque no suelo utilizar el término, puede resultar claro a los fines de este texto señalar los procesos de aprendizaje que ocurren en espacios no escolares.

industrias y de las sociedades, cuyo rol es insoslayable en tanto actores y promotores de más y mejores políticas públicas para la sostenibilidad.

Los museos y centros de ciencias pueden aportar sustancialmente en este desafío y ser generadores de propuestas y aliados de su comunidad local y vecina, incluyendo artistas, científicos y científicas, docentes y escuelas, por mencionar sólo algunos actores sociales. Por citar un ejemplo paradigmático, *Science Gallery* (Dublín, Irlanda) - tal como su nombre en inglés deja ver - combina los conceptos de ciencia y galería justamente para dar cuenta de la unión de dos mundos. Su estilo peculiar para trabajar conjuntamente con artistas y científicos ha sido reconocido internacionalmente y, sobre todo, la selección de temas de coyuntura a partir de la cual conforman su agenda cultural los convierte en un espacio de referencia mundial. En diciembre de 2019 *Science Gallery* estrenó *“Plastic: can’t live with it, can’t live without it”* (*Plástico: no podemos vivir con él, no podemos vivir sin él*). El título de la exhibición ya expone las controversias y puntos contrapuestos que estarán a lo largo de su narrativa reconociendo, en primera instancia, que los plásticos han cambiado nuestra vida de modo revolucionario al punto de ser materiales esenciales en varias áreas de la medicina y la industria. De fabricación económica, pero de descarte sumamente costoso; de usos únicos, pero cuya duración es eterna, los plásticos también han revolucionado el medio ambiente. Sin entrar en detalle en cada uno de los dispositivos, vale la pena bucear y buscar más información sobre la exhibición que, a los fines de este texto, resulta un gran ejemplo a partir del cual los dilemas sociales, científicos y económicos alrededor de los plásticos y sus residuos pueden trabajarse desde espacios como museos y centros culturales.

El caso del Centro Cultural de la Ciencia (C3) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación es otro ejemplo de ello. Luego de algunas experiencias a escalas reducidas, a partir del año 2021, y en consonancia con la apertura de la Década de las Ciencias Oceánicas proclamada por la ONU, el C3 desplegará una serie de propuestas y programas que nace de, para y con diversos actores. Por una parte, se realizará una exhibición sobre el océano en la que estudiantes y profesores de escuelas medias participarán de su desarrollo narrativo a partir de un trabajo articulado en el que se indaga sobre las percepciones, ideas, saberes y actitudes que tienen hacia el océano. Por ejemplo, ¿cuán conscientes somos de que nuestra vida cotidiana impacta en el océano y el océano en nuestras vidas? ¿Llevamos adelante acciones individuales que preservan el medio ambiente? Incorporar las ideas previas de las personas (y futuros visitantes) permite situar la exhibición y realizar dispositivos que propicien una participación genuina y que, en última instancia, sea *transformadora*.

En resumen, a la hora de pensar (repensar) nuestra relación y comportamiento con el medio ambiente y los desafíos enfrentados por un futuro sostenible, no cabe duda de que los museos y centros de ciencia deben constituirse en aliados indispensables para trabajar de modo inclusivo con distintas comunidades y de generaciones diversas.

4. Experiencias de Ecoplas en la educación formal e informal⁵

En Argentina, Ecoplas, asociación civil especializada en plásticos y ambiente, articula y da soporte a planes educativos del sector de la industria plástica según las necesidades de cada caso. La organización desarrolla planes educativos para la valorización de los residuos plásticos en el ámbito formal e informal. Con el Ministerio de Educación y la Dirección General de Reciclado del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, y en distintas provincias, para educar a alumnos, docentes, recuperadores urbanos, cooperativas, universidades, empresas, concientizándolos para promover hábitos de consumo responsable, separación de residuos y reciclado de plásticos para una economía circular.

Desde el 2015, Ecoplas realiza el Programa de Educación para Escuelas Verdes donde se educa y se concientiza a alumnos y docentes sobre la gestión de los plásticos posconsumo, el camino del reciclado, el consumo responsable y la economía circular. Comprendidas en un marco institucional, las capacitaciones han sumado cantidad de clases por año, generando nuevos contenidos todos los años, y alcanzando a más de 3.705 alumnos, 186 docentes y 100 auxiliares. Ecoplas entrega certificados de capacitación a cada escuela, y además entrega material de apoyo para la Biblioteca y los docentes como el “Manual de Valorización de los Residuos Plásticos” [14] para que los docentes puedan seguir ahondando en la temática y la continúen trabajando en el aula. También se entrega un presente a los alumnos: productos realizados con plástico reciclado, a modo de poder visualizar el esfuerzo de darle un circuito virtuoso a los residuos plásticos para concientizar en no dejarlos abandonados en los espacios públicos.

La experiencia exitosa se traslada a la educación informal para abordar la cuestión ambiental desde esta visión integradora que permitan a los ciudadanos comprender la complejidad del tema, conocer, colaborar en la formación de pensamiento crítico y vehicular un cambio de conciencia y comportamiento. Existe un programa de capacitaciones en cooperativas de Ecoplas para Recuperadores Urbanos de trabajo en conjunto con la Dirección de Reciclado de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires llamado “Clasificación Tipos de plásticos y Programa Plásticos Reciclables” y otra para el resto del país, “Plásticos y ambiente: valorización y reciclado”. Desde sus inicios en 2016, se han capacitado a más de 550 personas. Las capacitaciones que se están realizando a las diferentes cooperativas de recuperadores urbanos del AMBA y de todo el país son fundamentales para lograr una mayor y mejor separación y clasificación de plásticos posconsumo que se integran a la economía circular. Los recuperadores urbanos encuentran en las mismas, una herramienta para su trabajo para poder comercializar los plásticos a la industria recicladora, tras su mejor separación por tipo de plástico. Los programas de educación recibieron el premio APSAL 2019.

⁵ Delfina Berberian, Martina Uthurralt, Verónica Ramos, María E. Alvarez email ecoplas@ecoplas.org.ar

4.1 Campaña de recolección selectiva

Otro programa en existencia desde el 2013 es una Certificación Plásticos Reciclables de Ecoplas cuya marca registrada es una manito que identifica a los distintos tipos de plásticos. La misma es complementaria al símbolo universal del reciclaje (triángulos) que se encuentran en algunos envases plásticos de consumo doméstico. De esta manera, se promueve la separación por parte del consumidor y la clasificación que hace el recuperador urbano.

4.2. Comunicación para la educación en gestión de residuos plásticos.

Ecoplas lidera en Argentina la difusión masiva de la temática de los plásticos y el ambiente en base a ejes como: el plástico como recurso, no residuo; el plástico como aporte a la economía circular; buenas prácticas de separación y disposición de residuos; consumo responsable y 4 R [15]. También divulga publicaciones para difundir conocimiento científico, siendo 58 publicaciones con información científica las publicadas hasta la fecha [16]. Esta información, y otras piezas de comunicación para difundir buenas prácticas para un consumo responsable, son de libre acceso. Existe también una plataforma educativa orientada a alumnos, docentes, organizaciones y público general llamada Movimiento Circular [17] en la que Ecoplas forma parte para dar voz, promover el diálogo y la reflexión sobre cómo el planeta podría funcionar con un nuevo paradigma. Ofrece contenidos educativos interactivos para usar en distintos ámbitos, y explora las posibilidades de una circularidad para los residuos.

En 2019, Ecoplas junto a la Consultora Opinaia [18], llevó a cabo la investigación “Los argentinos y el reciclaje” para dimensionar y cuantificar el conocimiento, las prácticas y opiniones de los argentinos en relación al reciclaje en general, y al plástico en particular. El 95% de los encuestados opinó que en las escuelas debería haber una materia curricular que eduque sobre la temática, y 8 de cada 10 (78%) manifestaron que les gustaría separar y lograr el reciclaje de sus residuos, pero sostienen que no cuentan con la suficiente información, educación y/o infraestructura para poder llevarlo a cabo. En este sentido, el 91% considera que la principal causa es la falta de políticas públicas y el 66% opina que las marcas/empresas también son responsables por la falta de reciclado. El 30% de la población relevada sostiene que una forma de mejorar la gestión del reciclado es con la existencia de una ley que obligue y regule el reciclaje.

4.3. Contenidos brindados como soporte en escuelas para docentes, alumnos, concientizadores ambientales y recuperadores urbanos

4.3.1 Economía circular

La economía circular es un concepto que se interrelaciona estrechamente con la sustentabilidad y cuyo objetivo consiste en que los materiales, los productos y los recursos naturales se utilicen y mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible, se extraiga de ellos el valor más alto mientras están en uso, y después se recuperen y se regeneren productos y materiales al final de su vida útil, reduciendo la generación de residuos y basura. Proporciona un mejor sistema económico y ambiental mediante la creación y replanteamiento de un eficaz uso del

material cuando llega al final de su vida útil, seguido del aporte de la innovación y las tecnologías. En este sentido, se inspira en la naturaleza, donde no existe el concepto de desperdicio; todo lo que ella genera es un insumo o alimento para otro organismo en un flujo cerrado.

En el modelo de economía lineal, los plásticos siguen la ruta de extraer recursos, fabricar, usar y desechar. En cambio, en un modelo de economía circular, los plásticos mantienen los recursos, pueden recuperarse y transformarse en nuevos productos, se fomenta el consumo responsable, la separación en los hogares y el trabajo de los recuperadores urbanos y el desarrollo de la industria recicladora obteniendo nuevos productos finales o generando energía mediante el proceso de recuperación energética o a través del reciclado químico.

4.3.2 Consumo responsable

Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles se enmarca dentro del ODS 12 (Objetivo de Desarrollo Sostenible N°12, adoptado por los Estados Miembros de la ONU en 2015). Es una manera de consumir productos teniendo en cuenta no sólo sus características, marca o precio, sino también cómo se producen, cómo se utilizan para aprovecharlos al máximo y cómo hacer su correcta disposición final; no para desecharlos, sino para que continúen en el circuito de la economía circular.

En el caso de los plásticos, una vez utilizados, los consumidores los descartan mal o, frecuentemente, los abandonan en el ambiente. La presencia de plásticos dispersos en parques, bosques, playas o cualquier espacio abierto obedece a una mala conducta de uso y descarte que son necesarios modificar de manera urgente; *cada consumidor puede asumir su rol* e incorporar hábitos responsables en favor del ambiente.

4.3.3 Las 4 R.

La principal estrategia para promover su circularidad adoptada en todo el mundo es el principio denominado de las 4 R: *Reducir, Reusar, Reciclar y Recuperar*.

- Reducir: racionalizar la cantidad de los productos plásticos consumidos. Implica la concientización y el conocimiento de dónde provienen, cómo llegan a nuestras manos y aprovecharlos al máximo, utilizándolos de una forma respetuosa con el ambiente.
- Reusar: dar un nuevo uso a un producto adquirido inicialmente con otro fin. Por ejemplo, las bolsas de comercio se pueden reutilizar como bolsas de residuos para la separación domiciliaria.
- Reciclar: La separación en origen es el primer paso para el reciclado mecánico de los plásticos. El reciclado es un proceso físico-mecánico mediante el cual el plástico posconsumo doméstico, industrial, comercial y agrícola es recuperado, lo que permite su posterior utilización para producir nuevos productos.

- Recuperar: la recuperación con valorización energética de los residuos aporta a la gestión sustentable de los RSU, como un método complementario al reciclado. Recupera la energía de los plásticos y cierra el ciclo de energía.

4.3.4. Algunas reflexiones finales de ECOPLAS.

Enseñar, promover y fomentar el cambio de hábitos de un consumidor inconsciente a uno responsable resulta ser un esfuerzo de concertación y constituye un proceso, no una solución inmediata. La dimensión informal de la educación y concientización sobre los residuos plásticos se presenta en diversos proyectos que articulan el ámbito público-privado y donde participan las empresas, las ONG y asociaciones del tercer sector, las cooperativas de recuperadores urbanos, la comunidad y las escuelas u otras instituciones comunitarias. El objetivo principal se centraliza en poner en perspectiva el cambio de un paradigma de consumo y descarte al de una economía circular donde los plásticos dejan de ser basura, para ser recursos

CONCLUSIONES⁶

En la problemática mundial de la economía circular aplicada a los residuos plásticos, la educación en STEM es clave para posibilitar el conocimiento, la comprensión y la concientización sobre la urgente necesidad de adoptar cambios de hábitos. Las acciones educativas en las escuelas, con pedagogías innovadoras, estimulan el aprendizaje en ámbitos de experimentación donde se desarrollan el pensamiento crítico, y las habilidades y competencias requeridas en el siglo actual. Por otro lado, la conveniencia de comenzar desde temprana edad, la comunicación en ámbitos no formales, las campañas de capacitación para recuperadores y la amplia difusión pública de esta problemática compleja, son factores esenciales para que el ciudadano reconozca la relevancia de buenas prácticas en el descarte de plástico, y transformar la “basura” en un recurso. Respondiendo a las necesidades presentes, sin comprometer a las generaciones futuras, se consolida una prospectiva centrada en el concepto de solidaridad intra e intergeneracional, para un verdadero desarrollo sustentable de plásticos.

REFERENCIAS

- [1] N. S. Nudelman, “*Olimpiada Argentina de Química: los primeros diez años*”, Industria y Química, Asociación Química Argentina, Buenos Aires (2008)
- [2] N. S. Nudelman “*Química Verde, cambio climático y los ODS*”, charla TED en el Parlamento chileno, Noviembre 14, Santiago (Chile), (2017)
- [3] S. Freinkel, “*Plastic: A toxic love Story*”, Barnes & Noble, (2011)

⁶ N. S. Nudelman

- [4] Pontificia Academia de Ciencias, “*The children as the true agents of change*” Diciembre, Vaticano, Roma (2015)
- [5] UNESCO, “*UNESCO Science Report. Toward 2030*”, UNESCO, Paris (2017)
- [6] W. Harlen, “*Teaching and learning science for a better future*”, School Science review, **90**, 33-41 (2009)
- [7] N. S. Nudelman, “Science Education for the years to come. Innovative pedagogy for the teaching and learning of Science: Inquired Based Science Education (IBSE), J. Sci. Ed., **15**, 36-51, ISSN 0124-5481 (2014)
- [8] J. Larmer, J. R. Mergendoller, “*The Main Course, Not Dessert*” Buck Institute for Education (2010)
- [9] N. S. Nudelman, “Educación en Ciencias basada en Indagación: el Programa HaCE” Revista Latinoamericana CTS, OEIA, (2015).
- [10] S. Palomino, L. Melchiorre, y F. Blanco y N. S. Nudelman, “*Educación en Ciencias basada en Indagación, metodología innovadora para nivel primario y secundario*”, Libro ANCEFN, Buenos Aires, (2012).
- [11] J. Mergendoller, “*Does Project Based Learning Teach Critical Thinking?*, Buck Institute for Education. (2013).
- [12] UNESCO “Estrategia de Educación de la UNESCO 2014-2021”, UNESCO, Paris (2015)
- [13] Libro “Fiestas de letras Fueguinas”. publicado por sitio Ruloeducativotdf, Tierra del Fuego 2020)
- [14] Ecoplas, *Manual de Valorización de los Residuos Plásticos*, 5°. Edic., Buenos Aires, 2011. <http://ecoplas.org.ar/pdf/11.pdf>
- [15] Ecoplas, *Reciclemos Juntos los Plásticos*. <https://ecoplas.org.ar/2020/02/28/reciclemos-juntos-los-plasticos/>
- [16] Ecoplas, *Conocimiento Abierto*. <https://ecoplas.org.ar/conocimiento-abierto/>
- [17] Movimiento Circular. <https://www.movimentocircular.io/>
- [18] Ecoplas, Los argentinos y el reciclaje, Buenos Aires, 2020. <https://ecoplas.org.ar/2016/wp-content/uploads/2019/12/Comunicado-Ecoplas-Investigacion-Los-argentinos-y-el-reciclaje.pdf>



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

ISBN 978-987-4111-15-9



9 789874 111159



ANCEFN

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales