

# Producción de etanol 2G a partir de bagazo de sotol (*Dasyliirion* sp.): propuesta de planta

Christian Arenas-Grimaldo <sup>1</sup>, Juan Gabriel Segovia-Hernández <sup>2</sup> y Carlos E. Molina-Guerrero <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Guanajuato, Depto. Ingenierías Química, Electrónica y Biomédica. División de Ciencias e Ingenierías, Campus León, Lomas del Bosque 103, Col. Lomas del Campestre, León, C.P. 37150, Guanajuato, México.

<sup>2</sup> Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas. Noria Alta s/n, Col. Noria Alta. Guanajuato, C.P. Guanajuato, México.

\* Autor de correspondencia: +52 (477-788-51-00) ext.: 8477, cmolina@fisica.ugto.mx.

**Energías renovables** (Biomasa).

**Palabras clave:** Bioeconomía circular; Energía renovable; Seguridad energética

**Introducción.** El sotol (*Dasyliirion* sp), es una planta endémica de la región norte de México, tradicionalmente consumida por los nativos de Norteamérica. En este trabajo, se desarrolló la propuesta de planta para la producción de etanol 2G, a partir del bagazo de sotol (BS), como una fuente de carbono novedosa. En 2019 México produjo 114 millones de L de etanol, mientras que el consumo es de 319 millones, de los cuales, 171.3 millones son usados como combustible (CEDRSSA, 2020). Por lo que esta alternativa permitiría incrementar la seguridad energética. Con este trabajo se promueve el uso de energía renovable y se potencializa la bioeconomía circular en México.

**Materiales y Métodos.** El balance de materia, energía y el dimensionamiento de equipos se realizó para las etapas fundamentales considerando una alimentación de 18750 kg<sup>h</sup><sup>-1</sup>, que es la mínima necesaria para la rentabilidad de la planta (Sanchez et al., 2013). El diagrama de bloques para el proceso se puede observar en la Figura 1.

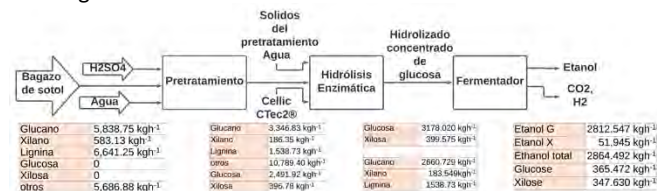


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso y balance de masa en cada etapa.

Los cálculos del pretratamiento fueron desarrollados considerando los porcentajes de agua, celulosa, hemicelulosa y lignina, de las caracterizaciones antes y después de la adición de ácido sulfúrico (0.5 v/v), como se presenta en la Ecuación 1.

$$Volumen = 1.2 * \left( \frac{\text{alimentación total}}{\text{densidad del agua}} \right) * \left( \frac{\text{alimentación total}}{\text{densidad de la biomasa}} \right) - \left( \frac{\text{salida de biomasa sólida}}{\text{densidad de la biomasa}} \right) * rt \quad (1)$$

Siendo  $rt$  el tiempo de residencia y 1.2 el factor de seguridad de diseño. La densidad de la biomasa del sotol se consideró de 190 kg/m<sup>3</sup> (Wild and Visser, 2018). El cálculo del reactor de HE y fermentación fue realizado utilizando resultados experimentales obtenidos en el laboratorio. Los datos fueron ajustados mediante una regresión lineal y se calculó el volumen del reactor de HE y fermentación con la ecuación 2 y 3, respectivamente.

$$Volumen = 1.2 * \left( \frac{\text{biomasa sólida de entrada}}{\text{densidad de biomasa}} \right) - \left( \frac{\text{biomasa hidrolizada}}{\text{densidad de biomasa}} \right) * rt \quad (2)$$

$$Volumen = (\text{volumen total de entrada}) - (\text{volumen total de salida}) * rt \quad (3)$$

**Resultados.** Los volúmenes y consumos energéticos de las etapas fundamentales para el proceso propuesto son las siguientes:

Etapas	Volumen (m <sup>3</sup> )	Energía Agitación (MJh <sup>-1</sup> )	Energía Calentamiento (MJh <sup>-1</sup> )
Pretratamiento	27.22	148.427	15,043.548
HE	174	363.716	1,657.016
Fermentador	693.68	6,687.008	14.394

El diagrama de equipos para el cumplimiento de la propuesta es el siguiente:

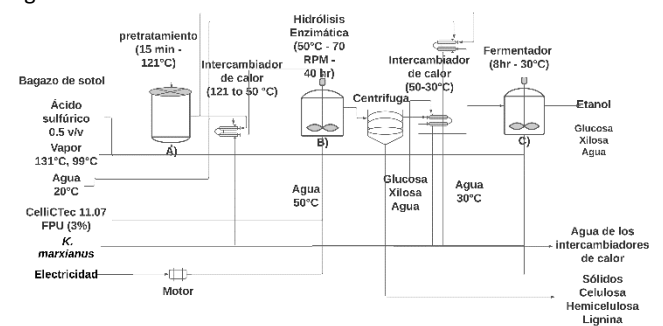


Figura 2. Diagrama de la planta para el proceso de transformación de BS en etanol: a) Tanque de pretratamiento, b) Tanque de hidrólisis enzimática, c) Tanque de fermentación.

La producción total de energía considerando la densidad energética del etanol de 26.8 MJh<sup>-1</sup> (Hernández, Domínguez, and Mata, 2012) y los 2,864.5 L producidos fue de 76,768.33 MJh<sup>-1</sup> mientras que el consumo de energía por el proceso asociado al calentamiento y agitación de los tanques fue de 23,914.109 Mj<sup>h</sup><sup>-1</sup> por lo que el proceso es viable desde el punto de vista energético, hasta esta etapa.

**Conclusiones.** Se logró calcular el volumen y consumo energético de las etapas fundamentales de un proceso de transformación de etanol a partir de BS. La cantidad de energía producida a través del etanol es 68.48% superior a la necesaria para el proceso. De acuerdo con los resultados, este proceso genera 22.2 millones de L de etanol por año con lo que es posible cubrir el 15.75% anual de la producción nacional.

## Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por la Universidad de Guanajuato a través del proyecto DAIP (054/2021) y DAIP (015/2021)

## Bibliografía.

- CEDRSSA, 2020. La producción y el comercio de los biocombustibles en México y en el mundo.
- Sanchez, A., Sevilla-Guitrón, V., Magaña, G., Gutierrez, L., 2013. Parametric analysis of total costs and energy efficiency of 2G enzymatic ethanol production. *Fuel* 113, 165–179. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.05.034>
- Wild, M., Visser, L., 2018. Biomass pre-treatment for bioenergy. IEA Bioenergy.
- Hernández, P., Domínguez, A., & Mata, P, 2012. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diesel mexicanos reformulados con Etanol.

Tabla 1. Volumen de reactores y cálculo energético