

**ECONOMÍA CIRCULAR EN UN INGENIO AZUCARERO PARA PRODUCCION DE PHB**

Kevin Palacios-Samano, Teresa López-Arenas, Departamento de Procesos y Tecnología, Universidad Autónoma Metropolitana - Cuajimalpa, CDMX, 05348, mtlopez@cua.uam.mx

*Palabras clave: análisis de bioprocesos, economía circular, fermentación de residuos*

**Introducción.** El PHB (polihidroxitbutirato), un biopolímero amigable, podría reemplazar a los polímeros petroquímicos convencionales dadas sus propiedades, alta degradabilidad, aplicación y su obtención a partir de fuentes renovables, aunque desafortunadamente el costo de producción sigue siendo un factor por superar. Por su parte la economía circular, un modelo de producción sostenible, podría ser una alternativa para los ingenios azucareros en México, utilizando el bagazo de caña (BC), generado como residuo, de una manera más rentable y responsable con el ambiente.

Este trabajo tiene como objetivo hacer un análisis de rentabilidad del proceso de producción de PHB partiendo de sacarosa (producto principal) y BC (residuo lignocelulósico) en un ingenio azucarero, mediante modelado y simulación a nivel industrial.

**Metodología.** Primero se realiza un diseño conceptual de la biorrefinería considerando las etapas de acondicionamiento de la materia prima, pretratamiento y sacarificación (para el caso del BC), preparación del medio de cultivo, fermentación y purificación del PHB. Las cinéticas y sus condiciones de operación de los reactores son tomadas de investigaciones reportadas [1-2]. Luego, se realiza la síntesis del proceso (ver Fig. 1) y su evaluación técnica usando *SuperPro Designer*, que es un simulador modular de procesos. Finalmente, se realiza un análisis técnico-económico para evaluar el impacto del uso de las dos materias primas.

**Resultados.** En particular, se consideran tres criterios económicos: el costo de producción unitario (CPU), la tasa de retorno sobre la inversión (RSI) y el período de recuperación (PR). Y para determinar el mejor diseño de la biorrefinería, se hace un análisis de sensibilidad económica modificando el diseño de la etapa de fermentación (por considerarse un cuello de botella en los tiempos y movimientos del proceso).

Variando el número de reactores de fermentación (Tabla 1), se pudo establecer una mejora en la rentabilidad del proceso al considerar 5 reactores para convertir el BC hidrolizado y 6 reactores para transformar la sacarosa. Un costo de venta de 5 \$USD/kg para el PHB permite obtener ganancias altas partiendo de sacarosa y moderadas con BC, lo cual demuestra la factibilidad de la economía circular. En general, el RSI es positivo para ambos sustratos y el PR difiere en 6 años. Esto se debe al aumento de operaciones unitarias para las etapas de pretratamiento y sacarificación del BC.

**Tabla 1.** Análisis de rentabilidad variando el número de reactores de la etapa de fermentación de PHB a partir de sacarosa y bagazo

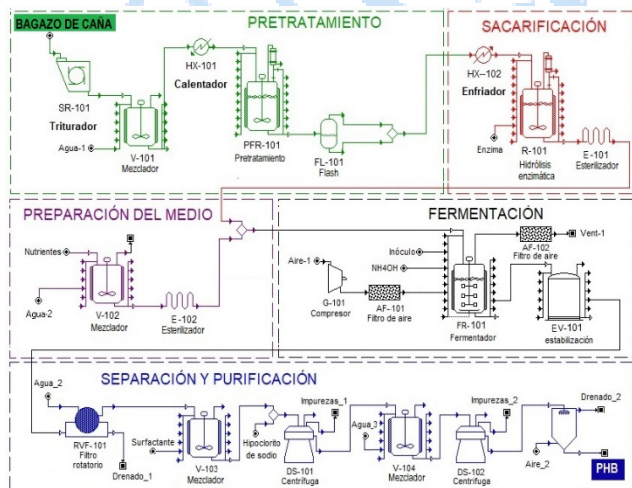
Sustrato	Cantidad (T)	Número de reactores	CPU (\$USD/kg)	RSI (%)	PR (años)
Sacarosa	600	5	2.0	48.0	2.0
		6	1.9	49.6	2.0
		7	2.0	45.2	2.2
Bagazo de caña (BC)	1500	4	4.4	12.1	8.2
		5	4.4	12.5	8.0
		6	4.6	10.8	9.1

**Conclusiones.** Si bien, el BC no puede ser usado como único sustrato, la economía circular podría resolver este problema al utilizar BC y sacarosa para producir PHB como demuestran los resultados. Este enfoque no solo contribuye a la utilidad de los residuos lignocelulósicos, también, pretende reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la reconversión en los ingenios azucareros en México. Entre el trabajo futuro está la optimización del proceso.

**Agradecimiento.** A la coordinación de la Licenciatura en Ingeniería Biológica de la UAM - Cuajimalpa por el financiamiento otorgado.

**Bibliografía.**

- López-Arenas, T., González-Contreras, M., Anaya-Reza, O., Sales-Cruz, M. (2017) *Comp. & Chem. Eng.* 107, 140–150.
- González-Contreras, M., Lugo-Mendez, H., Sales-Cruz, M., Lopez-Arenas, T. (2021) *Chem. Eng & Proc – Proc. Intens.* 159, 108220.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso para el caso de BC.