

## Un producto emergente: los bio-plásticos

Aproximadamente entre un 10 a 18 % del contenido de un barril de petróleo se emplea en la generación de productos químicos. Cerca de un 80 % de esa cantidad se utiliza para producir los diferentes tipos de plásticos y resinas de uso generalizado en la actualidad. Ninguno de estos compuestos es biodegradable, la única manera de destruirlos es por medio de la incineración o la pirólisis, por lo tanto, se acumulan en el ambiente<sup>1</sup>. Con el objetivo de buscar alternativas para este problema, la investigación en biotecnología, tanto académica como industrial, ha iniciado esfuerzos para crear productos alternos sostenibles y degradables, es decir, los bio-plásticos.

La estrategia para lograr la sostenibilidad ha consistido en eliminar el petróleo como materia prima y en su lugar, emplear la biomasa. El esquema consiste en transformar los azúcares por fermentación en compuestos intermedios, o bloques, los cuales, posteriormente, se transforman, usando tecnología conocida de síntesis química, en los polímeros deseados. Algunos ejemplos se describen a continuación.

**Polietileno sostenible.** El polietileno es el plástico que más se produce industrialmente en la actualidad<sup>2</sup>. La Gráfica 1 muestra un diagrama de bloques en donde se ilustra el proceso empleado por la compañía Braskem en Brasil para producir etileno del jugo de la caña de azúcar. La producción de polietileno a partir del jugo de caña de azúcar es un proceso de dos etapas: a) la producción de etanol por fermentación a partir de la sacarosa y b) la deshidratación del etanol a etileno por catálisis química. Ambos procedimientos son tecnologías probadas y comercialmente exitosas; el acople de estos originó el nuevo proceso sostenible. El polietileno verde está siendo promocionado fuertemente; por ejemplo, es uno de los componentes del balón que se empleó en el Campeonato Mundial de Fútbol en Rusia.

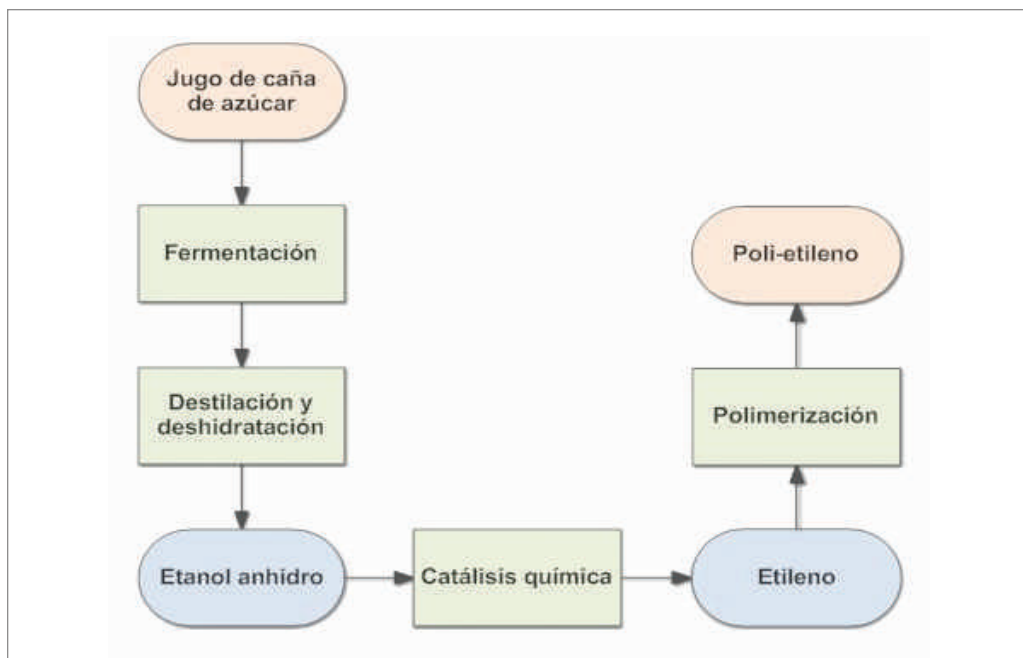
Las compañías Dupont y Tate Lye producen comercialmente por fermentación el 1,3-propanediol (PDO) de la glucosa proveniente del almidón de maíz. El producto purificado reacciona por catálisis con el ácido tereftálico para generar el polietilén-tereftalato (PET) polímero termo-plástico del cual se manufacturan envases para productos líquidos y alimentos y fibras para telas especiales<sup>3</sup>. El propio PDO tiene un mercado propio como un humectante en formulaciones comerciales de cosméticos, productos de limpieza, alimentos y fármacos.

Las compañías Amyris y Michelin se encuentran investigando la producción de isopreno por fermentación, el monómero empleado para producir el poli-isopreno. Por su parte, Ajinomoto y Bridgestone están desarrollando el proceso para producir, por fermentación, el iso-butileno y el butadieno, los cuales se utilizan para producir el poli-isobutileno y el poli-isobutadieno. Los tres polímeros anteriores se emplean como hules sintéticos en las formulaciones para la fabricación de llantas.

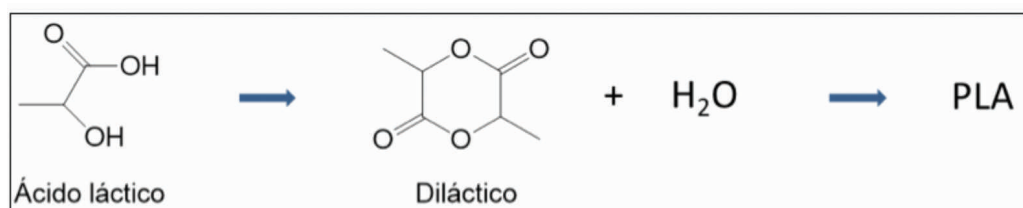
<sup>1</sup> United Nations Environment Programme (2017) *Exploring the potential for adopting alternative materials to reduce marine plastic litter* [http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25485/plastic\\_alternative.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25485/plastic_alternative.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

<sup>2</sup> Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L. (2017) *Production, use, and fate of all plastics ever made* *Sci. Adv.* 3: e1700782

<sup>3</sup> Harmsen, P.F.H., Hackmann, M.M., Bos, H.L. (2014) *Green building blocks for bio-based plastics* *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 8:306-324



Gráfica 1. Bio-proceso para producir etileno



Gráfica 2. Reacciones para producir PLA

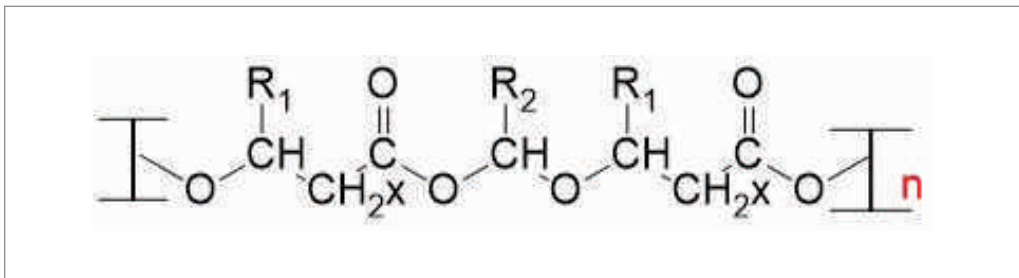
Sin embargo, aunque dichos polímeros son sostenibles, pues emplean como materia prima recursos renovables, al ser desechados continúan acumulándose en el ambiente. La estrategia de degradabilidad, aunque ha requerido mayores esfuerzos de investigación y desarrollo, se vislumbran ya resultados prometedores, algunos de ellos descritos a continuación.

El ácido láctico se produce comercialmente por fermentación de los azúcares. El producto se purifica, se convierte a diláctico por catálisis y luego se polimeriza a ácido poli-láctico (PLA), ver Gráfica 2<sup>4</sup>. De acuerdo con una de las empresas productoras, NatureWorks, el PLA es muy versátil, puede laminarse, ser moldeado por inyección o por soplado, termo-formado por extrusión, puede producir fibras o espuma, y ser empleado en impresión 3D. Existe evidencia experimental de la degradación de productos de PLA en instalaciones para elaborar compost<sup>5</sup>.

Los poli-hidroxi-alcanoatos (PHAs) o poliésteres microbianos son producidos por bacterias y almacenados dentro de las células como el resultado de un estrés metabólico durante el crecimiento causado por la limitación de un nutriente esencial. Se distinguen dos tipos de acuerdo a su peso molecular. Los de cadena secundaria corta y los de cadena secundaria larga. Los PHAs con más interés industrial son el poli-hidroxibutirato (P3HB) y el

<sup>4</sup> Datta, R., Henry, M. (2006) *Lactic acid: recent advances in products, processes and technologies - a review* J. Chem. Technol. Biotechnol. 81:1119-1129

<sup>5</sup> Kale et al. (2007) *Compostability of Bioplastic Packaging Materials: An Overview* Macromolecular Bioscience 7 (7): 255-277



Gráfica 3. Estructura química de los PHAs. R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub>: grupos alquilo de una a 13 moléculas de carbono. X: 1-4. n: 100-30,000

poli-hidroxivalerato (P3HV) y el copolímero formado por la combinación de ambos, ver Gráfica 3. Los PHAs son totalmente biodegradables<sup>6</sup>. La compañía Metabolix ofrece diversos PHAs que pueden procesarse en varias formas, laminado, moldeado y termo-formado por extrusión. Las empresas Bio-on e Italeri producirán PHAs específicos en Bolonia, Italia, para fabricar los Bio-juguetes Minerv en una planta de capacidad de 1,000 toneladas por año. El proceso de producción incluye una etapa en la cual es necesario romper la célula, extraer y purificar los gránulos del PHA. Diferentes alternativas tecnológicas para llevar a cabo esta tarea con un costo mínimo han sido protegidas por instrumentos de propiedad intelectual.

## Epílogo

Los inversionistas de la bio-economía continúan financiando proyectos de investigación y desarrollo en los diferentes monómeros para producir los bio-plásticos, de manera que los productos sean sostenibles, en otras palabras, producidos, no del petróleo, sino de los compuestos químicos de las plantas vegetales renovables, y que a su vez, sean biodegradables, es decir que no sean persistentes ni tóxicos para el medio ambiente. Las próximas décadas serán cruciales para definir cuáles de los diferentes bio-polímeros logran convertirse en éxitos comerciales.

*Carlos Rolz*

<sup>6</sup> Akaraonye, E., Keshavarz, T., Ipsita, I. (2010) *Production of polyhydroxyalkanoates: the future green materials of choice* J. Chem. Technol. Biotechnol. 85: 732-743. Ali Raza, Z.A., Riaz, S., Banat, I.M. (2018) *Polyhydroxyalkanoates: Properties and chemical modification approaches for their functionalization* Biotechnol. Prog. 34: 29-41.