

El mágico mundo de los polímeros

Definiciones sobre qué es la ciencia y qué son los polímeros se pueden encontrar en cualquier libro de texto básico, pero comprender la esencia de su comportamiento y cómo funciona la química de los polímeros es más difícil de lograr. Si simplemente observamos cómo se comportan objetos que tenemos a nuestro alrededor, frente a determinados estímulos externos, como temperatura, presión o agentes químicos, nos parecería que estamos en presencia de algo mágico. Sin embargo, podemos mediante ejemplos prácticos y cotidianos, no sólo comprender la ciencia de los polímeros, sino también aprender a disfrutarla.

Antes de entrar en el campo de la ciencia de polímeros, empezaremos por dar el concepto básico de "polímeros".

Seguramente que al pensar "¿qué es un polímero?", lo primero que vendrá a la mente será la imagen de una bolsa de plástico o la de una botella de gaseosa. Si bien esa imagen es correcta, y es lo que en la vida diaria representa la idea de un polímero, también se puede agregar que de polímeros han sido fabricados el satélite que viajó a Venus, las válvulas artificiales que se implantan en los corazones humanos o los chalecos antibalas, entre muchísimas cosas.

Un polímero es una molécula gigante, formada por millones de moléculas pequeñas unidas quími-

camente entre sí. Si bien los términos macromoléculas y polímeros se utilizan como sinónimos, es la palabra polímero la que más frecuentemente se usa. La gran mayoría de los polímeros son orgánicos en naturaleza, ya que están formados principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno y, por lo tanto, es muy común que la síntesis de los polímeros se realice principalmente en lugares en donde se trabaja en química orgánica.

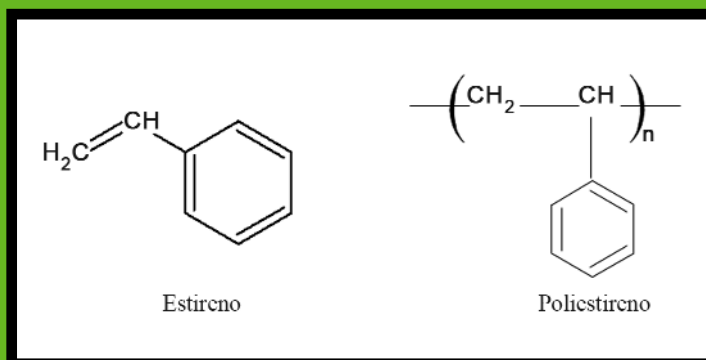
La palabra polímeros deriva del griego que significa *poli* (muchos) y *meros* (partes), pero en realidad el verdadero significado proviene de la palabra polimerismo, que originalmente se aplicaba a sustancias de igual fórmula empírica pero diferentes propiedades físicas y químicas. El ejemplo clásico que podemos dar es el del estireno y poliestireno, ambos tienen la misma fórmula empírica, pero el estireno

premio Nobel en química, el Prof. Heinrich Wieland que estaba presente en ese momento, le interrumpió la presentación para sugerirle que abandonara la idea de la existencia de moléculas gigantes, que volviera a su laboratorio a purificar dicha sustancia y que se daría cuenta que en realidad estaría formada por varias moléculas pequeñas. Posteriormente, Carothers, quien trabajaba para Du Pont, se unió a la teoría Staudinger y fue quien sintetizó los primeros materiales poliméricos de gran importancia comercial, como el neopreno, el caucho y el nylon.

Los polímeros pueden ser divididos en dos clases según su origen: naturales y sintéticos. Como ejemplo de los primeros podemos nombrar a la celulosa, la goma natural, el algodón, y como ejemplo de los segundos al polietileno (PE), el polipropileno (PP), el policloruro de vinilo (PVC). En general

pueden presentarse en la vida cotidiana de diferentes formas, como fibras, plásticos (termoplásticos o termorrígidos), elastómeros o geles. La diferencia entre estos tipos de presentación está dada principalmente por las interacciones intermoleculares e intramoleculares y por los grupos

funcionales que se encuentran presentes en sus cadenas principales. Las interacciones entre las cadenas poliméricas, como electrostáticas, puentes hidrógeno, Van der Waals, hidrofóbicas o hidrofílicas, tienen el efecto de darles a estas una orientación o forma particular.



es un líquido incoloro de olor característico y el poliestireno es un sólido blanco e inodoro.

Hermann Staudinger presentó por primera vez evidencias químicas de la existencia de los polímeros en una disertación en el año 1926. El

Si observamos a nuestro alrededor, veremos que la gran mayoría de las cosas que nos rodean son polímeros: las fibras que forman nuestra ropa son de algodón (celulosa), rayón (poliacrilonitrilo), spandex (poliuretano) ó nylon (poliamida); las zapatillas están hechas de una cobertura externa de cuero, nylon ó poliuretano y la suela de un caucho llamado SBS (estireno-butadieno-estireno); los autos tienen partes hechas de ABS (poliacrilonitrilo-butadieno-estireno) y los neumáticos hechos con poli(isobutileno) y SBS, los faros de policarbonato; en la pileta de natación usamos antiparras hechas con policarbonato, polisopreno y polibutadieno o accesorios de PVC; en accesorios para el deporte, una raqueta posee un marco de fibra de carbón y un encordado de nylon, los guantes son de fibras de poliésteres, las pelotas son de cuero y poli(isobutileno); en nuestros alimentos encontramos proteínas, grasas, azúcares, gelatinas; en la espuma que forma parte de nuestro colchón; todo nuestro cuerpo está principalmente formado por proteínas y ácidos nucleicos.

Desde tiempos prehistóricos el hombre ha hecho uso de los polímeros. Los aztecas construían pelotas con el látex que se obtenía al perforar la corteza de un árbol. Ese mismo material es el que muchos años después Goodyear convirtió, por adición de azufre, en caucho, que hasta el día de hoy es uno de los más usados a nivel mundial.

Sin embargo, a pesar que las propiedades de aplicación de los

polímeros hacen de los mismos materiales extremadamente útiles y fascinantes, el más grande de los incentivos en la ciencia de los polímeros es la vida misma. Veamos un ejemplo:

¿Cuál es la diferencia entre una piedra y una mariposa?



A nivel de partículas subatómicas: Ninguna, las dos están formadas por protones, neutrones y electrones.

A nivel atómico: Poca, solamente en la naturaleza de los átomos que la componen y que pertenecen a dos campos diferentes de



la química, el orgánico y el inorgánico.

A nivel molecular: aquí se encuentra la diferencia principal y que es la presencia de las *macromoléculas*, y quienes son los responsables de *dar vida a lo inerte*.

Si ahora hablamos del origen de la vida, veremos que del primer caldo de energía surgieron las primeras moléculas nitrogenadas (purinas y pirimidinas) de las que nacerá más tarde el código genético. La evolución de estas macromoléculas dio origen a los primeros sistemas bioquímicos estables, autónomos que originaron las bacterias.



Evolución de los materiales poliméricos

El primer polímero sintético se obtuvo en 1909, cuando Leo Baekeland fabricó la baquelita. Luego de que Staudinger presentara la obtención sintética de los polímeros y que por esa labor recibiera en 1953 el Premio Nobel en química, el gran desarrollo

comercial de los plásticos nace entre 1930 y 1935. En ese período, conocido como la "era de los termoplásticos", comienza el desarrollo a escala industrial y en forma realmente sorprendente de los productos plásticos en donde, en forma

vertiginosa, reemplazaron al vidrio, al papel, al metal y a la madera. El nombre de termoplásticos se debe a la propiedad que poseen los polímeros lineales de convertirse en líquidos por acción de la temperatura y por lo tanto, ser fácilmente

moldeables. Un poco después, ya comenzando la década del 40, comienza el desarrollo de los polímeros entrecruzados o termorrígidos, dando origen a materiales de excelente propiedades mecánicas, aptos para su uso como materiales sometidos a grandes esfuerzos. Químicamente, estos materiales, a diferencia de los polímeros lineales, son polímeros con enlaces covalentes transversales entre sus cadenas poliméricas, que dan origen a retículos tridimensionales muy estables. Un tipo especial de polímeros entrecruzados (baja densidad de entrecruzamiento) son los elastómeros y los geles. El primero de ellos dio origen a una de las industrias de mayor producción mundial, cuyo ejemplo más característico es la fabricación de neumáticos. Los geles en cambio, son de menor impacto comercial, pero de gran utilidad en la industria farmacéutica, en alimentos y cosmética. Pero quien mejor representa un tipo especial de geles, son los super absorbentes, que poseen la capacidad de almacenar agua hasta 100 veces su peso, mundialmente conocidos y usados en la fabricación de pañales.

En el año 1963, Karl Ziegler y Giulio Natta reciben el Premio Nobel en Química por sus estudios en la obtención de PE y PP altamente estereoregulares, dando origen a polímeros lineales con propiedades físico-químicas especiales derivadas de su elevado control en la obtención de cadenas poliméricas de la misma configuración espacial.

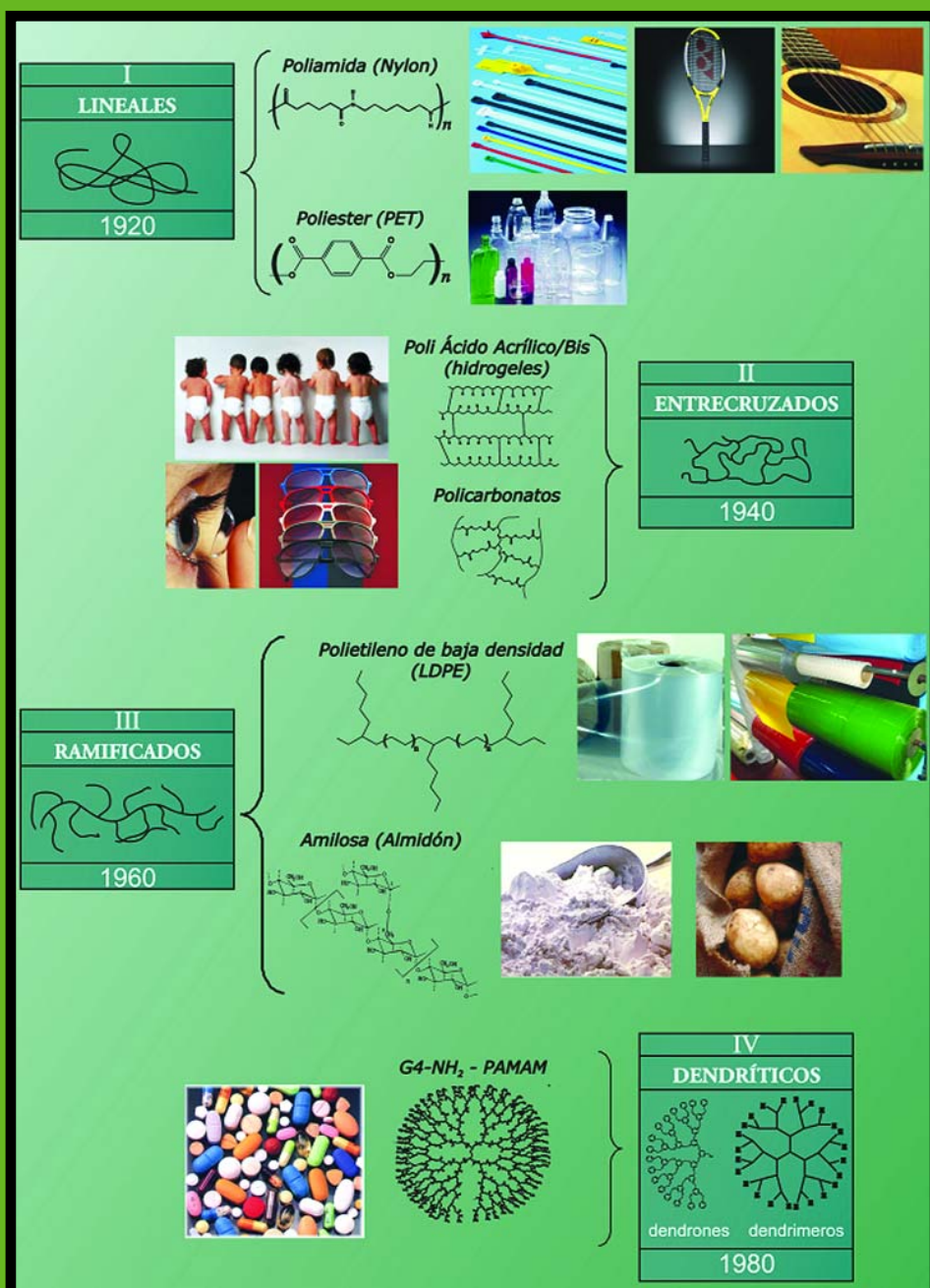
Posteriormente, nacen en el año 1960 los polímeros injertados o "graftados", en los cuales se injerta, sobre una cadena principal de un tipo de monómero, otra cadena

diferente, dando origen a potenciadas propiedades, como su aplicación a temperaturas más elevadas, resistencia al daño por el uso, mayores resistencias mecánicas, a agentes químicos y a la corrosión.

A partir del año 1970 tiene lugar el advenimiento de un sinúmero de descubrimientos científicos y tecnológicos, debido al mayor número de científicos que, motivados por la demanda y por la mayor disponibilidad de equipamiento avanzado,

se dedicaron a la ciencia de los polímeros.

Paul John Flory, por sus estudios de propiedades físicoquímicas de los polímeros, recibe el Premio Nobel en el año 1974. En el año 2000, reciben el mismo premio los científicos A. Heeger, A. MacDiarmid, H. Shirakawa por el descubrimiento de los polímeros conductores, fibras de alta resistencia, polímeros cristales líquidos y estructuras complejas de polímeros.



Los programas de I+D (Investigación + Desarrollo) entre grandes empresas como Dow Chemical, Basf, Hitachi, Du Pont, Union Carbide New Kadel, Allied Corp, etc. y reconocidas Universidades de países desarrollados, crean constantemente nuevos materiales.

En la década del 80, comienzan los primeros trabajos de investigación presentando una nueva clase de polímeros que revoluciona el concepto clásico de polímeros, conocido hasta entonces como cadenas lineales de alto peso molecular. Así es como aparecen los *Dendrimeros*, polímeros globulares, altamente ramificados, con grupos funcionales en cada terminal de cadena y cuyo peso molecular es perfectamente controlable y por lo tanto, predecible.

Si bien, en este momento, este tipo de polímeros no poseen un desarrollo a nivel tecnológico importante, se espera de ellos una interesante aplicación en nanomedicina, ya que son productos de alta solubilidad en fluidos biológicos, biocompatibles, que muestran excelentes propiedades como transportes de fármacos. Los resultados que estos productos muestran en ensayos *in vitro* para el tratamiento contra el cáncer son realmente promisorios.

En función de este breve resumen, es que la evolución que la ciencia de los polímeros ha dado origen a diferentes tipos de materiales que se dividen en cuatro generaciones de materiales. La aparición de cada una de las generaciones marcó un desarrollo tecnológico innovativo y

de alto impacto comercial, todo ello derivado del entendimiento de la naturaleza química de sus componentes y del estricto manejo de su relación estructura/propiedad.

En este sentido, los docentes y científicos dedicados a la ciencia de los polímeros, podemos ilustrar y transmitir una de las más importantes contribuciones que la ciencia en general y la química en particular, ha hecho al desarrollo de nuestra civilización: la generación de nuevos materiales que no sólo mejoran la calidad de vida, sino que en algunos casos, son indispensables para la vida. Es decir, con estas bases queda claro que la diferencia entre lo "mágico" y la "ciencia" es el **conocimiento**.

Los polímeros y el medio ambiente

El impacto de la industrialización mundial ha traído aparejado una serie de problemas de contaminación de medio ambiente. ¿Cuáles son los efectos del aumento de la presencia de plásticos en los residuos? ¿Cómo influye esto en la calidad de vida? Si nosotros hacemos polímeros y los usamos, somos también responsables de solucionar este problema. Se han denunciado numerosos hechos sobre animales, principalmente en el mar, como tortugas, patos, aves, que mueren por ingerir plásticos desechados.

Los materiales plásticos usados como envases son un serio problema de contaminación visual, aunque su uso es altamente deseable en la conservación de los alimentos y por eso un alto porcentaje se utiliza en la industria de

los envases. El problema de los polímeros, no es principalmente de origen técnico, sino que posee importancia social y política. Su prolongado tiempo de permanencia en la intemperie (inerte) y su resistencia a la degradación, no son la causa del problema; el problema es que los polímeros son a menudo usados en forma inapropiada: las bolsas de PE y los vasos de poliestireno (PS) son diseñados para ser descartados (usarlo una sola vez) y éstos no son los polímeros adecuados para estas aplicaciones. El estricto control por parte del estado es necesario para evitar el uso de materiales altamente duraderos para este tipo de usos. Las botellas de plásticos, más livianas y baratas que las de vidrio, han reemplazado al material tradicional en todos los sectores de la industria de las bebidas. El plástico es difícil

y costoso de reciclar y no puede ser reutilizado en alimentos. Entonces, ¿Porqué no volver a vender en botellas retornables?. Otra solución, como la mayoría de los polímeros provienen de la petroquímica y están formados por hidrocarburos, ellos podrían ser reciclados como combustible y ayudar a conservar la energía. Además, hay polímeros con grupos funcionales determinados, cuya presencia hacen a esos materiales susceptibles de ser atacados por los microorganismos y sufrir hidrólisis u oxidación enzimática, como por ejemplo, los poliésteres aromáticos, poliuretanos, polivinilalcohol, etc. Es importante, que este tipo de materiales, de menor duración en el medio ambiente, vayan reemplazando a corto plazo, a los polímeros comerciales tradicionales.

GRUPO DE POLÍMEROS

Directora: Prof. Dra. Miriam C. Strumia

Dpto. de Química Orgánica Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba