



Residuos sólidos urbanos para la generación de bioproductos

Municipal solid waste for the generation of bio-products

Por Zoe Peña Ortiz y Gehovana González Blanco

Resumen: Los residuos sólidos urbanos se han convertido en un problema ambiental y de salud. Una forma de mitigar sus efectos negativos es a partir de la biotecnología, que hace uso de los residuos orgánicos y los transforma, utilizando microorganismos, en bioproductos energéticos (bioetanol, biogás y biohidrógeno) y bioplásticos. En este texto se explica cómo funciona esta tecnología que actualmente se desarrolla en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA).

Palabras clave: residuos, bioproductos, bioenergéticos, biotecnología.

Abstract: Municipal solid waste has become an environmental and health problem. One way to mitigate its negative effects is through biotechnology that makes use of organic wastes and transforms them into energy bioproducts (bioethanol, biogas and biohydrogen) and bioplastics using microorganisms. This text explains how this technology, currently being developed at the Inter-American Institute of Water Sciences and Technology (IITCA), works.

Keywords: waste, bioproducts, bioenergy, biotechnology.

Recibido: 13/01/22 • Aprobado: 16/05/22

En el 2020, México reportó una producción diaria de más de 120 mil toneladas de residuos sólidos urbanos, que han causado graves problemas de contaminación y salud (Semarnat). Estos desechos se generan en las casas habitación, o provienen de establecimientos o vía pública, y tienen características domiciliarias, así como de jardinería; se clasifican en orgánicos e inorgánicos, pero su cantidad ha rebasado los sitios de disposición final.

Específicamente, la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) se asocia con la emisión de gases de efecto invernadero y es foco de enfermedades infecciosas por atraer vectores de transmisión (roedores, moscas, etc.), debido a que estos materiales contienen elevadas cantidades de azúcares, proteínas y minerales. En la actualidad, la biotecnología ha desarrollado bioprocesos para convertir la FORSU en bioproductos de forma económica y eficiente, atenuando los problemas ambientales (Rawoof A. *et al.* 2020). A continuación, se describen los productos más destacados (Figura 1):

Figura 1. Bioproductos a partir de la forsu



Ilustración: Luis Ángel Velázquez

Bioetanol. Se produce por fermentación alcohólica, empleando levaduras y otros microorganismos que, en condiciones anaerobias (ausencia de oxígeno), convierten azúcares complejos (disacáridos y polisacáridos) en etanol. Es considerado el biocombustible más prometedor, ya que puede usarse puro o mezclado

con gasolina para los vehículos y ello reduce las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno, además de ser menos inflamable que la gasolina, motivo por el cual se minimizan los riesgos de almacenamiento (Althuri y Mohan, 2019).

Biogás. Es un biocombustible gaseoso que se compone principalmente de metano (50-75%) y dióxido de carbono (25-50%). El proceso biotecnológico por el cual se obtiene se llama digestión anaeróbica, que consta de cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. En cada etapa actúan diversos microorganismos que descomponen (o digieren) la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Puede utilizarse como fuente de calor y electricidad o como alternativa al gas natural que se usa en casa y en vehículos que usan gas. De este bioproceso también se obtiene un digestato (líquido “biol” o sólido “biosol”) que puede emplearse como fertilizante después de un tratamiento (Zamri et al., 2021).

Biohidrógeno o hidrógeno molecular. Se deriva del metabolismo de microorganismos que utilizan la luz solar para transformar los residuos orgánicos (bioprocesos de fotofermentación y biofotólisis), o de las bacterias que siguen la digestión anaeróbica antes de la metanogénesis para formar hidrógeno y no metano; a esto se le conoce como fermentación oscura. El biohidrógeno es el bioenergético gaseoso más ligero de naturaleza no contaminante, y

además produce grandes cantidades de energía (Rawoof et al., 2020).

Bioplásticos: son biopolímeros generados a partir del metabolismo de bacterias, hongos y levaduras. Su implementación elimina a sus homólogos químicos, en su mayoría derivados de hidrocarburos, peligrosos para la salud y el ambiente. Los principales bioplásticos son el ácido poliláctico (APL) —un polímero transparente, con alta rigidez, producido por polimerización del ácido láctico generado vía fermentación láctica— y los polihidroxialcanoatos (PHA) —poliéster bacteriano obtenido por fermentación aeróbica y digestión anaeróbica—. Ambos pueden utilizarse para empaque, producir textiles e incluso como empaque primario para alimentos (De Castro et al., 2021).

Esta tecnología supera la actividad del mero reciclaje, se trata de dar un nuevo uso a los residuos y

cubrir necesidades esenciales para la vida, pero se requieren procesos especializados. Así, los bioproductos son resultado de un trabajo de investigación enfocado en la sustentabilidad ambiental, social y económica. 

Referencias

- De Castro, Tainara Rigotti (2021). “The Potential of Cleaner Fermentation Processes for Bioplastic Production: A Narrative Review of Polyhydroxyalkanoates (PHA) and Polylactic Acid (PLA)”, en *Journal of Polymers and the Environment*, núm. 30, pp. 1-23. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-021-02241-z>>.
- Althuri, Avanthi y S. Venkata Mohan (2019). “Single pot bioprocessing for ethanol production from biogenic municipal solid waste”, en *Bioresource Technology*, vol. 283, pp. 159-167. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419304043>>.
- Rawoof, Salma Aathika Abdur et al. (2020). “Sequential production of hydrogen and methane by anaerobic: a review”, en *Environmental Chemistry Letters*, núm. 9, pp. 1043-1063. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-020-01122-6>>.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2020). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. México. <<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>>.
- Zamri, Mohd Faiz Admad et al. (2021). “A comprehensive review on anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste”, en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 137. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120309217>>.



Zoe Peña Ortiz es estudiante de la Licenciatura en Biotecnología, de la Facultad de Ciencias de la UAEM. Ha realizado estancias de investigación en el Laboratorio de Química Orgánica del Centro en Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM y en la Universidad Politécnica de Sinaloa bajo el programa de Investigación Científica y Tecnológica del Pacífico. Fue integrante de la Sociedad Estudiantil de Ingeniería Biotecnológica de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional. Actualmente está incorporada al proyecto de Valorización de los residuos sólidos urbanos para la producción de bioenergéticos en el IITCA, bajo la tutoría de la doctora Gehovana González Blanco.



Gehovana González Blanco es Ingeniera Bioquímica Industrial, maestra y doctora en Biotecnología por la Universidad Autónoma Metropolitana. Cuenta con más de 25 obras entre artículos científicos, de divulgación y capítulos de libros. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores nivel I y profesora de tiempo completo en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA). Sus líneas de investigación contemplan las áreas de biotecnología ambiental e industrial en el desarrollo de bioprocesos y bioingeniería de consorcios microbianos con aplicación en el tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales.