

La era de los plásticos

Por Carmiña Gartner Vargas*

Los plásticos, fruto de la creatividad humana, capaz de dar uso a sustancias aparentemente inservibles y de crear aplicaciones prácticas de aquello que pareciera no tener aplicación; ingenio que ha hecho de imprescindibles estos materiales y que ha propiciado a través de ellos el desarrollo de nuevas tecnologías.

Los plásticos configuran nuestro mundo cotidiano en una amplia variedad de presentaciones. Por su versatilidad se encuentran en toda clase de productos, desde artículos de uso común, hasta aplicaciones de mayores especificaciones como insumos de ingeniería o polímeros avanzados. Resultan indispensables en aplicaciones específicas y sustituyen en novedosas empleos a otros materiales con mayor tradición. Pareciera ilimitado el desarrollo de nuevos polímeros con propiedades que imitan desde la resistencia del acero hasta la suavidad del algodón o alguna otra cualidad imaginable.

Además de los plásticos o polímeros sintéticos se encuentran también los fascinantes polímeros naturales. Estos son los mensajeros de la herencia, las proteínas de los seres vivos, los componentes de importantes recursos naturales y la clave de muchos materiales que la humanidad ha empleado a través de los siglos. Resinas como el betún, la gutapercha, la goma laca y el ámbar, (extraídas de árboles) y fibras naturales como la seda, el algodón y el lino, ya se utilizaban en Egipto, Babilonia, India, Grecia y China. En América, antes de la llegada de Colón, sus habitantes utilizaban otra

sustancia conocida como hule o caucho.

Los plásticos o polímeros sintéticos, en su gran mayoría derivados del petróleo, apenas cuentan con un siglo de uso pero han tenido una evolución sorprendente. Desde la baquelita en 1909, que fue el primer polímero totalmente sintético (antes ya se habían obtenido otros parcialmente sintéticos por tratamientos químicos y físicos de resinas naturales como el celuloide a partir del algodón), hasta los sofisticados materiales de nuestro mundo actual, su desarrollo ha sido paralelo al avance tecnológico. A principios del siglo XX no había producción industrial de polímeros sintéticos y desde entonces el índice de crecimiento ha sido tan asombroso que se llegó a una producción de 160 millones de toneladas por año en los albores del siglo XXI, cantidad que supera con creces la de otros compuestos o procesos químicos; este gran volumen de producción continuará en aumento, debido a sus buenas propiedades, facilidad de obtención y a la posibilidad de implementar producciones masivas de artículos de alto consumo a bajo costo. En la época actual resultaría difícil imaginar que alguno de los sectores de nuestra vida diaria, de la economía o de la técnica, pudiera prescindir de los plásticos. Sólo basta con

observar a nuestro alrededor y analizar cuántos objetos son de plástico para visualizar la importancia económica que éstos tienen, al punto que son insustituibles en sus aplicaciones ya que se entretajan en todos los aspectos de



nuestra civilización. Por todo lo anterior se dice con justicia que la nuestra es la *era del plástico*.

Pero ¿qué son los plásticos? Para empezar a definirlos podemos decir que la palabra plástico viene del griego *plastikós* que significa “moldeable”. Sin embargo, esta definición no incluye la gran variedad de productos así denominados. Hace cien años, al mencionar el término plástico, éste se podía entender como algo relativo a las artes plásticas, la pintura, la escultura, el moldeado. Hoy día, esta palabra se utiliza con mayor frecuencia y tiene un significado que implica no sólo arte, sino también tecnología y ciencia.

A partir de esta definición, podemos clasificar los plásticos con base en los efectos que provocan en ellos la temperatura y la acción mecánica. Respecto a la primera, en un determinado rango mensurable de calor, identificamos los *termoplásticos*, moldeables por acción térmica, en oposición a los *termofijos*, invariables ante aquella. En relación con la mecánica, los *plásticos* se deforman irreversiblemente, a diferencia de los *elásticos* (*elastómeros* o *cauchos*) que pueden recobrar su forma. Con el fin de precisar un término genérico que abarque todos estos materiales se emplea la denominación *polímero*, del griego, *poli*: muchos y *mero*: unidad; es decir, la agrupación de muchas unidades o pequeñas partes que poseen características distintivas en relación con otras sustancias.

Para entender qué son los polímeros, remontémonos a 1920, ya que fue en aquel entonces cuando se planteó un modelo que describía y - aún describe- adecuadamente estos materiales. A escala atómica, los polímeros son los gigantes de ese mundo infinitamente pequeño, es decir *macromoléculas*, que forman muy largas cadenas, constituidas por la unión de pequeños grupos de átomos (*meros*) unidos mediante enlaces covalentes o electrones compartidos entre los átomos que constituyen estas agrupaciones; los átomos más comunes son los de Carbono e Hidrógeno, y en menor proporción Oxígeno, Nitrógeno, Azufre y Silicio. Las hipótesis que sustentaban este modelo fueron postuladas y demostradas por el químico alemán Hermann Staudinger, con las que logró convencer de tal modo a sus escépticos colegas sobre la existencia de las *macromoléculas*, que incluso obtuvo el premio Nobel de química en años posteriores.

La gran utilidad de la hipótesis sobre la estructura macromolecular fue profusamente ilustrada por muchos

científicos en los siguientes años, sobresaliendo el trabajo de Wallace Carothers, un joven y brillante químico industrial estadounidense, quien, con su grupo de investigación en la empresa Dupont, sintetizó y analizó una extensiva serie de nuevas sustancias poliméricas que incluían poliésteres, neoprenos y poliamidas o nylons. Estos materiales adquirieron inmediatamente y desde entonces, la preponderancia que hoy tienen para nuestra civilización.

En la historia de los polímeros, cabría destacar muchos nombres de quienes contribuyeron a la comprensión de las propiedades fisicoquímicas de estos materiales y a la obtención de polímeros a través de catalizadores que permitían sintetizar macromoléculas con estructuras repetitivas predecibles y organizadas espacialmente. Muchos laboratorios de universidades y grandes industrias químicas concentraron sus esfuerzos en el desarrollo de nuevos plásticos, aprendiendo las técnicas para encauzar y dirigir, casi a voluntad, las reacciones químicas.

Proseguir con la historia del progreso de los polímeros desbordaría el alcance de este artículo, sin embargo, es preciso destacar que en años posteriores, principalmente durante la Segunda Guerra Mundial, fue prodigioso el avance en la síntesis de polímeros debido a la necesidad de desarrollar nuevos materiales con mejores propiedades, mayor resistencia, menor costo y sustitutivos de aquellos que escaseaban; en este período surgió una gran variedad de nuevos plásticos como el polietileno de baja densidad, el LDPE, el polivinilcloruro, el PVC, el poliestireno, el PS, los acrílicos y el teflón, con un gran volumen de producción.

Aún más, en aras de comprender la magnitud del aluvión de formas y aplicaciones obtenidas del plástico, no podríamos omitir una breve alusión al caucho natural. La historia de este polímero obtenido del látex del árbol *Hevea brasiliensis*, originario de la selva amazónica, es cautivante. Se remonta a la época precolombina, ya que los aborígenes utilizaban un material elástico e impermeable al agua para hacer zapatos y otros artículos como pelotas, con las que los Mayas practicaban juegos rituales. Prosigue durante la Colonia bajo la égida de la ambición europea que lastró con sudor y sufrimientos el destino de los indígenas amazónicos. Continúa en el siglo XIX con la usurpación del germoplasma del caucho del Amazonas por parte de los ingleses para establecer en



sus colonias del extremo oriente asiático - Malasia e Indonesia -, enormes plantaciones que incrementaron la producción del látex hasta posicionar en la actualidad a estos países como los mayores productores mundiales de caucho natural, con un 90% del total consolidado.

Al mismo tiempo que Inglaterra consolidaba por la fuerza militar y económica el monopolio de la producción del látex, buscaba mejorar sus propiedades. Sin embargo, fue el obstinado inventor norteamericano Charles Goodyear (1800-1860), quien descubrió en 1839 y patentó en 1944 el proceso de vulcanización, consistente en la reacción del azufre con la resina natural caliente para obtener un producto duro y rígido, muy resistente a los cambios de temperatura y a los esfuerzos mecánicos. Esta técnica fue utilizada posteriormente a gran escala a principios del siglo XX con el establecimiento de las grandes industrias de llantas en Akron, Ohio, al inicio de la industria automotriz. Durante las guerras mundiales fue necesario sustituir el caucho, indispensable en las llantas de los vehículos; en estas circunstancias se impulsó la síntesis de nuevos cauchos artificiales, los cuales, aunque no pudieron reemplazar las propiedades del natural, son hoy importantes materiales. Se originó así otra familia de una treintena de polímeros llamados elastómeros, clasificados así por sus propiedades mecánicas y el tipo de procesamiento que implica mezclado y vulcanización (otra vez Goodyear), marcando la diferencia con los polímeros denominados plásticos; entre los cauchos es menester mencionar, por su uso generalizado, el polibutadieno BR, el estireno butadieno, el SBR, el isopreno, el etilen-propilen-dieno, el EPDM y las siliconas.

En simultánea con el auge de los cauchos, continuó en ascenso el apogeo de los polímeros sintéticos derivados del petróleo hasta que la crisis de los hidrocarburos, acaecida en la década de los 70, debido al vertiginoso aumento del precio del crudo producido en los países árabes, concientizó al mundo industrializado acerca del inminente peligro que comportaba depender exclusivamente de una fuente energética no renovable con claros visos de agotamiento, cuyas mayores existencias se encuentran en países no sujetos a la influencia geopolítica de las potencias dominantes, las

cuales, como EUA en la actual invasión a Irak, recurren a la violación de la normatividad internacional vigente en procura de mantener el control de los principales yacimientos existentes en el planeta. Estas circunstancias menguaron el entusiasmo creador en la síntesis de nuevos polímeros a favor de temas como el reciclaje, la reutilización y la búsqueda de nuevas alternativas para la fabricación de polímeros a partir de recursos renovables. Además, se revivieron y masificaron consideraciones éticas que condujeron al debate internacional acerca de las responsabilidades que le competían a cada actor de los procesos lesivos para el ambiente, dando origen a fuerzas políticas de orden mundial como el ‘movimiento verde’ de Europa. En consecuencia, se tornó perentoria la adopción de medidas para minimizar la contaminación y prevenir los daños ambientales; se impusieron los procesos de producción más limpia y se hizo apremiante la gestión integral de los residuos. Esto incentivó aún más el interés en productos biodegradables.

Sin embargo, el uso de los polímeros sintéticos derivados del petróleo ha aumentado en las últimas décadas, pues ningún polímero natural o biodegradable cuenta con los atributos de los primeros ni ha logrado alcanzar su inmensa aplicabilidad y preeminencia en el mercado. El éxito comercial está asegurado para

los materiales con perfiles de bajo costo, muy buen desempeño y durabilidad. Así es como día a día se desarrollan nuevos materiales poliméricos y la investigación se orienta por muy diversas tendencias para satisfacer un mercado cada vez mayor en volumen y exigencia.

En los últimos años, el desarrollo se ha enfocado a la investigación química sistemática, con atención especial a la modificación de plásticos ya conocidos mediante cambios de estructura química, principalmente con el desarrollo de nuevos catalizadores que posibiliten el manejo de sus propiedades a través de un adecuado diseño de su estructura molecular; reacciones de copolimerización (es decir unión química de varios polímeros); mezclas o aleaciones con otros polímeros y con elementos de carga; refuerzo y aditivos y en la producción de plásticos de altas prestaciones. A la fecha,



se cuenta con la existencia de cientos de polímeros patentados, de los cuales 30 son imprescindibles. Los productos manufacturados con plásticos son obtenidos por más de 20 procesos distintos de moldeo y aproximadamente 10 gobiernan la mayor parte del volumen de plásticos transformados, entre los que cabe destacar el moldeo por extrusión, por inyección, por soplado, por termoformado y por calandrado, entre otros.

En general, los polímeros son materiales ligeros, con una densidad entre seis y siete veces menor que la del acero; con bajas temperaturas de transformación, modificables según las conveniencias, excelentes aislantes térmicos y eléctricos, aunque con tendencia a cargarse estáticamente; resistentes a la corrosión pero con poca resistencia a los solventes, presentan diferentes permeabilidades; transparentes u opacos de acuerdo a los requerimientos, pues propiedades ópticas como el brillo o el lustre pueden ser inducidas mediante el procesamiento; con un amplio espectro de propiedades mecánicas que abarcan desde materiales duros y frágiles, hasta muy tenaces, resistentes al impacto, blandos y elásticos y pueden reciclarse, incinerarse o biodegradarse. Debido a su versatilidad, tienen infinidad de aplicaciones a la medida de las necesidades.

Pueden clasificarse en plásticos de uso general y polímeros de ingeniería. Los primeros, se utilizan en grandes cantidades y su precio es bajo; dominan el mercado por el volumen y ventas; aunque básicamente están constituidos por cuatro tipos: polietileno (PE), polipropileno (PP), polivinilcloruro (PVC) y poliestireno (PS), su magnitud representa los dos tercios de todos los polímeros producidos. Los destinados a ingeniería son aquellos que se utilizan como componentes estructurales con alto grado de precisión en su producción y acabado; se definen de acuerdo a su aplicación, calidad o costo; generalmente poseen características especiales como resistencia mecánica, tenacidad o resistencia térmica; en este grupo se

incluyen las resinas epóxicas, las poliamidas (PA), el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), el policarbonato (PC) y los poliacetales (POM), entre otros; y polímeros de altas prestaciones utilizados en aplicaciones avanzadas como la industria aeroespacial y militar y en los sectores eléctrico y electrónico, entre éstos, se encuentran los de cristal líquido y las policetonas.

El sector de los empaques consume aproximadamente el 70% de la producción mundial de plásticos, a los que prefiere sobre el vidrio y el metal debido a las inmensas posibilidades conferidas por sus propiedades de resistencia, deformabilidad, flexibilidad, liviandad, compresibilidad, durabilidad, facilidad para el lavado, inocuidad, inofensividad, entre otras, y el bajo costo, ya que su producción requiere poca cantidad de energía, incluso menos que la del papel.

En consecuencia, el gran volumen de plástico destinado a servir de empaque, uso en el cual tiene la vida útil más corta, es el que origina, cuando se desecha, la enorme cantidad de residuo tan común en la actualidad, causante del grave problema ambiental que nos agobia. Residuos sintéticos, livianos, móviles, durables y resistentes a la degradación, no se descomponen fácilmente, acumulándose y retardando su incorporación a los ciclos naturales de la materia de los que depende la pervivencia de los ecosistemas y la biósfera.

La durabilidad, baja densidad y resistencia, ponderadas virtudes en sus aplicaciones, se convierten en características indeseables cuando ya han cumplido su vida útil. Los desechos plásticos los encontramos hoy, diseminados por doquier, en nuestro entorno y paisaje. Ya que nos servimos de los plásticos, a tal punto que forman parte de nuestro mundo, deberíamos aprender a disponer de ellos correctamente sin esperar al científico Iluminado que nos indique, tal vez ya muy tarde, la manera adecuada de hacerlo.

* *Química, M.Sc. Profesora Universidad de Antioquia.*
cgartner@udea.edu.co

