



Los plásticos: materiales a la medida

Ana María Sosa

SI CADA ETAPA DE LA HUMANIDAD SE RECONOCE POR EL MATERIAL PREPONDERANTE CON EL QUE ÉSTA HA MODIFICADO SU MEDIO AMBIENTE, LA NUESTRA ES LA ERA DE LOS PLÁSTICOS.

LA INDUSTRIA de los plásticos empezó en 1863, cuando la firma fabricante de bolas de billar *Phelan & Collander* ofreció diez mil dólares a quien pudiera desarrollar un sustituto del marfil que se usaba para fabricar las bolas. Quizá la compañía haya querido proteger a los elefantes, pero es más probable que buscara un material semejante al marfil, el cual era cada vez más escaso y caro. Alentados por esta oferta los estadounidenses Isaiah y John Hyatt desarrollaron el plástico *celuloide* y aunque lograron popularizarlo, nunca ganaron el premio porque las bolas de billar fabricadas con este nuevo material tenían la tendencia a explotar al ser golpeadas.

En la actualidad muchos de los objetos con los que tenemos contacto están hechos total o parcialmente de algún tipo de plástico, debido a la variedad de propiedades casi ilimitada que se puede dar a estos materiales, aunada a su relativo bajo

costo: los hay duros, blandos, rígidos, flexibles, densos, ligeros, transparentes, opacos, pegajosos, antiadherentes, impermeables, absorbentes, conductores, aislantes, etcétera.

El hule natural

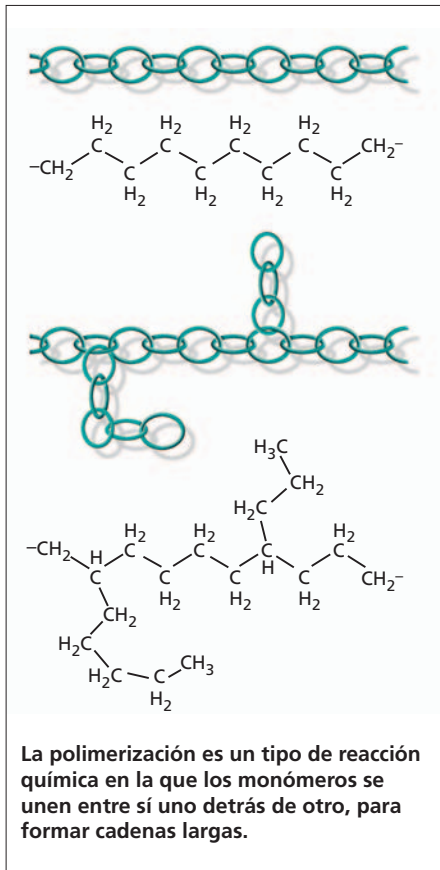
La posibilidad de diseñar las propiedades de los plásticos “a la medida” inició con los intentos de los químicos por imitar a la naturaleza en la síntesis del hule natural, cuyas propiedades elásticas se conocen desde hace aproximadamente cinco siglos. Originario de América, el hule era utilizado por los primeros habitantes de México, quienes lo extraían del arbusto del guayule para impermeabilizar utensilios y fabricar las bolas del juego de pelota. Aunque los colonizadores españoles también lo usaron, durante los siguientes 300 años, sólo se empleó para fabricar pelotas y otras curiosidades.

La primera fábrica que usó hule natural fue establecida en París en 1803. En un principio producía ligas y tirantes, pero después incorporó hule en las gabardinas para hacerlas impermeables. Estos productos tenían algunos inconvenientes, pues el hule se reblandecía y se hacía pegajoso en verano mientras que en invierno era rígido y quebradizo. La solución

llegó en 1839, cuando Charles Goodyear descubrió que al calentar hule natural en presencia de azufre se obtenía un producto mucho más elástico y resistente. A este proceso se le llamó vulcanización. Los usos del hule vulcanizado aumentaron y se diversificaron; pronto las plantaciones en América resultaron insuficientes para cubrir la demanda, y la posibilidad de controlar este nuevo mercado impulsó a los ingleses a establecer enormes plantaciones en Ceilán, Malasia y Singapur, con semillas del árbol *Hevea brasiliensis* llevadas de contrabando desde Brasil. Durante la Segunda Guerra Mundial la imposibilidad de importar hule natural para las llantas de los aviones propició que en los laboratorios de investigación, estadounidenses y alemanes, se iniciara la búsqueda por descubrir, reproducir y mejorar los secretos de la estructura química del hule.

¿Plástico o polímero?

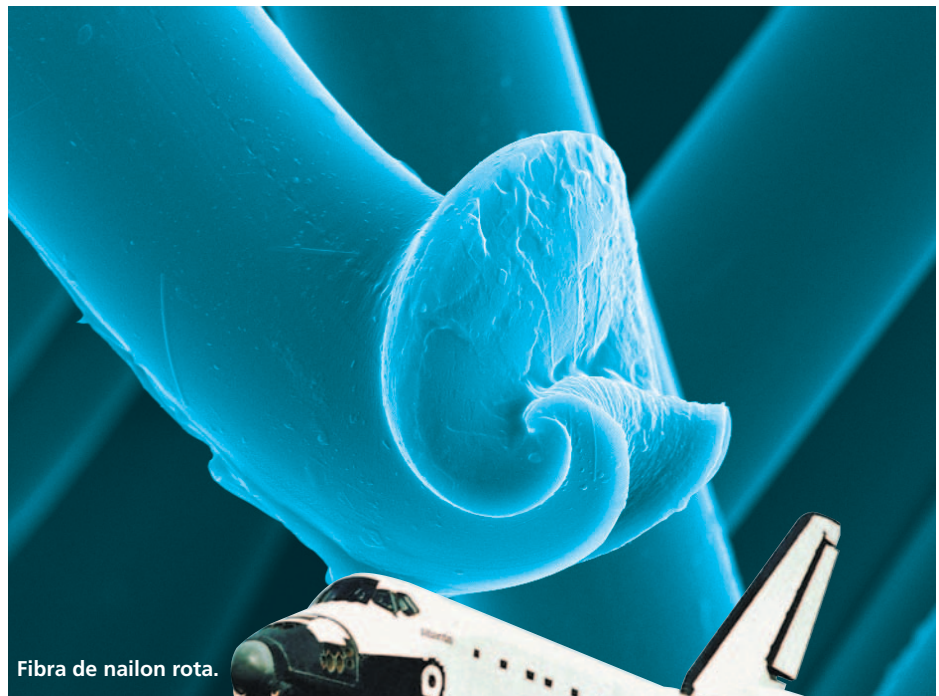
Hoy sabemos que el hule natural, al igual que el pelo, la lana, las telarañas, los capullos de las polillas y el gusano de seda, así como muchas otras sustancias provenientes de organismos vivos, son polímeros. Los polímeros son moléculas gigantes que resultan de la unión de miles



de moléculas más pequeñas a las que se llama monómeros. La estructura básica de estas sustancias es similar a la de una larga cadena (el polímero) formada por pequeños eslabones (los monómeros).

En algunos polímeros las cadenas lineales pueden unirse entre sí a través de otras cadenas, dando lugar a redes que pueden formar arreglos tridimensionales. Los eslabones pueden ser todos iguales, lo que se denomina homopolímero, o pueden estar constituidos por unidades diferentes y alternarse siguiendo un patrón específico formando lo que se conoce como un copolímero. Las sorprendentes y variadas propiedades que pueden darse a estas sustancias dependen precisamente del tipo de monómero, la longitud de las cadenas y la forma en que éstas se acomodan en el material.

Aunque generalmente se utilizan los términos “plástico” y “polímero” como sinónimos, plástico hace referencia a cualquier material que puede moldearse fácilmente, mientras que polímero clasifica a una sustancia por su estructura molecular. A pesar de que todos los plásticos comerciales conocidos son polímeros, algunas de las biomoléculas más importantes



Fibra de nailon rota.

como las proteínas, el almidón e incluso el ADN también pueden incluirse dentro del conjunto de los polímeros pero no en el de los plásticos.

Materiales asombrosos

Aunque algunos plásticos y sus propiedades nos son muy familiares, como el polietileno en las bolsas del supermercado, el poliestireno en los vasos desechables, el poliuretano en el hule espuma, el PVC en las tuberías y el nailon en la ropa, las posibilidades en el diseño de estos materiales han llegado mucho más lejos. Un ejemplo es el Kevlar, material elaborado con un polímero llamado parafenileno tereftalamida, el cual es hasta cinco veces más fuerte que el acero, pero mucho más liviano, por lo que ha resultado ideal para construir partes de aviones y naves espaciales ya que la relación fortaleza/peso es de gran importancia en dichos vehículos (se requiere de mucho menos combustible para mover un objeto ligero). El Kevlar es usado para la fabricación de la cola de algunos de los aviones más grandes, las puntas de algunos cohetes, chalecos y en discos y bastones para hockey. Gracias a este material, la posibilidad de disponer de automóviles más ligeros y resistentes parece muy cercana.

Cinco veces más fuerte que el acero, el Kevlar es ideal para la fabricación de algunos cohetes.



Árbol de hule.



Algo de historia

El primero y tal vez el más conocido de los polímeros sintéticos es el plástico denominado nailon. En 1928 Wallace H. Carothers, químico originario de Iowa, Estados Unidos, dejó su trabajo como profesor de química orgánica en la Universidad de Harvard para encabezar un grupo de investigación en los laboratorios de la compañía DuPont. El trabajo del grupo se centró en investigar cómo se forman y qué factores afectan las propiedades de los polímeros. En poco tiempo encontraron que la reacción química entre el ácido adípico y el diamino hexano (dos sustancias que tienden a polimerizarse y que están formadas principalmente por átomos de carbono) producía un polímero (el nailon) que formaba hebras fuertes y de textura suave. Similar a la seda pero mucho más económico, el nailon se convirtió en su mejor sustituto pues además era elástico y no se deshila.

La primera aplicación del nailon en un producto comercial ocurrió en 1938 en la forma de cerdas para cepillos de dientes. Sin embargo su fama inició el 15 de mayo de 1940, con la introducción al mercado de las medias de nailon en Nueva York, donde se anunciaba como «seda sintética hecha de carbón, aire y agua». Las mujeres hicieron largas filas horas antes de que abrieran las tiendas y en las primeras cuatro horas se vendieron alrededor de cuatro millones de pares de medias. Durante la segunda guerra mundial toda la producción de nailon se destinó al uso militar por lo que las medias, que gozaban entonces de una gran popularidad, se convirtieron en un valioso artículo con el que se traficó e incluso se aceptaba como forma de pago en diversas transacciones. El nombre comercial que originalmente se sugirió para este polímero fue el de *norun*, que en español podría traducirse como “que no se van”, haciendo alusión a la gran resistencia de las medias a rasgarse.

El cianoacrilato es un plástico líquido adhesivo con una gran capacidad para penetrar en cualquier cavidad; esta propiedad permite que se adhiera a cada hueco de las superficies que se quiere pegar. Al contacto con una mínima cantidad de humedad, polimeriza formando cadenas de entre uno y dos millones de moléculas, las cuales actúan como ligas manteniendo unidas ambas superficies tan fuertemente que 2.5 cm² del adhesivo pueden soportar más de una tonelada de peso. Aunque se ha utilizado este material como pegamento instantáneo desde hace tiempo en México —muchos recurren a la *Kola Loca* para pequeñas reparaciones— su aplicación más interesante es como pegamento para tejidos vivos. Si bien la eficacia del cianoacrilato fue probada durante la guerra de Vietnam, donde se utilizó en forma de aerosol para ayudar a cerrar heridas graves y detener las hemorragias, no fue sino hasta 1998 cuando se autorizó su uso médico en EUA, con el nombre comercial de *Dermabond* para cerrar desde laceraciones comunes hasta pequeñas incisiones en cirugías. Su manejo resulta tan práctico que es posible restaurar los detalles de un tatuaje que ha sido estropeado por una herida.

Si bien existen muchos polímeros naturales que absorben agua, como el almidón, la gelatina y el almidón, su capacidad

absorbente es baja y cuando se exprimen el agua se elimina casi en su totalidad y con relativa facilidad. El poliacrilato de sodio es un plástico que puede absorber hasta 800 veces su peso en agua, y al hacerlo forma un gel que impide que el agua escurra. Actualmente se utiliza en la manufactura de diversos productos, desde pañales desechables, retenedores de agua para agricultura y aromatizantes interiores, hasta filtros para riñones artificiales y como relleno en ojos artificiales. Otro plástico absorbente es el polinorborno; éste es repelente al agua pero puede absorber grandes cantidades de aceite por lo que podría utilizarse para limpiar el mar contaminado con petróleo. Recientemente se han obtenido membranas plásticas que se utilizan en la separación de sólidos, líquidos y gases. Las aplicaciones de estas delgadas películas son numerosas: purificación de la sangre en un riñón artificial, desalinización del agua de mar, separación de microorganismos para obtener agua ultra pura y en empaques de alimentos (con lo que se retrasa su descomposición pues se impide el paso del oxígeno).

Los cristales líquidos son sustancias cuyas moléculas se mantienen ordenadas, como en los sólidos cristalinos, pero que tienen la suficiente libertad de movimiento de los líquidos. El comportamiento de estos materiales es similar al de un conjun-

to de troncos que flotan ordenados y se desplazan libremente sobre la corriente en un río. Los cristales líquidos poliméricos son plásticos que pueden modificar su arreglo al contacto con luz, calor o electricidad. El efecto de esto puede ser un cambio de color, propiedad que se aprovecha en algunos juguetes, o pasar de ser un material transparente a uno completamente opaco, ideal para ventanas “inteligentes” en las que puede controlarse el paso de la luz con un interruptor de corriente.

Desde la aparición en el mercado de los primeros plásticos se pensó que todos estos materiales eran aislantes (es decir, que no conducían la electricidad). Aunque esto es cierto en la mayoría de los casos, se han desarrollado los llamados “metales sintéticos” que son plásticos conductores que semejan propiedades metálicas a pesar de que no contienen ni un átomo metálico. Estos pocos ejemplos muestran que las posibilidades de aplicación de los plásticos son muy grandes. Además, estos materiales sintéticos se pueden producir en su totalidad a partir del petróleo.

Nadie es perfecto

A pesar de que la durabilidad de los plásticos se consideró en un principio como una de sus cualidades más apreciadas, actualmente es esa misma propiedad la que ha provocado uno de los problemas más graves de contaminación en el ambiente. Al contrario de lo que muchos creen, los plásticos sí se degradan, pero el periodo de degradación puede ser muy largo, en algunos casos de más de 300 años, por lo que tienden a acumularse (se invita al lector a determinar experimentalmente el tiempo que toma a una manzana reintegrarse, por ejemplo, a la tierra en una maceta). El problema se agrava en la medida en que aumenta el número de artículos desechables elaborados con plásticos; se estima que alrededor de un 30% de los millones de toneladas de residuos sólidos generados son plásticos.

El mar es especialmente sensible a este problema: algunas de las corrientes marinas más importantes están “marcadas” con bolsas y otros artículos de plástico que flotan siguiendo su curso. Peor aún, frecuentemente animales marinos confunden los desechos plásticos con alimentos y los

ingieren, también es común que los animales queden inmovilizados por restos de plásticos y mueran. La acumulación de este tipo de desechos afecta especialmente a las zonas ártica y antártica, donde además la vida media de los plásticos se prolonga por las bajas temperaturas.

La ciencia y la tecnología han buscado resolver el problema de acumulación

de plásticos. La industria de los plásticos ha elaborado un código con números y siglas (en inglés), que algunos fabricantes ya imprimen sobre sus productos para ayudar a la gente a distinguir y separar los plásticos.

Las resinas recicladas se utilizan para fabricar productos como alfombras o fibras textiles, y la transformación de botellas de refrescos de tereftalato de polietileno (mejor conocido por las siglas PET) en playeras y chamarras ha sido uno de los reciclajes más exitosos. Sin embargo, el uso de plástico reciclado no se considera conveniente para empaques o envases de alimentos por el riesgo de contaminación, lo cual ha limitado sus aplicaciones. Esta limitación podría ser superada mediante la elaboración de empaques multicapa, en los que las resinas recicladas constituirían el centro de los empaques o envases mientras que la resina “virgen” constituiría las capas externas, que son las que están en contacto con los alimentos.

Con respecto a la biodegradabilidad, los químicos han logrado progresos importantes: se ha encontrado la forma de diseñar polímeros en los que se incluyen monómeros cuyos enlaces son susceptibles de romperse mediante la radiación ultravioleta presente en la luz solar. Cuando los plásticos fabricados con estos polímeros se exponen a la luz del Sol, los grupos sensibles insertados de forma periódica en las cadenas poliméricas se degradan, permitiendo que las largas cadenas se fragmenten y sean incorporadas más fácilmente al ambiente. Estos plásticos, que son estables bajo luz artificial, se denominan fotodegradables. Otra manera de producir plásticos que no contaminen es la introducción de grupos moleculares que ciertos microorganismos del ambiente reconocen como alimento, por ejemplo, derivados del almidón. Estos grupos moleculares son rápidamente consumidos por los microorganismos, lo que deja expuesto el material fragmentado acelerando su incorporación al ambiente.

Foto: Dante Bucio



Código	Material
 1	PET Politereftalato de etileno
 2	HDPE Polietileno de alta densidad
 3	PVC Policloruro de vinilo
 4	LDPE Polietileno de baja densidad
 5	PP Polipropileno
 6	PS Poliestireno EPS Espuma de poliestireno

Los códigos resultan útiles para separar los desechos plásticos y tomar una decisión respecto a la técnica de reciclaje a emplear.

de residuos plásticos a través de dos rutas: el reciclaje y la biodegradabilidad. Las propiedades tan diversas que pueden tener los plásticos hacen que su reciclaje sea más complicado que el del papel, el vidrio o los metales. Actualmente sólo se recicla alrededor del 1% del total de desechos plásticos. La industria de los plás-

Ana María Sosa Reyes es egresada de la carrera de química de la Facultad de Química de la UNAM y estudiante del doctorado en ciencias químicas en la misma institución. Es profesora de química en los primeros semestres de la licenciatura en dicha Facultad e imparte la materia de química en el CCH Sur de la UNAM.