

# Plásticos: un mundo en expansión que requiere atención

Por Ernesto de Titto, Guido de Titto y Atilio Savino

Urge una mejor gestión de los residuos y el cambio a la economía circular, profundizar el conocimiento de los desafíos técnicos y las restricciones de las propiedades de los distintos materiales e invertir en sistemas sostenibles de reciclaje

Seguramente el norteamericano John Wesley Hyatt, que hacia 1870 sintetizó un celuloide disolviendo celulosa vegetal en alcanfor y etanol buscando un sustituto para el marfil que se usaba en las bolas de billar, y el químico belga Leo Henricus Baekeland, que logró en 1909 un polímero a partir de fenol y formaldehído conocido como “baquelita” -el primer plástico sintético de la historia-, estaban lejos de imaginar que estaban abriendo la puerta al universo de los plásticos<sup>1</sup>.

El desarrollo de la industria de los plásticos se aceleró después de la Segunda Guerra Mundial, empezando por la expansión del uso de plásticos, como policarbonatos, acetatos y poliamidas, y de otros materiales sintéticos en lugar de los metales en componentes para maquinarias, cascos de seguridad, aparatos sometidos a altas temperaturas y muchos otros productos em-

pleados en lugares con condiciones ambientales extremas. En 1953, el químico alemán K. Ziegler desarrolló el polietileno, y en 1954 el italiano G. Natta desarrolló el polipropileno, que son los dos plásticos más utilizados en la actualidad. En 1963, estos dos científicos compartieron el Premio Nobel de Química por sus estudios acerca de los polímeros. En la Tabla 1 se presentan las fechas de desarrollo de algunos de los materiales plásticos más conocidos.

Plástico es el nombre genérico y común de un conjunto de materiales basados en polímeros, cuya estructura molecular le confiere características únicas. Los plásticos más difundidos comercialmente son los denominados termoplásticos, que son aquellos que pueden fluir al ser calentados y al enfriarse conservan la forma elegida. Esta facilidad para ser moldeados

### Aceca de los autores

- Atilio Savino es contador y economista, director de la Diplomatura en Gestión Integral de los Residuos Urbanos de ISALUD y presidente de la Asociación para el Estudio de los Residuos Sólidos (ARS). Fue secretario de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2003-2006).
- Ernesto De Titto es doctor en Ciencias Químicas. Consultor en Salud Ambiental. Retirado del CONICET (ex-miembro de la carrera del Investigador Científico 1987-2016). Ex director nacional de Determinantes de la Salud e Investigación del Ministerio de Salud de la Nación. Docente de posgrado de la Universidad ISALUD y la Universidad de Buenos Aires. Ha presentado numerosos proyectos de investigación referidos a salud, ambiente, residuos, entre otras cosas.
- Guido de Titto es licenciado en Ciencias Químicas de la Universidad de Buenos Aires. Es responsable del Área de Polímeros Activos y Funcionales de la Dirección Técnica de Materiales Avanzados del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Docente invitado de carreras de grado y posgrado de la Universidad Nacional de San Martín.



www.shutterstock.com

**Tabla 1. Cronología de los plásticos:**

<b>Parkesina</b>	1860
<b>Celuloide</b>	1872
<b>Baquelita</b>	1907
<b>Celofán</b>	1912
<b>Acetato</b>	1927
<b>Vinilo</b>	1928
<b>Plexiglás</b>	1930
<b>Acrílicos</b>	1936
<b>Melmac</b>	1937
<b>Styrene</b>	1938
<b>Fórmica</b>	1938
<b>Poliéster</b>	1940
<b>Nailon</b>	1940

La tabla contempla sólo algunos plásticos

hace que hoy en día los encontremos en innumerables aplicaciones.

Si bien los primeros materiales plásticos se derivaron de sustancias naturales como la caseína, la celulosa y el caucho (ver Tabla 2), el desarrollo de la petroquímica hizo crecer significativamente su número.

Hoy la mayoría de los plásticos son materiales sintéticos derivados del petróleo y del gas natural (en la Unión Europea la industria de plásticos destina del 4% al 6% del consumo de petróleo y gas a la fabricación de plásticos<sup>2</sup>) obtenidos mediante procesos de polimerización, es decir, procesos de síntesis de largas cadenas de átomos de carbono, que dan origen a una sustancia orgánica maleable en caliente y resistente al frío. Este material es sumamente versátil gracias a su liviandad, tacto agradable y resistencia tanto a la degradación biológica como a la ambiental. En la Tabla 3 presentamos una síntesis de los materiales plásticos sintéticos de uso más frecuente, así como sus propiedades y usos.

En su mayoría los termoplásticos son impermeables al agua, resistentes, diamagnéticos y buenos aislantes acústicos, eléctricos y térmicos, aunque no son resistentes a temperaturas muy elevadas. Además, son poco

densos y de producción económica. Una vez que se han enfriado y adquirido cierta forma, son resistentes a la corrosión y a muchos elementos químicos, excepto a ciertos solventes orgánicos.

Estas propiedades, difíciles de conseguir con otros materiales, hacen del plástico al mismo tiempo una solución y un problema, ya que a la par de ser los materiales sintéticos de mayor versatilidad en la historia humana, son también la principal fuente de dispersión ambiental de materiales sólidos del planeta (ver más abajo).

## Usos del plástico

Como se muestra en las tablas 2 y 3, las aplicaciones del plástico son virtualmente infinitas: desde piezas de recambio para aparatos electrónicos, eléctricos e industriales, como aislantes, protectores, fundas, amortiguadores, etc., hasta componentes del sector construcción como tuberías, impermeabilizantes, aislantes, vidrios, o la fabricación de herramientas, juguetes, envoltorios, muebles, envases, separadores, sujetadores y bolsas<sup>3</sup>.

Otros beneficios del uso de materiales plásticos son que permite ahorrar energía ya que se obtienen productos más livianos, que facilitan su transporte; su poder aislan-

te permite ahorrar energía de calefacción y refrigeración; mientras que su durabilidad y versatilidad de aplicaciones permite reemplazar materiales naturales que exigen reposición como la madera.

Si bien se han sintetizado centenares de plásticos y la producción global supera los 350 millones de toneladas anuales, sólo unos pocos concentran el 70-80% del mercado<sup>4</sup>: polipropileno (PP), polietileno de baja densidad, de baja densidad lineal y de alta densidad (PEBD, PEBDL y PEAD), cloruro de polivinilo (PVC), polietileno tereftalato (PET) y poliestireno (PS). En Argentina, los plásticos se uti-

lizan desde materiales de construcción hasta en dispositivos médicos, pero los envases y embalajes son la aplicación de mayor importancia (45,5% del mercado)<sup>5</sup>.

De lo expuesto se hace evidente la importancia de los materiales plásticos en el mundo de hoy. Sin embargo, el modelo de economía lineal (extraer-producir-usar-descartar) predominante resulta en un volumen creciente de residuos plásticos que por su propia naturaleza tienen un impacto fuertemente negativo en el ambiente ya que a su larga vida le suman ser no degradables en tiempos cortos y ser resistentes a muchas sustancias químicas. Se considera

## Tabla 2. Plásticos naturales

Derivados de Caseína <sup>a</sup>	
<p><b>Origen y propiedades:</b> La <b>caseína</b> es una proteína que se encuentra en la leche, que explicado a grandes rasgos, precipita al añadirle vinagre (ácido acético) y posteriormente se trata con formaldehído para endurecerla.</p> <p>Se presentó por primera vez bajo el nombre comercial de Galalith en la Exposición Universal de París del año 1900. El material plástico duro que se obtiene del tratamiento de caseína con formol se denomina <b>galalita</b>, caseína-formaldehído, marfil o hueso artificial.</p>	<p><b>Aplicaciones:</b> La caseína fue uno de los primeros materiales usados como alternativa a la ebonita, ya que ésta era poco propicia a cambios de colores debido a que cuanto más color se añadía más frágil resultaba; por ello las primeras estilográficas eran de color negro.</p> <p>Además la galatita se empleó para la fabricación de joyas, hebillas, peines, bolas de billar, botones de ropa y teclas de bandoneón. En general, hoy no se elaboran productos en galalita, salvo algunos productos artesanales; en cuyo caso se suele suprimir el uso de formaldehído debido a su comprobado carácter cancerígeno.</p>
Derivados de Caucho <sup>b</sup>	
<p><b>Origen y propiedades:</b> el caucho es un polímero de muchas unidades, encadenadas de un hidrocarburo elástico, obtenido de las secreciones lechosas (conocidas como látex) contenidas en la savia de varias plantas. La principal fuente comercial de látex son las euforbiáceas, del género <i>Hevea</i>, como <i>Hevea brasiliensis</i> (<b>árbol de caucho</b>). Otras plantas que contienen látex son el ficus y el diente de león.</p> <p>También se produce en forma sintética.</p> <p>En 1803 se inauguró en París la primera fábrica dedicada específicamente a la elaboración de productos con caucho.</p>	<p>La <b>ebonita</b>, nombre que dio Charles Goodyear al caucho vulcanizado en 1843, fue uno de los primeros polímeros en descubrirse. Se obtiene al vulcanizar caucho puro con azufre. El vulcanizado puede controlarse para dar mayor o menor rigidez al producto final que puede ir desde un neumático hasta un sólido tan duro como el ébano, del cual deriva su nombre, al que puede sustituir en algunas aplicaciones.</p> <p>La propiedad fundamental del caucho vulcanizado es su viscoelasticidad.</p> <p><b>Aplicaciones:</b> la ebonita se emplea en la producción de bolas para bowling, pipas, mangos de las clavijas de contacto, aislantes, baterías, boquillas de instrumentos de lengüeta simple como clarinetes y saxofones, plumas estilográficas, tableros de mesas y sostenes de aparatos telegráficos que se quieren tener bien aislados.</p> <p>Las <b>gomas</b> industriales tienen excelentes propiedades aislantes, de impermeabilidad, de elasticidad y resistencia a la temperatura, entre otras cualidades más específicas.</p> <p><b>Aplicaciones:</b> Gomas esponjosas: Las planchas de goma industrial esponjosas se caracterizan por su maleabilidad y elasticidad. Por ello son uno de los materiales más utilizados para sellar juntas o crear espacios estancos. Otras características son su capacidad para aislar sonido y ruido y para absorber impactos y golpes. Ej.: suelo de caucho para parques infantiles y pistas deportivas.</p> <p><b>Goma EPDM</b> (caucho de etileno propileno dieno): Es flexible, resistente al calor, los rayos ultravioleta y a las bajas temperaturas. Se usa para mangueras, para techos de automóviles y en general para usos al aire libre.</p> <p><b>Goma de neopreno:</b> Gran capacidad de aislamiento eléctrico y de líquidos, y alta flexibilidad.</p> <p><b>Gomas de nitrilo:</b> Poseen gran resistencia a temperaturas y abrasión, pero sobre todo gran facilidad para doblarse y flexionarse sin deformarse. Se usa para crear productos como calzado, adhesivos, o espumas.</p>
Derivados de Lignina	
<p><b>Origen y propiedades:</b> En los últimos años se desarrollaron tecnologías para producir polímeros generados a partir de <b>lignina</b>, un producto derivado de la industria papelera (es separada de la celulosa para fabricar la pulpa)</p> <p>La <b>lignina</b> se mezcla con fibras naturales (lino, cáñamo u otras fibras vegetales) y aditivos naturales generando una fibra compuesta que puede ser procesada a altas temperaturas y puede ser moldeada en máquinas de procesamiento de plástico convencionales.</p>	<p><b>Aplicaciones:</b> Sus aplicaciones son sumamente diversas y se encuentran en la industria de la construcción, en la fabricación de piezas para el interior de automóviles, muebles, juguetes, instrumentos musicales e instrumentos de precisión<sup>c</sup>.</p>

que aproximadamente el 80% de los estimados 6 billones de toneladas de plásticos sintéticos producidos ya han sido descartados, representando no sólo la causa del creciente problema ambiental sino también un desperdicio de recursos valiosos<sup>6,7</sup>. La falta de, o en muchos casos solo muy reciente, regulación sobre el destino final de los plásticos puestos en el mercado está resultando en que una creciente cantidad de ellos termina, por ejemplo, en los océanos y esto ha atraído la atención pública y motivado a los gobiernos y a los líderes del sector a impulsar cambios en el uso y en los métodos de disposición de los residuos plásticos.

La ONU ha estimado que hasta el 10% de los plásticos producidos terminan en los océanos: 13 millones de toneladas volcadas anualmente provocando una inestimable cantidad de muertes de organismos marinos<sup>8</sup>.

Más allá de la conducta socialmente irresponsable de descartar deliberadamente residuos plásticos sin medidas de control, los plásticos llegan al ambiente por varios y complejos mecanismos. Los macroplásticos, esos visibles (bolsas, botellas, etc.) que todos hemos encontrado en calles, playas, plazas, etc., son la preocupación primaria para el público, pero están lejos de ser los únicos; los invisibles

## Derivados de Celulosa

### Origen y propiedades:

La **celulosa** es un carbohidrato complejo o polisacárido, de fórmula  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , consiste en 3.000 o más unidades de glucosa. Es el componente estructural básico de las paredes celulares de las plantas y es el más abundante de todos los compuestos orgánicos naturales. Podemos clasificar a la celulosa según el tipo de materia prima usada para su fabricación. Dependiendo de ella existen celulosas de fibra larga (softwood pulp) y celulosas de fibra corta (hardwood pulp). La diferencia principal entre ellas es su resistencia: la celulosa de fibra larga genera una red de uniones más resistentes que las de fibra corta<sup>d</sup>.

La **celulosa** fue descubierta por el químico francés A. Payen en 1830. Hoy reconocemos tres variantes: celulosa mecánica, química y Kraft.

**Aplicaciones:** Entre los productos derivados de la **celulosa** se pueden encontrar el papel higiénico, las bobinas secamanos, manteles de papel, los pañuelos o papel tissue, las servilletas de papel, los rollos de papel para camillas o las toallas secamanos.

El **acetato de celulosa** (también conocido como zylonite, zyl o Cellon) es el éster de acetato de la celulosa. Preparado por primera vez en el año 1865 por el químico alemán P. Schützenberger, el primer hilo de acetato de celulosa comercial se produjo en Inglaterra en 1912<sup>e</sup>.

Es usado como base de película en la fotografía, componente en algunos pegamentos, soporte de cinta adhesiva, material de marco para anteojos; una fibra sintética y en la fabricación de filtros de cigarrillo. En combinación con otras fibras (seda, algodón, lana, nylon, etc.) en telas como satenes, brocados, y tafetanes. Otras aplicaciones menos habituales son: filtros membrana, discos y cintas fonográficos, juguetes, barajas, teclas para diversas máquinas, vidrios de relojes, mangos de cuchillos y partes de máscaras de protección.

La trituración de la pulpa de madera y posterior tratamiento químico forma un compuesto denominado "xantato de celulosa" que una vez disuelto forma una solución amarillenta denominada "viscosa", que según se procese es regenerada en forma de film (**celofán**) o de fibras (**rayón**).

**Aplicaciones:** El **celofán** (abreviatura de CELulosa diáFANA, es decir transparente), patentado por el químico suizo J. Branderberger en 1912, es generalmente recubierto con una cera de nitrocelulosa o cloruro de polivinilo (PVC) para mejorar sus propiedades hidrofílicas. Por ser transparente a la luz visible y a la luz ultravioleta y prácticamente impermeable a los gases se usa para envases de bombones, cigarrillos y dulces entre otros, ya que evita la pérdida de aromas.

El **celuloide** fue el primer polímero derivado exitosamente de la celulosa, desarrollado por Hyatt Manufacturing Company en 1870.<sup>f</sup>

**Aplicaciones:** Con **celuloide** se fabricaban películas fotográficas, juguetes, lacas y fibras textiles pero como estos productos provocaban muchos incendios fueron sustituidos por el acetato de celulosa u otros polímeros sintéticos.

La **nitrocelulosa** se obtiene tratando la celulosa con ácidos concentrados.

**Aplicaciones:** La **nitrocelulosa** tratada con disolventes orgánicos se moldea en forma de macarrones (propelente sin humo que llena las vainas de los proyectiles de artillería) o se corta en pequeños rombos que se recubren con grafito y se usan en los proyectiles de fusil. Humectada con agua y alcoholes o plastificada para disminuir el riesgo de incendio y explosión se utiliza para fabricar lacas y tintas brillantes.

**Metilcelulosa (MC)**, **carboximetilcelulosa (CMC)** y **dietilaminoetilcelulosa (DEAEC)**.

**Aplicaciones:** Las **MC** se hinchan y dispersan en agua dando disoluciones coloidales muy viscosas con muy pequeña proporción de producto. Por ello se usan como espesante en las industrias farmacéutica, alimentaria, textil y de los detergentes. La **CMC** se usa como espesante, estabilizador de la suspensión en detergentes y como cambiador de cationes. La **DEAEC** es un intercambiador de aniones (estabilizante de dispersiones).

a. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/08/galalita-caseina-formaldehido.html>

b. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/poliisopreno-caucho-natural-y-sintetico.html>

c. <https://www.textoscientificos.com/polimeros/polimeros-celulosicos>

d. <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>

e. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/acetato-de-celulosa.html>

f. <https://todoenpolimeros.com/2017/12/27/la-celulosa/>

al ojo humano -micro y nano plásticos- son tal vez los que más deben ocuparnos porque son suficientemente pequeños como para interactuar, aún a nivel molecular, con diversos organismos. Por otro lado, mientras es posible identificar el material que compone los macropásticos residuales ello es muy difícil en los micro y nano plásticos residuales. Aunque hay clara evidencia de la dispersión de micro y nano plásticos en suelos urbanos y rurales<sup>9</sup>, en cursos de agua dulce<sup>10</sup> y en los océanos<sup>11</sup>, todavía sabemos poco del impacto que tienen en los distintos ambientes.

Un informe reciente de la Organización Internacional de Normalización (ISO)<sup>12</sup> define los microplásticos grandes como partículas de 1 a 5 milímetros (mm) de tamaño. Los nanoplásticos generalmente se definen como partículas menores o iguales a 100 nanómetros (nm)<sup>13</sup>. Debido a su pequeño tamaño los microplásticos están disponibles y pueden ser consumidos por los organismos en la base de la cadena alimenticia. Además, como toda partícula muy pequeña, los microplásticos tienen una gran superficie exterior en relación con su volumen lo que les permite concentrar contaminantes un millón de veces más que el agua de mar, adsorber metales pesados y dejar biodisponibles plastificantes y aditivos tóxicos utilizados durante su fabricación permitiendo introducir toxinas en la base de la cadena alimentaria y así facilitar su acumulación en los organismos a lo largo del tiempo -proceso conocido como bioacumulación- y transferirse a niveles superiores, es decir a sus predadores<sup>14</sup>.

Si bien aún no hay evidencia de que la ingesta de microplásticos en las concentraciones actuales sea un riesgo para la salud humana, la OMS ha destacado que los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de agua potable que eliminan las heces y los productos químicos también eliminan más del 90% de los microplásticos presentes en ellas, sobre todo durante el tratamiento terciario (por ejemplo, la filtración). El tratamiento convencional del agua potable elimina las partículas de diámetro inferior a un micrómetro (mm)<sup>15</sup>. No obstante, por ejemplo, un estudio realizado en Alemania demostró la presencia de microplásticos en el 97% de las muestras de sangre y orina de 2500 niños y resultados comparables se han documentado en los EE.UU.<sup>16</sup>.

La dispersión ambiental de materiales plásticos es un tema candente que concita la atención del público

y exige rigurosa investigación para conocer mejor sus impactos y los peligros asociados, pero claramente la mejor solución es evitar que los residuos plásticos lleguen al ambiente, y ello sólo ocurrirá con acciones colectivas en áreas clave incluyendo más conocimiento, desarrollo tecnológico y cambios conductuales.

Otro aspecto relevante del ciclo de vida de los materiales plásticos es su relación con el cambio climático. Un estudio reciente, realizado por el Center for International Environmental Law, Environmental Integrity Project, FracTracker Alliance, Global Alliance for Incinerator Alternatives, 5 Gyres, and Break Free from Plastic analizó el impacto ambiental global de la industria del plástico<sup>17</sup>. Recordando que prácticamente todo el plástico comienza como un combustible fósil y se emiten gases con efecto invernadero (GEI) en cada una de las etapas de su ciclo de vida -1) extracción y transporte del combustible fósil, 2) refinación y fabricación de plástico, 3) gestión de los desechos plásticos, y 4) el impacto del plástico una vez que llega a nuestros océanos, cursos de agua, y paisaje- el informe llama la atención sobre el creciente volumen de GEI liberados, el rápido crecimiento de la industria durante la última década impulsado por el gas natural barato debido a la expansión de la tecnología de extracción por fracturación hidráulica ("fracking") y la necesidad de tomar acciones concretas para reducir el impacto ambiental.

Qué se puede hacer y que se está haciendo para reducir el impacto ambiental de los plásticos.

Las propuestas de reducir o prohibir el uso del plástico han sido rechazadas por el mundo académico, que considera que sus fundamentos son cortos de miras y no se basan en hechos. Las estimaciones muestran que la sustitución de los plásticos por los materiales actualmente disponibles, como el vidrio y los metales, puede triplicar las emisiones de GEI y duplicar el consumo mundial de energía y de recursos, incluida el agua, necesarios para procesarlos<sup>18</sup>.

Medidas como la prohibición masiva de plásticos de un solo uso, alentadas por algunos, no consideran que materiales de un solo uso, como por ejemplo los usados en la fijación quirúrgica, la administración controlada de fármacos y el empleo en ingeniería de



## Tabla 3. Plásticos sintéticos<sup>a</sup>

<p><b>Baquelita</b></p>	<p><b>Características:</b> fue la primera sustancia plástica totalmente sintética, creada en 1907 y nombrada así en honor a su creador, el belga Leo Baekeland. Fue también uno de los primeros polímeros sintéticos termoestables conocidos. Se trata de un fenoplástico que hoy en día aún tiene aplicaciones interesantes.,</p> <p><b>Propiedades:</b> este producto puede moldearse a medida que endurece al solidificarse. Una vez que se enfría no puede volver a ablandarse No conduce la electricidad, es resistente al agua y los solventes, pero fácilmente aplicable a procesos mecanizados ,</p> <p><b>Aplicaciones:</b> su amplio espectro de uso la hizo aplicable en las nuevas tecnologías como carcasas de teléfonos y radios, partes accesibles de los mecanismos eléctricos domésticos (interruptores, bases de enchufe) hasta estructuras de carburadores. , En el siglo XXI continúa usándose para aisladores de terminales eléctricos, piezas de freno de autos, botones para tapas de ollas, mangos de sartén, asas para enseres de cocina y boquillas de las tradicionales botas de vino.</p>
<p><b>Policloruro de Vinilo</b></p> 	<p><b>Características:</b> se produce a partir de dos materias primas naturales: gas (43%) y sal común (57%). Para su procesamiento es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen desde productos rígidos a totalmente flexibles.,</p> <p><b>Propiedades:</b> ignífugo, impermeable, inerte (al contenido), irrompible, no tóxico, resistente a la intemperie, transparente.,</p> <p><b>Aplicaciones:</b> Se utiliza en la fabricación de tuberías, guantes, trajes impermeables.</p>
<p><b>Polietileno de alta densidad</b></p> 	<p><b>Características:</b> Se produce a partir del Etileno elaborado a partir del Etano, uno de los componentes del gas natural. Es muy versátil y se lo puede transformar de diferentes maneras.</p> <p><b>Propiedades:</b> impermeable, incoloro, traslúcido y sólido, inerte (al contenido), irrompible, liviano, no tóxico, resiste a los agentes químicos, resiste las bajas temperaturas y el agua a temperatura de ebullición.</p> <p><b>Aplicaciones:</b> Se utiliza en la fabricación de tuberías para el suministro de agua potable, envases de diversos productos, utensilios de cocina, juguetes, cascos, partes de prótesis y los procesos de impermeabilización de piscinas y estanques.</p>
<p><b>Polietileno de baja densidad</b></p> 	<p><b>Características:</b> Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas. Su transparencia, flexibilidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones</p> <p><b>Propiedades:</b> dificulta la impresión, la pintura y la adhesión sobre su superficie, económico, flexible, impermeable, inerte (al contenido), liviano, no tóxico, transparente</p> <p><b>Aplicaciones:</b> Se utiliza para fabricar bolsas, plásticos para invernadero, juguetes, botellas y artículos de menaje tales como platos y cubiertos.</p>
<p><b>Polietileno Tereftalato</b></p> 	<p><b>Características:</b> Se produce a partir de Ácido Tereftálico y Etilenglicol por policondensación. Existen dos tipos: grado textil y botella.</p> <p><b>Propiedades:</b> baja absorción de humedad, barrera a los gases, impermeable, inerte (al contenido), irrompible, liviano, no tóxico, resiste a los agentes químicos, resistente a la intemperie, superficie barnizable, transparente.</p> <p><b>Aplicaciones:</b> Se utiliza en la fabricación de envases de zumos, bebidas gaseosas, aceites comestibles, medicamentos y jarabes, entre otros productos.</p>
<p><b>Poliestireno</b></p> 	<p><b>Características:</b> PS Cristal: es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino y de alto brillo., PS Alto Impacto: es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto., Ambos PS son fácilmente moldeables.</p> <p><b>Propiedades:</b> Brilloso, Fácil de limpiar, Ignífugo, Impermeable, Inerte y no tóxico, Irrompible, Liviano, Transparente.</p> <p><b>Aplicaciones:</b> Se utiliza para embalajes y aislamiento.</p>
<p><b>Polipropileno</b></p> 	<p><b>Características:</b> Es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido, de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades.</p> <p><b>Propiedades:</b> barrera a los aromas, brillante, inerte (al contenido), impermeable, irrompible, liviano, no tóxico, resistente a la temperatura (hasta 135°), transparente en películas.</p> <p><b>Aplicaciones:</b> El PP, también denominado polipropeno, es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, como juguetes para niños, vasos de plástico, materiales de construcción, piezas de automóvil, recipientes para alimentos, medicinas o productos químicos, ropa y electrodomésticos, sacacorchos, alfombras, bolsas y suministros para hospitales.</p>
<p><b>Otros plásticos</b></p> 	<p><b>Características:</b> En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como Policarbonato (PC), Poliamida (PA), ABS, SAN, EVA, Poliuretano (PU), Acrílico (PMMMA) entre otros.</p> <p><b>Propiedades:</b> altísima resistencia a la temperatura, flexibles, livianos, no tóxicos, resistentes a la corrosión.</p> <p><b>Aplicaciones:</b> Los metacrilatos se emplean para los faros de los vehículos, ventanas, mesas, etc., La melamina se usa para recubrimientos., El PU se emplea para espumas de colchones, asientos, cascos, etc., El Neopreno se emplea para trajes de inmersión.</p>

a. <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>, <https://www.areatecnologia.com/LOS%20PLASTICOS.htm>, <https://www.caracteristicas.co/plastico/#ixzz7UFX5vYTI>

Fuente: elaboración propia sobre distintas fuentes, incluyendo <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>, <https://www.areatecnologia.com/LOS%20PLASTICOS.htm>, <https://www.caracteristicas.co/plastico/#ixzz7UFX5vYTI>

tejidos, se han vuelto esenciales para brindar servicios de salud seguros y responsables.

Ya que no existe una alternativa a los plásticos económicamente viable, ni ambientalmente superadora en sus múltiples usos, la mejor manera para hacer frente al problema derivado del uso de estos materiales es repensarlos en términos de economía circular.

Esto plantea un gran desafío porque las prácticas actuales en la producción, uso y descarte de plásticos están lejos de los principios de la economía circular. Para empezar el punto de partida de los plásticos sintéticos es el petróleo o el gas natural, ambos recursos no renovables, y para seguir si bien hay una tendencia creciente a incorporar prácticas de reciclado todavía la mayor parte de los plásticos terminan en depósitos de residuos o son incinerados para recuperar la energía, prácticas ambas que significan una pérdida completa del recurso. Actualmente sólo es reciclado el 9% del plástico que se produce<sup>19</sup>.

Para pensar en términos de economía circular es necesario desarrollar e instalar prácticas nuevas y sostenibles en el diseño, uso, reparación y mantenimiento, reuso, reciclado y conversión química, así como en la

educación de los usuarios. No es un desafío menor y la generalización de esquemas de Responsabilidad Extendida del Productor podría ser una herramienta de utilidad para estimular los cambios necesarios, por ejemplo, en el uso de plásticos en envases (*packaging*) que consume aproximadamente el 40% de la producción global. Así lo entendieron en el Centro de Actividad Regional para el Consumo y la Producción Sostenibles (SCP/RAC, por sus siglas en inglés) que a petición de las partes del Convenio de Barcelona y como parte del Plan de Acción para el Mediterráneo ha recomendado los sistemas de depósito, devolución y retorno (SDDR) y de sistemas de responsabilidad ampliada del productor como las medidas más exitosas para reducir los residuos de plásticos de un solo uso.

Otro aspecto que considerar para que la “circularidad” del plástico sea factible es atender a la naturaleza de los aditivos (antioxidantes, plastificantes, retardantes de llama, etc.) empleados para conferir las propiedades deseadas a la matriz polimérica. Un estudio reciente identificó más de 10 mil aditivos incluyendo casi 2500 potencialmente preocupantes, en gran medida porque se desco-

---

# aviso



noce su peligrosidad para consumidores, trabajadores y/o ecosistemas<sup>20</sup>.

En este repensar deberían cesar prácticas como la exportación de residuos plásticos mezclados de los países centrales a los países menos desarrollados e inhábiles para reprocesarlos adecuadamente.

Un gran paso esta dirección se dio cuando más de 250 organizaciones, entre las que se encuentran productores de plásticos, empresas usuarias, minoristas, y recicladores firmaron en la Conferencia Our Ocean (Bali, octubre de 2018) un acuerdo global para erradicar la generación de residuos y la contaminación por plásticos desde la raíz: el Acuerdo Global de la Nueva Economía del Plástico (The New Plastics Economy Global Commitment) liderado por la Fundación Ellen MacArthur, en colaboración con el Programa de las NNUU para el Medio Ambiente (PNUMA).

Los firmantes incluyen compañías que producen el 20% de todos los envases de plástico a nivel mundial, entre ellos empresas líderes como Danone, Grupo H&M, L’Oreal, PepsiCo, The Coca-Cola Company y Unilever, así como a los principales productores de envases, fabricantes de plásticos y la empresa Veolia, especialista en gestión de residuos.

El acuerdo global y su visión de una economía circular para el plástico está apoyado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), el Foro Económico Mundial (WEF), el Foro de Bienes de Consumo (GCF, una organización que representa a unos 400 minoristas y fabricantes de 70 países), y 40 universidades, instituciones y académicos. Más de diez instituciones financieras que administran más de 1.5 billones de dólares en activos también han respaldado el Acuerdo Global, y más de 200 millones de dólares han sido prometidos por cinco fondos de capital de riesgo para crear una economía circular para el plástico.

El acuerdo tiene como objetivo crear una nueva regulación para los envases de plástico. Los objetivos se revisan cada 18 meses y compromete a las empresas que firman el compromiso a publicar datos anuales sobre su progreso para ayudar a impulsar la iniciativa y garantizar la transparencia.

Los objetivos incluyen:

- Eliminar envases plásticos innecesarios y problemáticos, y pasar de envases de un solo uso a modelos de envases reutilizables.

- Innovar para garantizar que el 100% de los envases y empaquetados de plástico se puedan reutilizar, reciclar o compostar de forma fácil y segura para el año 2025.
- Circularizar el plástico producido. Aumentar significativamente la circularidad de plásticos que han sido reutilizados o reciclados y convertidos en nuevos envases o productos.

La eliminación de plásticos problemáticos e innecesarios es una parte esencial de la visión del Acuerdo Global, y hará que sea más fácil mantener los plásticos restantes dentro de la economía y fuera del ambiente natural.

Este acuerdo global se perfeccionó más recientemente cuando, en el marco del Quinto período de sesiones de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente del PNUMA celebrado a comienzos de 2022, se acordó la Resolución UNEA 5/14 que llama al desarrollo de un instrumento internacional jurídicamente vinculante sobre contaminación por plásticos, incluso en el medio marino. Para ello se convocará a un Comité Intergubernamental de Negociación que iniciará su trabajo durante el segundo semestre de 2022 con la meta de completar su trabajo para finales de 2024. El instrumento tendrá por objetivo “Promover la producción y el consumo sostenible de plásticos” incluyendo: a) diseño de productos, b) gestión ambientalmente racional de los desechos y c) a través de enfoques de eficiencia de recursos y de economía circular<sup>21</sup>.

## Bioplásticos

Frente a la creciente preocupación por los efectos en el ambiente del uso de materiales plásticos, ha surgido el interés en los denominados bioplásticos. El término bioplástico es poco específico ya que incluye materiales con diferentes características, lo que puede conducir a confusiones. El prefijo ‘bio’ en bioplásticos puede significar varias cosas:

- los monómeros se derivaron de recursos renovables (biomasa) y luego se polimerizaron a través de procesos químicos;
- el polímero se extrajo directamente de la biomasa;
- el material plástico es biodegradable;
- el material se produce a través de procesos biológicos;
- una combinación de estos

Una clasificación más apropiada es diferenciar los materiales en función del origen de sus materias primas

(de fuentes renovables o no renovables) y de acuerdo con su mecanismo de fin de vida (biodegradable/compostable o no). Así podemos encontrar materiales biobasados tanto biodegradables como no biodegradables.

Cabe señalar que un producto biodegradable es aquel susceptible de ser degradado por la acción de microorganismos tales como bacterias, hongos y/o algas en algún medio definido. Cuando el producto puede ser biodegradado en compost, por la acción de los microorganismos en presencia de oxígeno para dar dióxido de carbono, agua, sales minerales y nueva biomasa se dice que es compostable. Existen normas estandarizadas para demostrar que un producto es biodegradable o compostable. Por ejemplo, allí se establece que para poder afirmar que un material es biodegradable, se debe conseguir un 90% de biodegradación en un período igual o inferior a 180 días, a una temperatura de  $58 \pm 2^\circ\text{C}$ .

El impulso de esta línea de desarrollo, que recupera el aprovechamiento de recursos renovables y reduce la necesidad de recursos no renovables, está en línea con la idea de economía circular y, recordémoslo, fue el modelo dominante de los inicios de los materiales plásticos (ba-

sados en caucho, celulosa, etc.) hasta la tercera década del siglo XX y es alentada por aquellos que la ven como una panacea para los inconvenientes asociados al uso masivo de plásticos sintéticos.

A diferencia de aquel primer desarrollo de plásticos naturales y aún del intento de Henry Ford por desarrollar un material plástico derivado de la soja para partes de los automóviles<sup>22</sup>, hoy la tendencia es a sintetizarlos y no extraerlos de materiales preexistentes. Los mayores volúmenes de materiales biobasados son poliésteres, incluido el bio-PET que se sintetiza a partir de etilenglicol, derivado de fuentes naturales, en combinación con el ácido tereftálico (TPA) que generalmente se deriva de fuentes petroquímicas por razones puramente económicas. Aunque muchos plásticos se pueden producir a partir de materias primas renovables, su producción suele ser muy ineficiente en comparación con la preparación de los mismos plásticos a partir de fuentes petroquímicas.

Entre los materiales de partida para obtener plásticos biobasados podemos citar azúcares (de caña de azúcar o remolacha), almidón (de maíz, trigo o papa),

---

# aviso

celulosa (de madera, residuos de la agricultura, pastos) y aceite de ricino.

El mercado de bioplásticos es todavía incipiente, estimándose que es una fracción del orden del 1% del mercado de plásticos, pero su evolución es rápida por ejemplo en el área de envases<sup>23</sup>. El crecimiento viene de la mano de algunos desafíos extra sectoriales; por ejemplo, su similitud física con los materiales plásticos en uso requiere desarrollar estrategias de educación de los consumidores para que los distinga y eventualmente facilite su reprocesamiento una vez usados. Otro aspecto por desarrollar es su gestión como residuo. Si bien la industria de gestión de los residuos ha demostrado una excelente capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos los bioplásticos requerirán prácticas innovadoras e inversiones adaptativas atendiendo a que pasan a formar parte de la fracción de residuos con tratamiento biológico (compostable) y salen de la fracción que va a relleno sanitario.

Otro desafío que resolver es el establecimiento de marcos regulatorios adaptados a esta innovación.

Qué se puede hacer y que se está haciendo con los residuos plásticos.

Existen alternativas eficaces para dar una nueva vida a los plásticos (ver Tabla 4):

- **Reciclado mecánico:** Consiste en limpiar y triturar los objetos de plástico desechados para elaborar gránulos de plástico reciclado que sirven como insumos para fabricar nuevos objetos.
- **Recuperación de los componentes iniciales:** Se somete el residuo plástico a diversos procesos químicos para descomponerlo en componentes más

sencillos, que serán usados nuevamente como materia prima en plantas petroquímicas.

- **Valorización energética:** El plástico es un excelente combustible. Posee un poder calorífico similar al del gas natural o al del fuel oil. Este proceso es adecuado para plásticos degradados o sucios.

En este terreno la Argentina, como muestra la Figura 1, desarrolla una intensa actividad.

Los esfuerzos para tratar en forma sostenible los residuos plásticos son intensos, pero claramente insuficientes. El mundo produce anualmente 350 millones de toneladas de plástico mientras que la capacidad de reciclado ha sido estimada por la OCDE en 46 millones de toneladas, o sea el 15% de la producción, mientras que el 50% se descarta en rellenos sanitarios, 19% se incinera y el 22% elude los sistemas de gestión de residuos y va a parar a rellenos sanitarios no controlados, se quema a cielo abiertos o acaba en entornos terrestres o acuáticos, especialmente en los países menos desarrollados. Sin embargo, del 15% que se recoge para su reciclaje, el 40% se elimina como residuo resultando que efectivamente se recicla solo el 9% de los residuos plásticos<sup>24</sup>.

Es clara la necesidad de innovación e inversión en el sector de la industria del reciclado para reducir esa diferencia<sup>25,26,27</sup>.

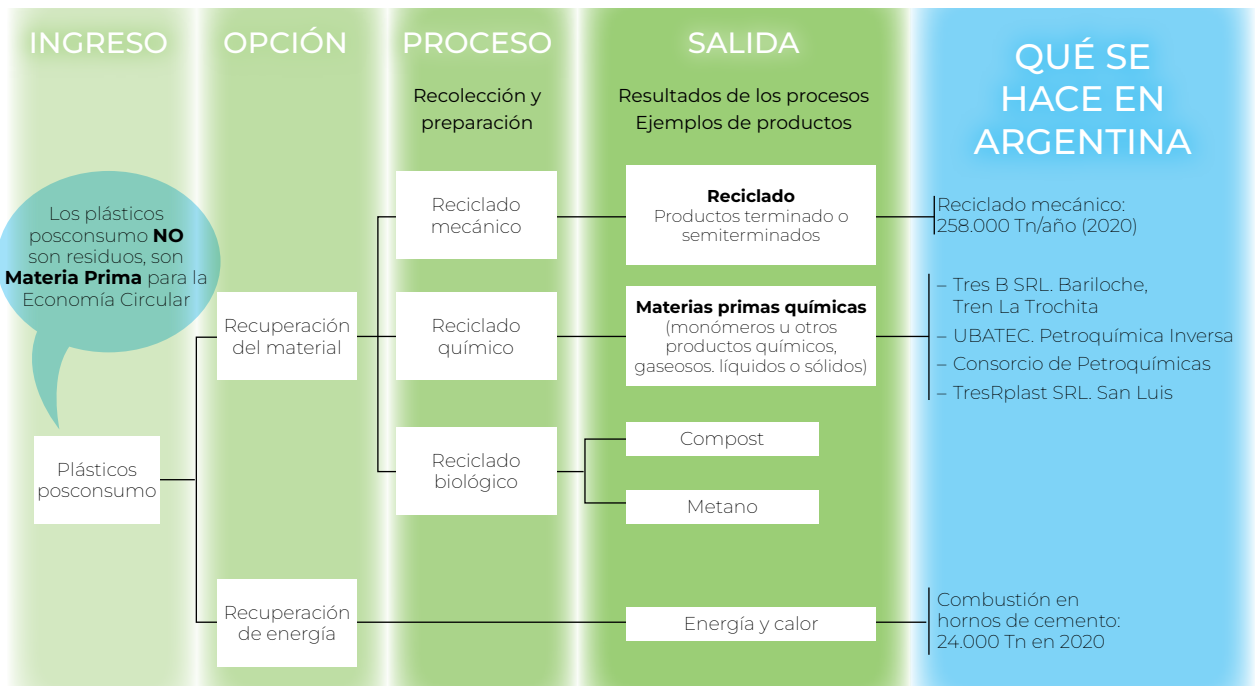
En síntesis, los materiales plásticos son recursos ya imprescindibles en la vida cotidiana y el desarrollo de las sociedades en el siglo XXI. Pueden tomar cualquier forma y mimetizar otros materiales que usamos, están ampliamente disponibles y son razonablemente económicos, pero al mismo tiempo requieren ser adecua-

**Tabla 4. Comparación de métodos de reprocesamiento de materiales plásticos**

Proceso	Tipos de polímeros procesados	Producto	Capacidad de descontaminación	Capacidad para tratar plásticos mezclados	Madurez de la tecnología
Reciclado mecánico	PE, PET, PP, PS	polímero	No	Si	Escala industrial
Purificación basada en solventes	PVC, PS, PE, PP	polímero	Si	No	Plantas piloto
Despolimerización química	PET, PU, PA, PLA, PC, PHA, PEF	monómero	Si	No	Plantas piloto para PET, PU y PA
Despolimerización térmica (pirólisis)	PMMA, PS	monómero	Si	No	Plantas piloto
Cracking térmico (pirólisis y gasificación)	Plásticos mezclados	hidrocarburos mezclados	Si	Si	Plantas piloto

Fuente: modificado de ZeroWaste Europe. 2019 El Dorado of Chemical Recycling—State of play and policy changes; August 2019. Disponible en <https://zerowasteurope.eu/?s=el+dorado+of+chemical+recycling>.

# Figura 1. La gestión de los plásticos posconsumo




Fuente: Tonelli M (ECOPLAS). La visión de la industria argentina respecto de la gestión de los plásticos; presentado en Webinar "Resolución UNEA: Fin de la Contaminación por Plásticos; rumbo a un instrumento legalmente vinculante", organizado por ISWA, PNUMA-ORPALC y el Programa ProBlue del Banco Mundial; 19 mayo 2022.

## Tabla 5. Recomendaciones de la ONU para reducir la contaminación por plásticos y microplásticos

1	Usa un <b>cepillo de dientes</b> biodegradable, con cerdas naturales.	14	Evita arrojar <b>desperdicios a las calles</b> . Casi un tercio de los envases de plástico utilizados en todo el mundo se convierten en basura que termina ensuciando las calles de las ciudades, atascando los sistemas de alcantarillado. Muchos van a parar a ríos y océanos.
2	Usa <b>hilo dental</b> de fibra natural recubierto con cera de abeja, pues la seda dental tradicional está hecha de nylon o teflón.	15	Lleva contigo una <b>botella de agua</b> reutilizable no plástica. Recuerda este dato escalofriante: cada minuto se compra un millón de botellas de plástico en todo el mundo.
3	Usa <b>productos para el cabello</b> que no contengan ingredientes plásticos como silicona y petróleo.	16	Conserva algunas <b>bolsas reutilizables</b> en casa, en el trabajo y en tu bolso. Recuerda también llevar contigo bolsas reutilizables más pequeñas para frutas y verduras. Ten en cuenta otro dato similar al anterior: cada minuto se utilizan más de un millón de bolsas plásticas.
4	Usa productos <b>cosméticos y de cuidado de la piel</b> , que sean naturales y que no contengan micropartículas.	17	Si comes fuera, conserva tu almuerzo en <b>recipientes reutilizables</b> no plásticos.
5	Usa <b>toallas</b> de algodón, algodón orgánico o fibra de cáñamo en lugar de bastoncillos o toallitas de algodón desechables. Aunque el algodón se desintegra, los químicos que contienen pueden filtrarse en el ambiente.	18	Opta por <b>tejidos y textiles naturales</b> . Reduce la cantidad de ropa fabricada con telas plásticas sintéticas en tu armario, ellas liberan microplásticos.
6	Usa una <b>taza reutilizable</b> no plástica para tu café o té.	19	Si te gusta la <b>pesca</b> , recuerda regresar a casa con todo tu equipo. Las redes e hilos de nylon y los anzuelos son arrastrados por el océano, donde atrapan y enredan a peces, aves e incluso grandes animales marinos, como ballenas.
7	Usa <b>detergentes</b> ecológicos, <b>estropajos</b> hechos de fibra natural y <b>productos de limpieza</b> menos agresivos.	20	La reducción de la contaminación plástica requiere un gran compromiso de gobiernos y empresas. Pero todos, <b>individualmente</b> , podemos contribuir. Sé proactivo, asume tu responsabilidad y cambia tu actitud ante este problema.
8	Usa <b>envases sin plástico</b> en la medida de la posible. Recicla tu plástico existente y reduce su uso, ten en cuenta que los plásticos biodegradables no se degradan completamente.		
9	Evita el uso de <b>sartenes</b> antiadherentes recubiertas de teflón.		
10	Evita el uso de <b>maquinillas</b> de plástico desechables.		
11	Evita los <b>globos</b> en fiestas y celebraciones.		
12	Evita el uso de <b>brillantina</b> .		
13	Evita los <b>sorbetes</b> de plástico, sustitúyelos por una versión metálica.		

damente dispuestos ya que persisten en el ambiente muchísimo más allá de su vida útil transformándose en contaminantes persistentes capaces de impactar negativamente en los ecosistemas. No existe una bala de plata para resolver esta contradicción. La solución global resultará de la combinación de mejorar la gestión de los recursos y la gobernanza de la gestión de residuos<sup>28,29</sup>, del desarrollo de mejores procesos de recuperación y reciclado, de reducir la vulnerabilidad de los mercados para los plásticos recuperados fortaleciendo los incentivos para la recuperación de los mismos, de la expansión del mercado de bioplásticos, de mejorar la biodegradabilidad tanto de los materiales derivados del petróleo como de los bioplásticos –nótese que desde ambos orígenes los plásticos pueden o no ser biodegradables–, de adecuar las plantas de compostaje para procesar bioplásticos cuyo tiempo de procesamiento es distinto al de

los alimentos y/o tienen aditivos no biodegradables, de vigilar que algunos pícaros no empleen incorrectamente el rótulo de biodegradable cuando sus productos tienen origen biológico pero no han sido certificados como biodegradables y, lo que no es menor, del mayor compromiso social alcanzable para la separación en origen, punto de partida ineludible para la mejor gestión<sup>29,30</sup>. Un aspecto que se ha convertido en un desafío global es el de los residuos marinos. La mejor manera de no profundizar este conflicto resultará de una mejor gestión de los residuos y el cambio a la economía circular. Mejorar el conocimiento de los desafíos técnicos y las restricciones de las propiedades de los distintos materiales e invertir en sistemas sostenibles de reciclaje y gestión de residuos también proporcionará el tiempo necesario para cambiar las cadenas de suministro de los plásticos hacia la economía circular. 

## Notas

- <https://todoenpolimeros.com/historia/>
- Fuente: AIMPLAS - Instituto Tecnológico del Plástico, <https://www.aimplas.es>
- <https://concepto.de/plastico/#ixzz7U93Vlg6M>
- Plastics - the Facts 2021. An analysis of European plastics production, demand, and waste data. Plastics Europe <https://plasticseurope.org>
- Ecoplas. 2020 Los plásticos en la economía circular. 6a Ed. mejorada. ISBN 978-987-47509-0-7.
- Sólo para dimensionar el problema digamos que se estima que la producción mundial anual de plásticos fue de 350 millones de toneladas en 2018, cifra mayor que la producción mundial de soja el mismo año y aproximadamente el 20% de la producción mundial de acero (1877 millones de toneladas en 2018).
- Geyer R, JR Jambeck, KL Law. 2017 Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3, e1700782. <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- <https://www.un.org/es/observances/oceans-day>
- Nizzetto L, M Futter, S Langaas. 2016 Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environ. Sci. Technol.* 50:10 777–10 779. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.6b04140>
- Horton AA, A Walton, DJ Spurgeon, E Lahive, C Svendsen. 2017 Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci. Total Environ.* 586:127–141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>
- Jambeck JR, R Geyer, C Wilcox, TR Siegler, M Perryman, A Andrady, R Narayan, KL Law. 2015 Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347:768–771. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1260352>
- ISO/TR 21960:2020 Plastics — Environmental aspects — State of knowledge and methodologies.
- United Nations Environment Programme. 2020 Monitoring Plastics in Rivers and Lakes: Guidelines for the Harmonization of Methodologies. Nairobi. Disponible en <https://www.unep.org/resources/report/monitoring-plastics-rivers-and-lakes-guidelines-harmonization-methodologies>
- <https://www.conicet.gov.ar/microplasticos-amenaza-invisible-de-los-mares/>
- <https://www.who.int/es/news-room/detail/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>
- Tangermann V. 2020 Disponible en [https://futurism.com/neos-cope/scientists-microplastics-inside-human-organs?mc\\_eid=f40aa788a8&mc\\_cid=91b31e1425](https://futurism.com/neos-cope/scientists-microplastics-inside-human-organs?mc_eid=f40aa788a8&mc_cid=91b31e1425)
- Plastic & Climate. The Hidden Costs of a Plastic Planet. 2019. Disponible en [www.ciel.org/plasticandclimate](http://www.ciel.org/plasticandclimate)
- Bucknall DG. 2020 Plastics as a materials system in a circular economy. *Phil. Trans. R. Soc. A* 378: 20190268. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0268>
- <https://www.conicet.gov.ar/microplasticos-amenaza-invisible-de-los-mares/>
- Wiesinger H, W Zhanyun, S Hellweg. 2021 Deep Dive into Plastic Monomers, Additives, and Processing Aids *Environ. Sci Technol* 55(13):9339–51 Disponible en <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00976>
- Zaffiro Tacchetti MC. 2022. Introducción a la Resolución UNEA 5/14: fin de la contaminación por plásticos, hacia un instrumento internacional jurídicamente vinculante. Presentado en webinar organizado por el Capítulo Regional de ISWA para Latinoamérica y el Caribe y el PNUMA, 19 mayo 2022.
- Farin J. 2007 en <https://waste-management-world.com/artikel/biofocals-the-short-and-long-term-impacts-of-bioplastics-on-the-waste-industry/>
- Bio-based News. 2020, January. The global bio-based polymer market 2019 – A revised view on a turbulent and growing market. Disponible en <http://news.bio-based.eu/the-global-bio-based-polymer-market-2019-a-revised-view-on-a-turbulent-and-growing-market/>
- <https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/perspectivas-globales-del-plastico>
- Von Stauffenberg P en <https://waste-management-world.com/people/what-has-the-plastic-waste-crisis-taught-us-about-recycling-innovation/>
- <https://www.retema.es/noticia/el-reciclaje-desempena-un-papel-clave-en-la-resolucion-de-los-problemas-de-contaminacion-WA-CRW>
- <https://www.residuosprofesional.com/bir-inversiones-reciclaje-plasticos/>
- ISWA -International Solid Waste Association- Position Paper. 2022 Effective waste and resource management to beat plastic pollution. Disponible en <https://www.iswa.org/uploads/2022/02/ISW...>
- Mavropoulos A, AW Nilsen. 2020 Industry 4.0 and Circular Economy: Towards a Wasteless Future or a Wasteful Planet?, First Edition. Published by John Wiley & Sons Ltd.
- Ashton L, GE Cruz, M Misra, A Mohanty, E Fraser, M McCormick, T Wang, M Snowdon, M Corradini. Bioplastics: A Solution to the Plastic Waste Problem? Disponible en <https://arrellfoodinstitute.ca/bioplastics-a-solution-to-the-plastic-waste-problem/>