



# Plástico renovable

El etanol y las bacterias son las materias primas que empresas utilizan para fabricar productos sustitutos de derivados del petróleo

DINORAH ERENO

Publicado en diciembre de 2007

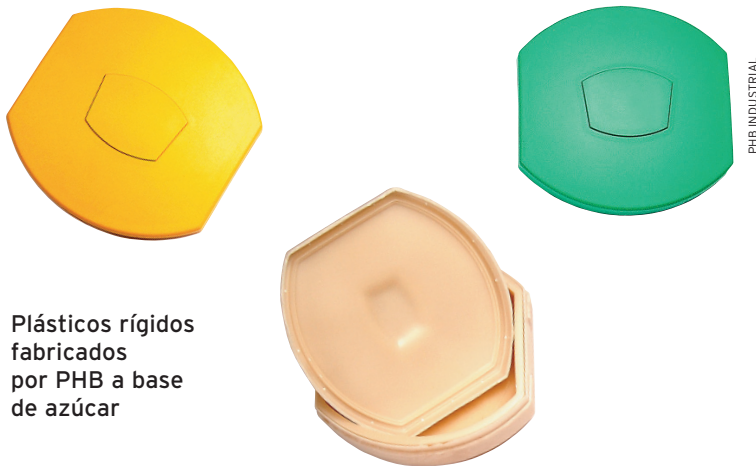
**E**l fuerte calentamiento del mercado consumidor y la presión en los costos de las materias primas extraídas del petróleo han llevado a las industrias de plástico a buscar en fuentes renovables ciertas materias primas sustitutas para sus productos. Plásticos hechos a partir del etanol de caña de azúcar, que pueden reutilizarse en un proceso de reciclaje, además de polímeros biodegradables producidos por bacterias alimentadas con sacarosa y otras sustancias están en la línea de frente de investigaciones e inversiones anunciados por gigantes petroquímicas como Dow Química, Braskem y Oxiteno, fabricantes de resinas plásticas hechas a partir de la nafta y de otras materias primas derivadas del petróleo. Braskem, líder latinoamericana en producción de resinas, invirtió cinco millones de dólares en investigación y desarrollo para llegar a un polietileno certificado a partir de alcohol de la caña, llamado “polímero verde”.

Las investigaciones que resultaron en el nuevo producto tuvieron su inicio en 2005, aunque desde 1998 la empresa ya evaluase las propiedades de otros polímeros de materias primas renovables existentes en el mercado. Como en aquella época no había aún un mercado efectivo interesado en un producto de ese tipo, el asunto no pros-

peró. “Al retomar las discusiones, evaluamos las opciones existentes y comenzamos a trabajar con el polietileno verde a partir del alcohol de caña”, relata Antonio Morschbacker, gerente de tecnología de Polímeros Verdes del Polo Petroquímico de Triunfo, en Río Grande do Sul, encargado del desarrollo del proyecto. Las informaciones disponibles señalaban que la empresa podría llegar a un producto competitivo. “A lo largo de 2005, después de estimativas de costos, vimos que sería factible fabricarlo y, en 2006, decidimos construir la planta piloto y paralelamente hicimos un estudio más profundo del mercado mundial”, dice Morschbacker. “El proceso, bastante eficiente, transforma un 99% del carbono contenido en el alcohol en etileno, materia prima del polietileno.” El principal subproducto es el agua, que puede ser purificada y reaprovechada.

**Deshidratación del etanol** - En la planta piloto, que comenzó a funcionar en junio de 2007, se hace la transformación del etanol – obtenido mediante un proceso bioquímico de fermentación del caldo, centrifugación y destilación – en etileno. La conversión ocurre por medio de un proceso de deshidratación, en el cual se adicionan catalizadores – compuestos que aceleran las reacciones químicas – al etanol calentado, que permiten su transformación en gas etileno. A partir de ahí, para llegar al polietileno, el plástico de mayor utilización en el mundo, el proceso de fabricación es igual al empleado para las materias primas provenientes de fuentes fósiles, o sea, el etileno polimerizado resulta en el polietileno. La polimerización es una reacción en que las moléculas menores (monómeros

Polímero biodegradable producido por bacterias



Plásticos rígidos fabricados por PHB a base de azúcar

se combinan químicamente para formar moléculas largas y ramificadas. Con el etileno producido por esa tecnología es posible hacer cualquier tipo de polietileno. Inicialmente la Braskem pretende producir resinas de alta densidad y de baja densidad, para aplicaciones rígidas y flexibles en sectores como el automotriz, embalaje de alimentos, embalaje de cosméticos y artículos de higiene personal. Algunos clientes, de Brasil y del exterior, ya están recibiendo muestras del polímero verde producido en escala piloto. El inicio de la producción en escala industrial, que deberá llegar a 200 mil toneladas anuales, está previsto para el final de 2009. Por el momento, la empresa aún no definió dónde será instalada la fábrica destinada a la producción del nuevo polímero, que deberá demandar inversiones de cerca de 150 millones de dólares.

El producto, que deberá costar entre 15% y 20% más que los polímeros tradicionales, será destinado, principalmente, a los mercados asiático, europeo y estadounidense. Incluso antes de ser lanzado en escala comercial, el polietileno verde ya tiene éxito. En la Feria Internacional del Plástico y de la Goma - K 2007, el mayor evento de la industria petroquímica, realizada a fines de octubre en Düsseldorf, Alemania, Morschbacker hizo diez concurrendas presentaciones del producto en ocho días y atendió a un gran número de interesados en el producto y en el proyecto.

El polietileno de etanol fue certificado por el laboratorio Beta Analytic, de Estados Unidos, por la técnica del carbono-14, como un producto hecho con el 100% de materia prima renovable. La materia prima utilizada, en el caso el etanol, es renovable, pero el

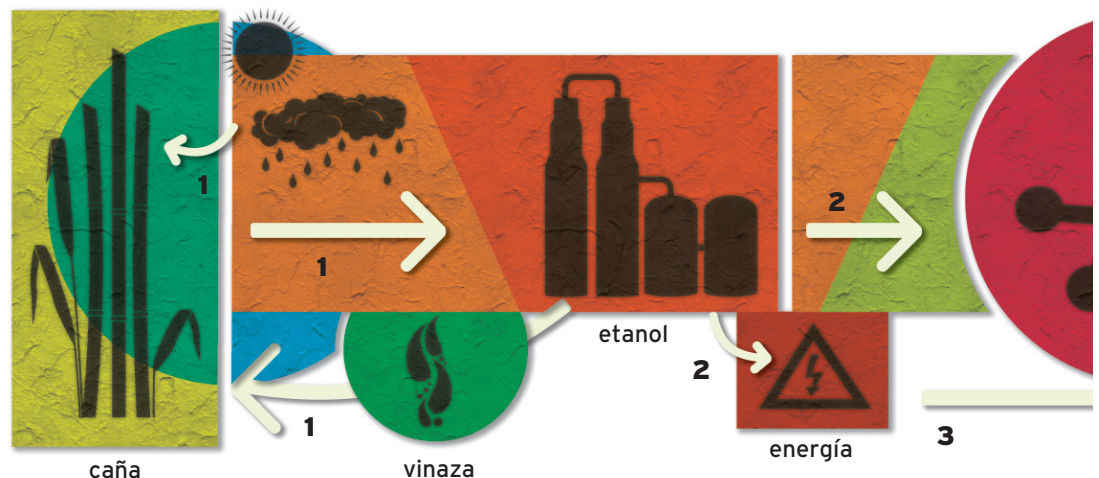
producto final no es biodegradable. “El producto posee propiedades idénticas a los polietilenos producidos a partir del petróleo. Como es un plástico bastante resistente y estable, él puede ser reciclado y reutilizado varias veces y, al final de la vida útil, puede ser incinerado sin causar ningún problema ambiental”, dice Morschbacker. La gran ventaja ambiental del polietileno de alcohol es que, para cada kilo de polímero producido, son absorbidos alrededor de 2,5 kilos de gas carbónico, el dióxido de carbono, de la atmósfera por la fotosíntesis de la caña.

**Polo alcoholquímico** - Dow Química también se apresta a producir polietileno a partir del etanol. En julio, la empresa anunció una *joint-venture* con la brasileña Crystalsev, *trading* brasileña de azúcar y alcohol controlada por los ingenios Vale do Rosário, de Morro Agudo, y Santa Elisa, de Sertãozinho, ambos en el interior paulista, para creación de un polo alcoholquímico integrado, que deberá iniciar sus operaciones en 2011 y tendrá capacidad para producir 350 mil toneladas por año de polietileno de baja densidad, llamado comercialmente *Dowlex*, destinado a la fabricación de embalajes flexibles, películas industriales y artículos inyectados. En principio, el producto será vendido en el mercado interno, que ha crecido de 6% a 7% al año. El material ya es producido por la Dow a partir de la nafta de origen petrolífera en uni-

## Integración

1. Durante el crecimiento de la caña de azúcar se produce la absorción de gas carbónico de la atmósfera por vía de la fotosíntesis. La vinaza, residuo líquido generado durante el proceso de molienda y fermentación, será usada como fertilizante en el cultivo de la caña.

2. La transformación del etanol en etileno se hace durante el proceso de deshidratación, con la adición de catalizadores. El agua liberada durante el proceso será utilizada en el sistema de producción de vapor para generación de energía.



FUENTE: DOW QUÍMICA





MIGUEL BOYAVAN

estar lista en 2010, será instalada en la región de Ribeirão Preto. “La producción del plástico biodegradable deberá quedar entre 10 mil y 30 mil toneladas por año”, dice el físico Sylvio Ortega Filho, director ejecutivo del desarrollo de plástico biodegradable en la PHB, que tuvo participación del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IPT), del Centro de Tecnología Cañera (CTC) y del Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB) de la Universidad de São Paulo y financiamiento del Programa Innovación Tecnológica en Pequeñas Empresas (Pipe) de la FAPESP.

**Un poliéster natural** - La producción del polímero se hace con el cultivo de la bacteria *Alcaligenes eutrophus*, actualmente llamada *Cupriavidus necator*, en un medio de cultivo con la sacarosa presente en el azúcar. La sacarosa se transforma en glicosis para alimentar las bacterias. “La cadena de carbono de la glucosa se transforma por la bacteria en el polihidroxibutirato (PHB)”, explica la profesora Elisabete José Vicente, del Instituto de Ciencias Biomédicas (ICB) de la USP, que participó en los estudios que resultaron en el plástico biodegradable y actualmente orienta algunas líneas de investigación para la producción de polímeros a partir de bacterias. El PHB pertenece al grupo de polímeros denominados polihidroxialcanoatos (PHA), que son poliésteres acumulados por microorganismos en forma de gránulos intracelulares.

Sus propiedades termoplásticas permiten que, después de extraídos del interior de la célula productora y con el uso de solventes orgánicos, sean purificados y procesados, generando un producto biodegradable, “compostable” y biocompatible. Esos polímeros pueden tener aplicaciones diversas, como producción de películas o estructuras rígidas, además de usos médicos y veterinarios, como confección de suturas, soportes para el cultivo de tejidos, implantes, encapsulado de fármacos para liberación controlada y otras, utilizándose también en la nanotecnología.

Planta piloto de PHB donde se fabrican los productos vendidos con el nombre de Biocycle (a la derecha)

“En la actualidad, ya fueron identificadas más de 150 diferentes bacterias que acumulan naturalmente ese granulo citoplasmático”, dice Elisabete. La bacteria *C. necator* se destaca porque consigue acumular gran cantidad de polímero, entre 80% y 90% de su peso seco. Para crecer, ella necesita fructosa o glucosa. “El primer mejoramiento genético de la bacteria, realizado hace muchos años, obtuvo un mutante capaz de crecer en glicosis, materia prima más barata que la fructosa”, dice Elisabete. En Brasil, las investigaciones iniciadas en 1992 por la investigadora en alianza con la profesora Ana Clara Guerrini Schenberg, también del ICB, resultaron en una nueva bacteria mutante capaz de crecer en sacarosa de la caña y en otra bacteria recombinante con mejor rendimiento de producción del copolímero PHB-V, que es más maleable.

**Modificaciones genéticas** - La bacteria fabrica naturalmente el polímero, pero los mejoramientos genéticos permiten que ocurra un aumento considerable de la producción. En el proyecto desarrollado entre la empresa PHB y las instituciones aliadas fueron desarrolladas y patentadas algunas bacterias genéticamente modificadas. “Estamos usando solamente la bacteria natural para producir el biopolímero, porque Europa prohíbe organismos genéticamente modificados”, dice Ortega. La demanda de polímeros de fuentes renovables se concentra básicamente en tres grandes aplicaciones en el mercado mundial. La primera es el mercado de embalajes. La segunda es la industria automovilística, que está en busca de sustitutos para los productos utilizados en los automóviles por otros que no contribuyan al calentamiento global, exigencia de los mercados europeos. Y la tercera aplicación es en el área médica.

La alianza con la PHB resultó no solamente en un producto que ya está en el mercado sino también en la continuidad de las investigaciones en la universidad. El grupo coordinado por la profesora Elisabete, del ICB de la USP, trabaja en dos frentes. En uno de ellos, los investigadores buscan bacterias que consigan producir polímeros a partir de otras fuentes de carbono que no sea la sacarosa, como los residuos producidos por la industria. “Esa sería una forma de bajar el costo de la producción del biomaterial, que llega

a tres veces al del plástico derivado del petróleo”, dice Elisabete. Paralelamente, el grupo estudia aplicaciones del biopolímero, después de purificado, como sustrato para el crecimiento de células madre, línea de investigación conducida en alianza con el profesor Radovan Borojevic, director del programa avanzado de Biología Celular Aplicada a la Medicina de la Universidad Federal de Río de Janeiro. Otra línea estudia el empleo del biopolímero para la inmovilización de enzimas y fármacos, en una alianza con los profesores Mário Politi, del Instituto de Química de la USP y coordinador del Grupo de Investigaciones en Nanotecnología del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), y Carlos Alberto Brandt, integrante del mismo centro de investigación.

En el ICB de la USP, otro grupo coordinado por la profesora Luiziana Ferreira da Silva, que también participó del desarrollo de la producción del plástico biodegradable de la PHB, pero vinculada al IPT, trabaja en líneas de investigación que involucran la producción de materiales biodegradables. En 2002 Luiziana concluyó un proceso para la utilización del bagazo de la caña de azúcar para la producción de PHB. Fueron seleccionadas bacterias capaces de crecer en el bagazo de la caña, y no en el jugo de caña donde está la sacarosa, después de ser partida en moléculas menores por medio de hidrólisis ácida. Otra línea de investigación estudia el desarrollo de un plástico híbrido producido por bacterias. Sólo que en vez de ser alimentadas con el azúcar de la caña, ellas reciben un ácido graso de seis carbonos. “En la medida en que se ofrece aceite para las bacterias, ellas comienzan a producir un elastómero bastante parecido con la goma”, dice Luiziana. El objetivo de este estudio es obtener otro tipo de material plástico, que puede ser utilizado, por ejemplo, para el recubrimiento de pañales descartables, alfombras descartables y otras aplicaciones. ■

## Aplicaciones médicas

Hilos de sutura para cirugías, mallas para refuerzo en la cirugía de corrección de hernias, membranas para remiendos de lesiones venosas, y arterias y tubos para injertos arteriales son algunos de los productos desarrollados por el Grupo de Investigaciones Biopolímero de Caña de Azúcar, una asociación entre la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE) y la Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). “Todos esos productos fueron aplicados en investigaciones experimentales con excelentes resultados”, dice el profesor José Lamartine de Aguiar, coordinador del grupo. Las investigaciones tuvieron inicio en 1990, cuando Francisco Dutra, ingeniero químico de la UFRPE, identificó formaciones poliméricas en el proceso de fermentación para la producción de alcohol. El biopolímero se obtiene a partir de subproductos de la caña de azúcar, como la melaza. Las características físicas y químicas del biopolímero después de su purificación despertaron el interés de investigadores de varias áreas. “Inicialmente el material fue aplicado en animales de experimentación, después de las pruebas de cito-toxicidad y bio-compatibilidad”, dice Aguiar. La producción del biopolímero, patentado por la UFPE, quedará a cargo de una bio-fábrica que está en fase final de instalación en la Estación Experimental de Caña de Azúcar de Carpina, campus avanzado de la UFRPE en la región de la selva pernambucana.

PHB INDUSTRIAL

