

• **Introducción**

Este trabajo se estructura como una pequeña introducción en el mundo de los plásticos en su arranque para exponer la importancia creciente de estos casi nuevos materiales en todos los ámbitos de la vida hoy día, y poco después se va adentrando específicamente en el problema medioambiental que estos suponen y los procesos a emplear con el fin de resolverlo. Por último, la parte principal del trabajo, explica la aparición de nuevos plásticos de origen vegetal y bacteriano que podrían suponer una solución definitiva.

Índice

- Plásticos; qué son, qué importancia tienen, cuales son los más difundidos. (pág. 2–3)
- Impacto mediambiental. Reciclado. (pág. 4–5)
- Plásticos no derivados del petróleo: – Inorgánicos (pág. 6)
- Nuevos polímeros naturales (pág. 6–7)

Plásticos; qué son, qué importancia tienen, cuales son los más difundidos.

La palabra plástico, procede de la voz griega *plastikós*, que significa "capaz de ser moldeado" y que destaca la principal característica de las sustancias plásticas: su deformabilidad ante la aplicación de fuerzas relativamente débiles y a temperaturas no muy alejadas de la ambiental. El plástico ha reemplazado en parte, a la madera en la fabricación de muebles y en la construcción de edificios; se utiliza con mucha frecuencia como substitutivo del cuero, en la industria del calzado, y de la lana en la textil; ha reemplazado a la goma como aislante en las instalaciones eléctricas y al metal en muchas piezas de automóviles; también se utiliza para fabricar todo tipo de electrodomésticos. El plástico transparente rígido, se emplea en lugar del vidrio en los cristales de los relojes y en las lentes ópticas, mientras que el plástico transparente flexible sustituye al papel y el vidrio en los contenedores para alimentos y en la industria farmacéutica y en la del juguete. También los teléfonos son fabricados en plástico, así como los aparatos de radio y de televisión.

Los plásticos pueden ser producidos mediante métodos fáciles y económicos. El sistema de conformación más utilizado es el de moldeado en caliente, que permite la fabricación en serie de piezas con gran variedad de formas, colores y consistencias. Normalmente los plásticos son ligeros y resisten bien la corrosión ambiental –lo cual si bien a nivel práctico es una de sus ventajas, es uno de los grandes escollos respecto al entorno–, son buenos aislantes térmicos y eléctricos. Puesto que las materias plásticas tienen propiedades específicas muy diferentes, presentan también una amplia gama de aplicaciones y resultan, en comparación, más baratas que otros materiales.

Por otro lado, todos los plásticos tienen una estructura química semejante. Son compuestos de cadena larga que contiene pequeños grupos periódicos de átomos unidos entre sí. La mayor parte de las sustancias encontradas en estado natural son compuestos de moléculas cortas que contienen átomos en número relativamente limitado. Estos grupos atómicos que se repiten en la macromolécula del plástico son llamados *monómeros* y al cadena entera de estas formaciones se denomina *polímero* ("muchas unidades"). Un plástico esta generalmente compuesto de resinas y agentes de adición (plastificantes, estabilizantes, colorantes y otros aditivos) que confieren al material determinadas propiedades (dureza plasticidad, etcétera).

Las resinas pueden ser naturales, como las derivadas de la celulosa, la caseína, o las proteínas de la leche, o sintéticas, que están constituidas por cadenas largas de moléculas o polímeros. Por otro lado se ha de hacer notar que en la naturaleza existen los plásticos, tanto de origen vegetal como animal (ámbar, celulosa, cera y

caucho) que pueden ser utilizadas sin grandes transformaciones pero que en el caso del caucho, y debido al proceso de vulcanización (adición de azufre) se llega a convertir en todo un problema ambiental.

Los primeros plásticos fabricados industrialmente eran *semisintéticos*, obtenidos a partir de productos naturales sometidos a tratamientos adecuados: *parkesiana* y *celuloide*, mientras que el primer plástico totalmente sintético –además de termoestable– fue la *baquelita*.

Plásticos más difundidos

- Resinas epoxídicas: Estas resinas producen adhesivos fuertes que, potencialmente, se pueden utilizar para unir dos superficies de naturaleza diversa. También es considerable su resistencia al calor y sus buenas propiedades aislantes. Son además utilizadas en la elaboración de barnices, esmaltes y sustancias elásticas, al tiempo que son cada vez más utilizadas en el campo de la construcción.
- Melamina, urea y resina fenólica: El principal uso que se hace de estos materiales es como resinas adhesivas para láminas, maderas contrachapadas, materiales aislantes y plásticos reforzados. Son también utilizados en la fabricación de servicios de mesa en plástico de alta calidad y en otros muchos objetos caseros.
- Poliésteres: Se emplean principalmente para la obtención de fibras sintéticas, utilizadas en la confección de muchos tipos de tejidos. También se emplean para la construcción de los cascos de muchas embarcaciones así como en la fabricación de cañas de pescar, de carrocerías para automóviles y de numerosos aparatos domésticos e industriales.
- Siliconas: Estas son a menudo empleadas para dar un acabado resistente y brillante a los muebles, a los suelos y a diversos objetos domésticos. Los impermeables son tratados con siliconas para hacerlos hidrófugos. También se emplean en construcción para estanqueizar juntas.
- Uretanos: Flexibles, sólidos y resistentes a los agentes químicos, los uretanos son utilizados en la fabricación de juguetes, botellas de plástico, recipientes de cocina y para revestimientos protectores.
- Acrílicos: Los acrílicos, resistentes a los agentes químicos y atmosféricos, tienen su más importante aplicación en la industria textil. Se emplean en la elaboración de fibras y barnices, en la fabricación de lámparas, lentes ópticas, etcétera.
- Nailon: El nailon, la primera fibra sintética producida, sigue siendo el material plástico más importante en la industria textil. Se utiliza también como material para engranajes, soportes, dispositivos y aplicaciones eléctricas.
- Cloruro de Polivinilo (PVC): Este plástico sintético tiene multitud de aplicaciones y podemos encontrarlo en las cortinas de la ducha, en los materiales de una mesa, en las imitaciones del cuero, en los discos fonográficos, en los aislantes eléctricos y en los suelos.
- Polietileno: Las bolsas de plástico, tan utilizadas en el mundo actual, se obtienen de este material. Las botellas de plástico son otra aplicación muy difundida de este plástico ligero que proporciona al tacto una sensación muy similar a la cera.

Impacto ambiental; Reciclado

Categorías de plásticos

Permanente: Para productos sin posible reutilización. Aplicación en la medicina y campos afines; para productos en contacto con zonas orgánicas, tales como: elementos de implantes de cadera, carcasa de

marcapasos, venas artificiales, bolsas de almacenamiento de sangre. Las características de el material, así como su durabilidad son de importancia vital. Ejemplo: *nylon 66*.

Reutilizables: Productos que pueden ser utilizados continuamente sin variación, como por ejemplo cubos de plástico. Herramientas e instrumentos complejos que puedan ser reparados o modificados enteramente para reventa. Engloban a un gran número de objetos. Para este fin son preferibles tanto ecológica como estéticamente materiales como: Madera, hojalata, vidrio, cerámicos.

Reciclables: *Termoplásticos y elastómeros* funden a partir de una cierta temperatura del mismo modo que el vidrio y son fácilmente reciclables. Los *polímeros termoestables* por el contrario no se licúan y son muy difícilmente reciclables. Se están estudiando nuevos caminos con este fin.

Co-reciclables: Materiales compatibles que pueden ser reciclados conjuntamente .

Bio-desintegrables: Consiste en la disociación de los plásticos en elementos más reducidos y fácilmente atacables. Este proceso se realiza con grandes dificultades en el interior de los vertederos, debido a la falta de humedad. Se están llevando a cabo avances radicales en plásticos, hoy disponibles en el mercado, que se degradan al 100% antes de dos meses de ser desechados. La investigación está profundizando en éste aspecto.

Biodegradables: El PHA (*polihidroxialcanoato*), un miembro de la familia de los poliésteres descubierto en 1925, es creado directamente a partir de microorganismos, y es –éste sí– totalmente biodegradable. Desde entonces han aparecido otros tipos de bacterias que también lo producen, así como el PHB (*polihidroxibutiratos*), uno de los primeros en ser comercializado. Los PHA pueden ser moldeados, fundidos y conformados como los plásticos derivados del petróleo, y tienen la misma flexibilidad. Son manufacturados con el nombre de Biopol en Europa por el ICI y PHBV en los E.E.U.U. Hoy por hoy son demasiado caros para el empleo en botellas de bebidas refrescantes o en bolsas de plástico, pero la producción masiva abaratar los precios. !Ver páginas siguientes.

Bioregenerativos: Los científicos de la Union Carbide han producido un tipo de *policaprolactano* que se biodegrada completamente al cabo de tres meses sin dejar ningún tipo de residuos. Así mismo, las investigaciones en el campo del papel, han desembocado en la creación de un producto laminado laminado mediante capas de celulosas derivadas del maíz que demuestran resistir al agua durante un periodo de 6 a 8 horas, y podrían servir como recipientes para comidas y bebidas rápidas. !Ver páginas siguientes

Biopotenciadores: Llevan aditivos que incentivan el crecimiento de plantas o bien previenen la erosión en climas áridos, o bien semillas embebidas en estimulantes de crecimiento.

El problema de los plásticos en general radica en que siendo hoy por hoy la mayoría de ellos derivados de fósiles, contribuyen al efecto invernadero. Aunque muchos plásticos pueden ser reciclados de un modo u otro, ha de existir una cantidad máxima que los limite. Por otro lado, muchos de los plásticos desechados no desaparecen del entorno. Se estima que una botella de plástico perdurará durante más o menos 200 años, y que suponiendo aproximadamente el 25% de los residuos generados en los E.E.U.U., los vertederos no podrán acoger semejante cantidad por mucho tiempo. Es por ésto que se están inventando nuevas e imaginativas soluciones.

Una porción importante de los polímeros sintéticos que se producen, se emplean como protección de objetos valiosos o de precisión. Para ello, antes del advenimiento del mundo de los plásticos, se emplearon con éxito otros materiales que hoy se pueden volver a utilizar: musgo, arena, serrín, hierbas y hojas secas, bolsas finas de algodón rellenas de pelusa o plumas y muchas otras cosas. También se puede emplear –incluso para aislamiento– alimentos como las palomitas de maíz. Todos estos elementos tienen –además de un gasto mínimo (o ninguno) en su producción– la inigualable ventaja de ser perfectamente biodegradables.

En el caso del PVC y del PET, se esta llevando a cabo el reciclado de desechos para reconvertirlos en fibras textiles de aplicación en las prendas más comunes. En el caso de la ropa reciclada el proceso, aunque no es sencillo, no requiere de una tecnología excesivamente sofisticada, por lo cual, y debido a la nueva legislación comunitaria que se avecina, será una industria cada vez más importante, aunque todavía los precios de los productos así obtenidos son bastante elevados.

Otro aspecto representativo de la problemática habida en el entorno de los plásticos, son las ingentes cantidades de neumáticos almacenados por doquier. Solo en los E.E.U.U., hay actualmente más de tres mil millones de neumáticos en los vertederos, desguaces ilegales y pilas, creciendo a un ritmo de mil millones cada cuatro años. Además de proveer de un lugar de incubación perfecto para insectos portadores de enfermedades, los neumáticos son grandes contaminadores de la atmósfera si son quemados. Tan sólo el 20% de los neumáticos es reciclado debido a la gran cantidad de elementos diferentes en cada tipo de ellos, además de la complicación que supone que sean vulcanizados (unión íntima de sulfuros y carbonos en el caucho), y del hecho de ser un material termoestable. Sin embargo se ha encontrado una solución temporal para este problema: se pueden convertir en un producto llamado "asfalto de caucho modificado", que por otro lado ha resultado durar más del doble que los asfaltos normales utilizados en las autopistas americanas. De hecho, las legislaciones de este país obligan ahora que al menos el 20% del asfalto empleado en los viales sea éste derivado de los neumáticos.

Plásticos no derivados del petróleo

Plásticos inorgánicos: Siempre se han conocido, y un caso representativo es el de las siliconas, las cuales se pueden obtener a partir de la simple sílice, contenida en la arena y muy abundante en la corteza terrestre. El problema en este caso es el proceso, en el cual se han de invertir enormes cantidades de energía. También se están generando polímeros que no poseen carbonos en su composición, y en que éste es sustituido por elementos como el boro. De todos modos esta industria es aún incipiente, pero muy prometedora.

Nuevos polímeros naturales: Hoy por hoy, la atención mundial se centra en el estudio de un tipo de poliésteres tales como el *Polihidroxialcanoato* (PHA), el *Polilactato* (PLA) y el *Policaprolactano* (PCL), que son absolutamente biodegradables. Mucha de la investigación mundial se ha focalizado en torno al PHA. Este es un polímero biodegradable obtenido por procesos naturales en ciertos microorganismos cuando estos experimentan ciertas peculiares condiciones ambientales. Por ejemplo la bacteria *Alcaligenes Eutrophus* crea gránulos internos de PHA al contacto con grandes concentraciones de carbono (azúcares) cuando carece de otros nutrientes esenciales como el nitrógeno. Dicho gránulo ejerce de almacén energético para la célula, que lo puede reconvertir en material carbonado cuando las condiciones ambientales varían. El PHA existe en muy diversas maneras, cada una de las cuales tiene pequeñas diferencias. Su forma más simple es el *poli b-hidroxibutirato*, o PHB. El PHB fue descrito por vez primera por Lemoigne en el 1923. Más tarde Lemoigne caracterizó químicamente el PHB y observó que estaba involucrado en la esporulación de algunos bacilos. Por otro lado, el PHB resulta ser un termoplástico con características muy similares a las del polipropileno: es un polímero frágil con un alto punto de fusión, que a pesar de tener una menor resistencia a la disolución, tiene un comportamiento óptimo ante la luz ultravioleta. Se encontró que la bacteria podía generar otra variedad de copolímeros basados en el *3-hidroxipentanoato*, el cual posee todavía mejores propiedades. Además los conocimientos recientemente adquiridos con las tecnologías derivadas del estudio del ADN, debería llevar a el diseño sencillo de PHAs para objetivos específicos.

El PHB tiene grandes ventajas sobre los plásticos convencionales, principalmente porque se puede obtener de fuentes renovables como la glucosa. Otra ventaja es que se puede biodegradar en ambientes activamente microbianos tales como *pseudomonas*, *aspergillus*, *actinomicos* y *streptomicos* los cuales no son raros en entornos comunes.

Hasta el momento el PHB ha tenido un mercado muy reducido, y su demanda ha estado dirigida por la legislación mediambiental en otros países, siendo su gran atractivo su biodegradabilidad. Comúnmente

denominado Biopol, es empleado por Wella, una empresa alemana de cuidado del cabello para el envase de sus champúes. También ha sido probado reforzado mediante fibras celulósicas, resultando un composite que mantiene sus propiedades en condiciones normales pero que en contacto con el suelo se degrada después de 40 días. Además puede ser empleado con fines médicos, ya que su biocompatibilidad le permite ser implantado en el cuerpo sin causar rechazo ni inflamaciones, cosa que otros polímeros anteriores difícilmente conseguían.

Por otro lado, el PLA es una de las opciones más interesantes. Se conforma mediante la polimerización del ácido láctico, y nuevos métodos comercialmente atractivos para la polimerización directa están siendo recientemente investigados; de hecho se piensa que el ácido láctico se convertirá en la más importante materia prima en el entorno de los plásticos no derivados del petróleo. De este modo, el PLA y el PHBV son buenos candidatos para un polímero económicamente biodegradable: tienen propiedades similares a los polímeros no-degradables existentes y pueden ser tratados mediante los procesos habituales en el mundo de los plásticos.

Existen, además otras posibilidades con buenas perspectivas. La "National Starch and Chemical Company" de Australia esta comenzando a comercializar un producto llamado Eco-Foam. Este material se obtiene gracias al almidón, el cual se extrae de cereales como el maíz, trigo y arroz y de tubérculos como la patata y el tapioca. De hecho el Eco-Foam se compone en un 99% de almidón y después de su disolución el producto de desecho acaba siendo una simple solución de almidón de maíz, la cual es perfectamente inofensiva tanto para plantas como para animales. El almidón está conformado por grandes uniones de moléculas de glucosa, las cuales son el alimento de muchos microorganismos residentes en entornos acuosos. De este modo, las colonias microbianas consumen las moléculas de almidón y liberan dióxido de carbono y agua durante el proceso. Al cabo de pocos días, la solución de almidón resulta casi totalmente consumida.

Este producto ofrece numerosas alternativas al poliestireno y al igual que muchos otros plásticos es fácilmente utilizable para el empaquetado de objetos. Así mismo, –y al igual que dichos plásticos– puede ser reutilizado para nuevos empaquetamientos.

2

3