



Plásticos biodegradables

Roselia Medina Tinoco

Es difícil pensar en un mundo sin envases, bolsas o utensilios de plástico, ya que estos productos se han vuelto indispensables para nuestra vida diaria. También producen serios problemas ambientales. Por ello diversos grupos de investigación buscan la manera de desarrollar plásticos menos contaminantes. Aquí, un recuento de lo que han logrado hasta ahora.



Plásticos sintéticos comunes

PLÁSTICO	PRINCIPALES USOS
PET Estereato de polietileno	Envases de refresco y agua desechables
REFPET Tereftalato de polietileno	Envases de refresco y agua retornables
PVC Cloruro de polivinilo	Tuberías y recubrimientos de vinilo; mangueras, artículos de "piel sintética"
Plexiglás	Lentes y lámparas para alumbrado público
Teflón Politetrafluoroetileno	Antiadherentes, películas resistentes al calor
Polietileno	Bolsas, empaques, botellas y juguetes
Polipropileno	Alfombras, cuerdas, botellas y detergentes

EN TODO el mundo existen enormes depósitos de basura que incluyen toneladas de plásticos que no se degradan por medio de procesos naturales. La biodegradación es un proceso mediante el cual los microorganismos del suelo, como bacterias y hongos, descomponen en sustancias más sencillas los materiales presentes en él. Por ejemplo, si en el suelo de un bosque cae una manzana, ésta se habrá degradado en aproximadamente una semana, mientras que un envase de plástico tardará 300 años.

El uso de petróleo como materia prima para la producción de plásticos genera problemas ambientales como la emisión de gases de invernadero (metano, óxido nítrico y bióxido de carbono). Además, una cantidad importante de petróleo, recurso muy valioso y no renovable, está destinado a la producción de plásticos. Esta tarea consume anualmente cerca de 270 millones de toneladas de petróleo y gas. De un litro de petróleo se obtiene medio litro de gasolina, y éste uso es prioritario, ya que hasta ahora casi todos los automóviles utilizan gasolina como combustible.

Los objetos de plástico que usamos todos los días, como el polietileno y el PVC, son polímeros (véase *¿Cómo ves?* No. 43, "Los plásticos: materiales a la medida"). Un polímero es una molécula gigante formada

por moléculas llamadas monómeros, que se repiten varias veces. Piensa en un collar, donde éste sería el polímero y las "cuentas" los monómeros. El PVC, por ejemplo, es la unión de decenas de monómeros de cloruro de vinilo, y el polietileno es la unión de monómeros de etileno.

Si bien se han desarrollado plásticos solubles en agua o que se degradan bajo la acción de la luz (contienen sustancias que debilitan los enlaces de sus moléculas al recibir luz), la degradación no es total. Estos plásticos dejan en el ambiente sustancias que los microorganismos del suelo no pueden desintegrar.

Diversos grupos científicos, tanto de centros de investigación públicos como de empresas privadas, han dirigido sus esfuerzos para encontrar en la naturaleza una solución al problema de la biodegradación to-

tal del plástico, ya que no basta con reciclarlo.

Bacterias al rescate

La empresa agrícola Cargill y la química Dow Chemical, ambas estadounidenses, descubrieron que ciertas bacterias transforman, por fermentación, el azúcar del maíz en ácido láctico. Por medio de otro proceso químico, las moléculas de ácido láctico se reúnen en cadenas para formar un biopolímero (ácido poliláctico, o PLA, por sus siglas en inglés) de propiedades semejantes a las del plástico que se usa para hacer botellas de refresco y fibras textiles, pero además biodegradable.

Por otra parte, se han encontrado bacterias, como la *Ralstonia eutropha*, que convierten directamente azúcares en un tipo de biopolímeros llamados PHA (polihidroxi-alcanoatos).

El PHA

Y el plástico se hizo...

En el siglo XIX se usaban materiales plásticos de origen natural, como el látex y el caucho. También se obtenía plástico a partir de celulosa de algodón, cáscara de avena, semillas y derivados del almidón y carbón. Estas materias primas se extraían de la naturaleza, pero el suministro era limitado, por lo que fue necesario buscar nuevos materiales.

Los plásticos sintéticos aparecieron en 1863, en los Estados Unidos, cuando la empresa fabricante de bolas de billar Pheland y Collander ofreció una recompensa de 10000 dólares a quien encontrara un material que permitiera fabricar bolas de billar más ligeras que las de marfil. El inventor John Wesley Hyatt propuso un tipo de plástico elaborado con nitrato de celulosa, alcohol y alcanfor, material que patentó con el nombre de celuloide. Hyatt no ganó el premio, pero su plástico se utilizó para hacer placas dentales y cuellos de camisas. Este episodio inició la carrera por obtener un material plástico sintético con mejores propiedades.

Leo Hendrik Baekeland desarrolló en 1906 una resina sintética a partir de fenol y formaldehído, que patentó con el nombre de baquelita. En 1920, el químico alemán Hermann Staudinger demostró que los plásticos se componían de moléculas gigantes, a las que se llamó macromoléculas. A partir de entonces se iniciaron numerosas investigaciones dedicadas a encontrar nuevos materiales para elaborar plásticos, lo que permitió grandes avances en esta área.

Entre 1920 y 1930 se producen nuevos plásticos como el etanoato de celulosa, utilizado para producir resinas y fibras; el cloruro de polivinilo (PVC), empleado en tuberías y recubrimientos de vinilo, y el plexiglás, usado para elaborar gafas y cubiertas para focos del alumbrado público. En esta década surge también el famoso nailon; empleado, entre otras cosas, en la fabricación de medias femeninas.

El polietileno fue desarrollado en 1953 por el químico alemán Karl Ziegler. Un año después el italiano Giulio Natta sintetizó el polipropileno, ambos plásticos se usan mucho en la actualidad para fabricar bolsas y envolturas.

se acumula en la bacteria y llega a constituir hasta el 90% del peso de ésta. Algunas empresas, entre ellas la Imperial Chemical Industries, han usado la bacteria *Ralstonia eutropha* para obtener PHA. Una vez que la bacteria se llena de gránulos de plástico, éstos se extraen para obtener el material. La principal ventaja de estos biopolímeros es que se biodegradan muy rápido, ¡hasta un 80% en sólo siete semanas! La desventaja es que el proceso de elaboración es muy costoso: se calcula que producir por fermentación bacteriana un kilogramo de PHA cuesta 15 dólares, mientras que hacer un kilogramo de plástico convencional cuesta sólo un dólar. Esto se debe a que las bacterias requieren fuentes externas de alimento, como la celulosa.

Los genes a escena

Otro camino para obtener plásticos biodegradables es la ingeniería genética. Esta rama de la ciencia ha encontrado la manera de utilizar las plantas como productoras de diversas sustancias, por ejemplo, vacunas y hormonas. Para obtener una “vacuna vegetal” se inserta en el material genético de la planta un gen que produce una proteína (o antígeno) “dañina” para el cuerpo humano. Al consumir esta planta, ingresa en nuestro cuerpo una pequeña cantidad de esa proteína. Como en las vacunas tradicionales, esa pequeña cantidad de antígeno estimula al sistema inmune a producir anticuerpos contra la sustancia nociva. Ya se han hecho pruebas alentadoras con papas transgénicas en las cuales se han insertado genes de distintos patógenos, como la bacteria *Escherichia coli* y un virus que causa trastornos gástricos. Consumir estas papas, al parecer, confiere protección contra estos agentes.

Entonces, ¿por qué no utilizar plantas para producir plásticos biodegradables? Las plantas no requieren instalaciones especiales y los costos de mantenimiento

■ Cifras anuales en México ■

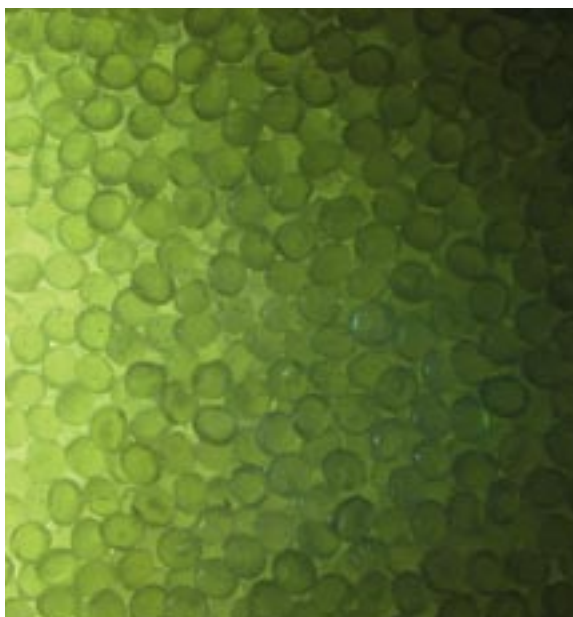
Producción de artículos plásticos terminados	3544 ton.
Consumo de artículos plásticos terminados	3903 ton.
Consumo por persona de productos plásticos*	39.4 kg
Empleos directos en el sector	142000

* En los Estados Unidos el consumo anual por persona es de 120 kg.
Fuente: Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. (ANIPAC)

Bacterias que acumulan PHA

Bacteria	% de peso seco
<i>Ralstonia eutropha</i>	96
<i>Rhodobacter</i>	80
<i>Azospirillum</i>	75
<i>Azotobacter</i>	73
<i>Methylocystis</i>	70
<i>Leptothrix</i>	67
<i>Pseudomonas</i>	67
<i>Baggiatoa</i>	57
<i>Rhizobium</i>	57

Fuente: <http://www.biopolymer.net>



son mínimos. Además las plantas podrían producir PHA en grandes cantidades. De hecho, ya se intenta conseguirlo.

A mediados de los años 80 un grupo de científicos logró aislar de la bacteria *Ralstonia eutropha* el gen responsable de la elaboración de PHA que dirige la conversión de azúcar en polímero. Años más tarde, unos científicos de la Universidad de Michigan, en colaboración con científicos de la Universidad James Madison, iniciaron la modificación genética de la planta *Arabidopsis thaliana*, a la que insertaron el gen aislado de la bacteria con la finalidad de que produjera el polímero. El resultado no fue tan alentador, ya que la planta produjo

un PHA frágil y quebradizo. Actualmente, algunas empresas estadounidenses realizan investigaciones con el fin de producir plásticos en otras plantas como la papa, el frijol, el maíz y el betabel.

El maíz, una esperanza

En 1994 la compañía Monsanto intentó producir un plástico más flexible utilizando el maíz. Haciendo uso de las herramientas de la ingeniería genética, los científicos introdujeron el gen aislado de la bacteria *Ralstonia eutropha* que produce el PHA en el material genético del maíz.

En este maíz transgénico, el polímero se produce y almacena en las hojas y el tallo, por lo que no debería afectar la producción de granos alimenticios. Así se puede tener una parcela de maíz que produzca al mismo tiempo alimento y PHA. El polímero elaborado por el maíz permite obtener plástico de mejor calidad, que podría usarse en la elaboración de utensilios como envases, platos, vasos y otros productos, que

grandes cantidades de solventes químicos (como la acetona) e hidrocarburos que pueden ser recuperados y reutilizados, pero que exceden en cantidad a los empleados por la industria petroquímica que elabora plástico. Para solucionarlo, se busca un mecanismo que no requiera combustibles fósiles para extraer el PHA del maíz. Este mecanismo podría consistir en utilizar la materia vegetal sobrante de las cosechas para producir vapor o gas, que a su vez genere electricidad, la cual podría emplearse en la extracción de PHA de la planta.



Actualmente se comercializan en los Estados Unidos y en algunos países de Europa varios tipos de plásticos biodegradables que se emplean, principalmente, en la elaboración de envolturas para dulces, bolsas, recipientes y envases que desaparecen del ambiente en dos años. Si bien todavía no es posible sustituir la producción de plásticos derivados del petróleo por los biodegradables, las investigaciones mencionadas apuntan a que quizá no estamos tan lejos de lograrlo. 🐞

tendrían la característica de ser biodegradables.

Sin embargo, este método presenta un problema: durante el proceso de extracción y purificación del polímero se utilizan

Roselia Medina Tinoco es bióloga y estudió el Diplomado en Divulgación de la Ciencia en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, de la UNAM. Actualmente es revisora de libros de ciencia para niños en la Asociación Mexicana para el fomento del Libro Infantil y Juvenil AC, IBBY México.