

El yin y yang de los plásticos

El Profesor Staudinger¹ quedó pensativo, mirando su escritorio, con la mano derecha sosteniendo el contorno de la blanca barba. El Profesor Wieland² se levantó; acomodó su silla; y antes de atravesar la puerta, le espetó:

“–Profesor Staudinger... Abandone su idea de “macromoléculas”. Las moléculas orgánicas con un peso molecular por encima de 5.000 g/mol no existen. Purifique bien su producto de reacción... Y verá cómo cristaliza...”

El Profesor Wieland cerró la puerta con firmeza, respetuosamente. El Profesor Staudinger levantó su cabeza y, mirando todo y nada a la vez, pensó: “... Quizás Heinrich Wieland tenga razón. O quizás no. Pero independientemente de quién esté en lo cierto, habrá que demostrarlo. Y no creo que él esté interesado en hacerlo... Ese será mi trabajo...”

¿Habrá sido una conversación así, en una oficina o en un simposio, en la que Wieland y Staudinger intercambiaron sus opiniones respecto a las macromoléculas? ¿O tal vez ese diálogo se llevó a cabo por vía epistolar? No podemos afirmarlo. Pero cuenta la historia que realmente así sucedió: mientras sus colegas de entonces no podían entender cómo un Profesor de reputación se empeñaba con esos estudios, Hermann Staudinger nunca claudicó en sus experiencias para entender las propiedades y el comportamiento de lo que él mismo denominó “macromoléculas”, moléculas gigantes que prácticamente forman casi todo lo que conocemos. Y que por ser tan familiares, casi ni les prestamos atención. Como entonces.

Si alguien que desconoce el tema nos preguntara qué son las macromoléculas, podríamos decirle que se imagine un collar muy largo, formado por perlas de igual o distinto tamaño. Si las perlas fuesen átomos, entonces un largo collar formado por esas perlas formaría una de las macromoléculas más simples. Las macromoléculas son aquellas moléculas que resultan de la unión química de numerosos

¹Hermann Staudinger, Premio Nobel de Química en 1953 por sus contribuciones al desarrollo de la Química Macromolecular.

²Heinrich Wieland, Premio Nobel de Química 1927 por sus contribuciones sobre la composición de los ácidos biliares.

átomos, que se disponen espacialmente formando estructuras tan simples como largas cadenas lineales, o tan complejas como la famosa doble hélice de la molécula del ADN. Estas moléculas gigantes son fabricadas tanto artificialmente por laboratorios o plantas químicas industriales, o producidas por la misma naturaleza y los seres vivos. Así, dentro de este gran conjunto de moléculas gigantes encontramos a las proteínas, los ácidos nucleicos, el colágeno, la seda, la celulosa, la lignina y el caucho natural; pero también a los plásticos sintéticos, los tejidos artificiales, las siliconas o los ahora famosos nanotubos de carbono.

Para los químicos de principios del siglo XX, obtener sustancias de aspecto gomoso, gelatinoso o viscoso era sinónimo de que algún paso de reacción había fallado. Si la molécula buscada podía obtenerse en estado sólido, entonces debía formar cristales como la sal de mesa. Todo sólido puro debía ser cristalino. No había otra opción. Y mucho menos pensar en que ese sólido tuviese numerosos átomos químicamente unidos entre sí. Esa idea era imposible; los pesos moleculares de las moléculas conocidas tenían un rango definido, y cualquier medida más allá de ese rango era inadmisibles. Eso fue lo que apuntó Wieland en nuestro diálogo imaginario. Sin embargo, fue necesario que transcurriera más de una década para que el concepto introducido por Staudinger fuese reconocido por la comunidad científica. Su trabajo obstinado y perseverante en este campo de la ciencia hizo merecedor del Premio Nobel de Química en el año 1953, y su idea de las macromoléculas uno de los grandes sucesos del siglo.

Dentro del gran conjunto de macromoléculas encontramos a los polímeros sintéticos. Los polímeros sintéticos (del griego, poli = muchos, y meros = partes) son macromoléculas formadas por la repetición sucesiva de un número grande de unidades repetitivas llamadas monómeros (del griego, mono = una, y meros = parte). A pesar de que hoy los polímeros nos son familiares (y mucho más una de sus grandes familias, los plásticos), su historia es bastante reciente. Hoy sabemos que podemos fabricarlos en grandes cantidades, pero no fue sino durante la Segunda Guerra Mundial donde la producción y el aprovechamiento a nivel masivo de los polímeros sintéticos se hicieron realidad. Esta producción masiva estuvo motivada fundamentalmente por dos razones: la necesidad de contar con materias primas para fabricar productos, o (lamentablemente) armas de combate. Fue en esos tiempos en que se desarrollaron el caucho sintético (usado por Alemania para neumáticos de aviones y vehículos

militares) o el nylon, (desarrollado por EEUU para fabricar textiles combinándolo con lana o algodón). Por otra parte, las aplicaciones militares también dispararon el uso de los plásticos reforzados a partir de poli(ésteres) insaturados y fibras de vidrio, así como los hilos de nylon utilizados en los paracaídas. Posteriormente, las investigaciones se centraron en el descubrimiento de nuevos métodos de síntesis de polímeros, así como también en el desarrollo de nuevos materiales y en la mejora de sus propiedades finales. Fue entonces cuando se descubrieron los procesos para obtener poli(etileno) y poli(propileno), dos de los polímeros más empleados en la actualidad.

El vertiginoso crecimiento de los polímeros sintéticos fomentó una industria que siguió y sigue avanzando, en pos de mejorar la calidad de vida humana a través de la promoción científica y técnica. La importancia de estos materiales es tan grande, que no podría imaginarse la vida en el mundo moderno sin ellos. Esto es debido fundamentalmente a sus variadas propiedades intrínsecas. En efecto, hoy tenemos polímeros conductores (como el poli(acetileno)) y también aislantes (como la baquelita, el primer termorrígido de producción masiva); transparentes (como los acrílicos utilizados en placas y peceras) y opacos (como el poli(estireno) o "telgopor"); flexibles (como las gomas) y rígidos (como el Kevlar, constituyente principal de los chalecos antibalas); impermeables (como la mayoría de los termoplásticos) y permeables (como los geles de los pañales descartables modernos); y pueden llegar a tener una resistencia comparable a la de los metales. Además, la amplia disponibilidad e infinidad de estructuras poliméricas posibles, sumadas a sus propiedades de baja densidad, fácil procesabilidad y relativo bajo costo, son otras de las ventajas del consumo y uso masivo de los polímeros.

En las últimas décadas, el empleo de polímeros sintéticos se ha expandido considerablemente en industrias de alimentos y productos cosméticos/farmacéuticos, como así también en las industrias automotriz, aeronáutica, de la construcción y agrícola, entre otras. Sin embargo, y a pesar de los enormes beneficios que proporcionan el uso de estos materiales, la población ha comenzado a desarrollar una fuerte conciencia ambientalista, respaldada por restricciones medioambientales que se focalizan principalmente en la reducción del consumo de polímeros derivados del petróleo. Por lo tanto, la supervivencia del imperio de los materiales sintéticos está ligada a "un compromiso de sostenibilidad" con el medio ambiente, y para ello los científicos, las empresas productoras y los usuarios de estos materiales

deberán resolver desafíos muy importantes. Los “plásticos” cumplen un rol fundamental en el suministro y sostenibilidad de la calidad, comodidad y seguridad de los estilos de vida modernos, de todos los niveles económicos. Sin embargo, satisfacer las necesidades de la sociedad no se limita al "presente", ya que las generaciones futuras también tienen derecho a disponer de los materiales y sus ventajas; satisfacer las necesidades del mañana es la base del concepto del "desarrollo sostenible".

Pero... ¿son los “plásticos” los grandes responsables del deterioro de nuestro planeta? La realidad es que los productos plásticos contribuyen a diario a mejorar las vidas de las personas, al tiempo que preservan los recursos naturales y ayudan a proteger el entorno del futuro en un mundo con una población creciente y necesidades cada vez mayores de agua, alimentos, refugio, sanidad, energía, servicios médicos y seguridad económica. Entonces, ¿por qué se los considera la gran amenaza de nuestro planeta? ¿Cómo podrían éstos materiales contribuir y acoplarse al desarrollo sostenible?

Estos interrogantes de difícil respuestas nos conducen a otro nuevo: ¿Qué solución podemos encontrar como sociedad? En principio, lo mejor que podemos hacer hoy en día es coordinar una eficiente Gestión Integral de Residuos, cuyo pilar fundamental consiste en la reducción de la cantidad de residuos. Ahora bien, lo que no puede ser reducido en cantidad, bien puede ser reutilizado o reciclado. Y es aquí donde los materiales poliméricos y los plásticos en particular pueden contribuir al desarrollo sostenible. En efecto, estos materiales brindan la posibilidad de ser reutilizados por tres vías alternativas, cada una de ellas con sus características particulares.

El Reciclaje Mecánico es una óptima alternativa para los materiales limpios y fáciles de separar, es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización. Al Reciclaje Mecánico se le suma el Reciclaje Químico, que consiste en diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas (rotas) dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos. Algunos métodos ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos, y de esta manera se reducen los costos de recolección y clasificación. Finalmente, el Reciclaje energético involucra la incineración de residuos y su transformación en energía. Los plásticos tienen propiedades altamente energéticas que permiten la generación de

energía térmica o eléctrica, ya que su capacidad calorífica, en muchos casos, es comparable con la de combustibles para calderas y superior a la del carbón. La mayor desventaja de este tipo de reciclado es la contaminación atmosférica, ya que este tipo de materiales dan lugar a sustancias cancerígenas si la incineración no es adecuada, pero si se toman los recaudos pertinentes resulta una alternativa más que interesante en un mundo en el que la energía es el motor fundamental.

Entonces, los plásticos ¿son ángeles o demonios? Ni una cosa, ni la otra. Es el uso que hacemos de ellos lo que los transforma en materiales valiosos o perjudiciales. En menos de un siglo, la Química Macromolecular y la Ciencia de Polímeros ha revolucionado no sólo el conocimiento científico, sino también la vida misma. Hoy, nos resultaría imposible vivir sin los medios electrónicos e informáticos; sin los medios de transporte con los que nos movilizamos; sin los dispositivos quirúrgicos y biológicos que mejoran nuestra calidad de vida; y sin los materiales con los que nos vestimos, comemos y reposamos. En todos ellos tenemos plásticos, polímeros y macromoléculas involucradas. Pero también somos conscientes del enorme impacto medioambiental que podemos causar si no hacemos un adecuado tratamiento de ellos cuando finaliza su vida útil.

Las macromoléculas nos son indispensables, ya sea en su forma natural o sintética. No se trata entonces de estigmatizar o bendecir algunas de sus familias, sino de comprender sus propiedades y entender su comportamiento. En esa tarea, nos ayudan los científicos. Y en la tarea de hacer un uso responsable de las mismas, debemos ayudarnos todos.

Jan Kostice