

Simulación y evaluación preliminar de una planta de aprovechamiento de residuos de brócoli: polifenoles, biogás y electricidad.

Andrés Ayala Mares¹, Dalyndha Atzatz-Pluma², Guadalupe de la Rosa¹ y Carlos Eduardo Molina Guerrero^{1,*}

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

² Instituto Tecnológico Superior de Abasolo. Cuitzeo de los Naranjos 401, 36976, Los Naranjos, Abasolo, Gto.

*Autor de correspondencia: ce.molina@ugto.mx; Tel.: (477-788-51-00 Ext. 8477

Energías Renovables (Biomasa).

Palabras clave: Bioeconomía circular; Desarrollo sustentable; Energías renovables.

Introducción. El 65% del brócoli (*Brassica oleracea* L. var italica) a nivel nacional se produce en el estado de Guanajuato (320,268 ton anuales) (SIAP 2017). Sin embargo, su producción genera 3 veces más residuos asociados al tronco y hoja de la planta los cuales se dejan en el campo y, en el mejor de los casos, son utilizados como alimento animal. Se estima que los residuos de brócoli podrían alcanzar los 1.5 millones de toneladas por año. Los residuos generados (tronco y tallo) son ricos en glucosilatos y polifenoles además de nutrientes como vitamina C, minerales y elementos traza de interés para la industria alimentaria y farmacéutica (Domínguez-Perles et al. 2010). De acuerdo con diferentes autores, estos compuestos tienen actividades benéficas para la salud dado su efecto antioxidante, anticancerígeno, antiinflamatorio, neuroprotector, antimicrobiano y antiviral, entre otros (Domínguez-Perles et al., 2010). Este trabajo presenta el análisis de rentabilidad del diseño conceptual de una planta de procesamiento para la extracción de polifenoles y producción de biogás con lo que se promueve la bioeconomía circular en el estado de Guanajuato.

Materiales y Métodos. La simulación se realizó en estado estacionario utilizando el software de simulación de procesos SuperPro Designer® v. 12.0. La planta consideró biodigestores, tanques de extracción, molinos, compresores, así como todas las operaciones auxiliares necesarias para el proceso. Se consideró la producción de biogás (65% metano 35% CO₂) (Arias González et al., 2021), electricidad y polifenoles.

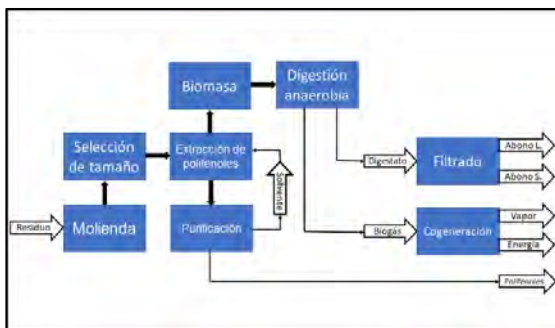


Figura 1. Diagrama de bloques de la planta.

La Figura 1 presenta el diagrama de bloques de la planta. El análisis económico fue realizado con el método del Valor Presente Neto (VPN) (Arias González et al., 2021). La composición de la biomasa consistió en g/kg: celulosa 60.05, ceniza 11.95, lignina 7.14, flavonoles 1502, lípidos 6.65, proteínas 10.44, agua 3.6, ácidos fenólicos 0.004 (Campas-Batpoli et al., 2009).

Resultados. El análisis de sensibilidad muestra un decremento del CUP al aumentar la capacidad de producción. El consumo de energía por los equipos de la planta fue: molienda 41,49%, biodigestores (18,19%), compresor (16,4%), carga general (15%) y equipo auxiliar

(8,98%). De manera particular, se evaluó la capacidad de 900 ton/día. La inversión de capital fue >M\$USD 400 con un costo de operación > M\$USD 200. El CPU fue de \$USD 0.9 por kg de fertilizante producido. El tiempo de recuperación de capital fue de 5.4 años. La producción de biogás calculada a esta escala fue de 9,000 m³/h. La cantidad de polifenoles extraídos es de 285 g/día de biomasa. La electricidad generada fue de 5481 kW-h/día con un excedente del 13.11%. El análisis energético coloca a la extracción de polifenoles como el proceso más demandante. Por lo que se crea un área de oportunidad para diseñar estrategias que permita la disminución del consumo energético.

La Figura 2, muestra el VPN respecto a la capacidad de la planta. Es posible observar, que el diseño propuesto es rentable a partir de las 820 toneladas por día.

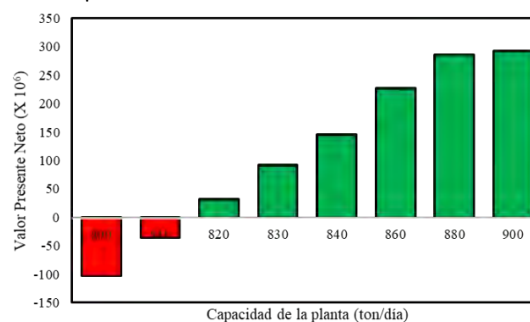


Figura 2. Capacidad de la planta vs valor presente neto.

Conclusiones. La propuesta planteada presenta un excedente de producción de electricidad (>13%) con lo que es energéticamente sustentable, con una composición del biogás de 65% metano y una combustión completa. La planta es rentable a altas capacidades de producción (>820 ton de residuos/día), esto debido al alto costo del proceso de extracción de polifenoles el cual es energéticamente demandante y requiere un alto consumo de metanol lo cual eleva los costos. El diseño propuesto consideró la posibilidad de utilizar el total del residuo generado en el estado.

Agradecimientos

Universidad de Guanajuato DAIP (054/2021) y TecNM 10916.21-PD.

Bibliografía.

- Domínguez-Perles R, Martínez-Ballesta MC, Carvajal M, et al (2010) Broccoli-derived by-products - a promising source of bioactive ingredients. *Journal of Food Science* 75
- Arias González, J., Baena-Moreno, et al., (2021). Unprofitability of small biogas plants without subsidies - a Brandenburg region. *Environmental Chemistry Letters*.
- Campas-Baypoli, Olga N., Sánchez-Machado, Dalia I., Carolina Bueno-Solano, et al (2009). Biochemical composition and physicochemical properties of broccoli flours. *Int J Food Sci Nutr*; (60) 4:163-73.