

Desarrollo de tecnologías de gasificación en la industria del aceite de palma: oportunidades y desafíos

Development of Gasification Technologies in Palm Oil Industry: Opportunities and Challenges

CITACIÓN: Munar-Flórez, D. A., Ramírez-Contreras, N. E., & García-Núñez, J. A. (2024). Desarrollo de tecnologías de gasificación en la industria del aceite de palma: oportunidades y desafíos. *Palmas*, 44(4), 28-31.

PALABRAS CLAVE: biocombustibles, biomasa, economía circular, sostenibilidad.

KEYWORDS: biofuels, biomass, circular economy, sustainability.

DAVID ARTURO MUNAR-FLÓREZ
Asistente de Investigación

NIDIA ELIZABETH RAMÍREZ-CONTRERAS
Asistente de Investigación

JESÚS ALBERTO GARCÍA-NÚÑEZ
Investigador Titular, Coordinador
Programa de Procesamiento

Corporación Centro de Investigación
en Palma de Aceite, Cenipalma

La gasificación es un proceso innovador para dar uso a la biomasa, ya que tiene la capacidad de transformar residuos agrícolas en energía, a través de la descomposición térmica en condiciones de bajo oxígeno. Por lo tanto, la gasificación se convierte en una herramienta clave para la transición energética del país y, además, contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por la generación y uso de la bioenergía. La implementación de esta tecnología se abre camino hacia un futuro más limpio y eficiente, gracias a las soluciones energéticas sostenibles que brinda y su aporte para mitigar el impacto ambiental del sector agroindustrial. En los últimos años ha aumentado el interés por utilizar los flujos de biomasa residual de la industria de la palma aceite para obtener productos de valor agregado, como bio-

combustibles y otros materiales. El desarrollo de un modelo de economía circular para la agroindustria de la palma de aceite podría contribuir al uso eficiente de la biomasa e incrementar la sostenibilidad de este sector (Akbarian *et al.*, 2022).

El aceite crudo de palma se usa ampliamente en las industrias de alimentos, cosméticos y biocombustibles. Durante la extracción del aceite de palma crudo se genera biomasa residual, la cual puede clasificarse, en términos generales, en dos tipos: biomasa sólida y biomasa líquida. La biomasa sólida incluye a los racimos de fruta vacíos, cuesco de palma y fibra. Esta clase de biomasa se puede utilizar como materia prima para la generación de energía o la producción de diversos productos, como bio-

carbón, aglomerados de biomasa, compost, alimentos para animales, entre otros. La biomasa líquida, por su parte, corresponde a los efluentes (POME, por sus siglas en inglés) generados en las plantas de beneficio. El efluente tratado en los sistemas de lagunas genera emisiones de CH_4 , CO_2 y H_2S , que pueden ser capturadas y se denominan biogás. Este sistema de tratamiento también genera lodos pesados, los cuales, junto con el vertimiento (salida del sistema), pueden ser empleados para la recuperación de nutrientes para el cultivo. Actualmente, la biomasa sólida producida en las plantas de beneficio en Colombia es usada principalmente para la producción de vapor y energía eléctrica, compost o como acondicionador del suelo en las plantaciones de palma. En la Figura 1 se puede observar el destino de cada biomasa dentro de los principales usos del sector. Sin embargo, la biomasa sólida tiene un gran potencial para ser gasificada para la obtención de gas de síntesis y energía (Aprianti *et al.*, 2020).

La gasificación es un proceso de conversión de biomasa que da lugar a (i) la formación de sólidos carbonosos, (ii) una mezcla de gases inflamables de monóxido de carbono, hidrógeno, metano, nitrógeno y dióxido de carbono, y (iii) pequeñas cantidades de hidrocarburos (Anyaocha *et al.*, 2020). Este proceso se lleva a cabo a altas temperatura y en un ambiente con escasez de oxígeno. Los gases resultantes de la gasificación de biomasa pueden ser acondicionados para su uso en calderas, turbinas o motores. La gasificación transforma principalmente la biomasa en una mezcla de gases (CO , H_2 , CO_2 , CH_4 e hidrocarburos

de mayor peso molecular). Esto se logra al controlar la cantidad de agente gasificante y la temperatura del proceso (superior a $700\text{ }^\circ\text{C}$) (Brown, 2011). En la gasificación, el rendimiento en biocarbón típicamente está alrededor del 10 %. Los agentes de oxidación usados en este proceso pueden ser oxígeno, aire, vapor de agua o combinaciones de estos. La gasificación con aire produce un gas de síntesis con un poder calorífico bajo, en el rango de $4\text{--}7\text{ MJ/Nm}^3$, mientras que la gasificación con vapor genera un gas de síntesis con un poder calorífico entre $10\text{--}14\text{ MJ/Nm}^3$, inferior al poder calorífico del gas natural (PCI Gas Natural 36 MJ/Nm^3) (Brown, 2011).

El proceso de conversión de biomasa en un gas de síntesis involucra varias etapas. Inicialmente, la biomasa se calienta para ser secada, lo que provoca que el contenido de agua pase a fase de vapor. Para llevar a cabo este paso, es necesario utilizar una fuente de energía para elevar la temperatura y vaporizar el agua libre. Después de esto, se produce la degradación térmica de la biomasa, conocida como pirólisis, que tiene lugar a temperaturas cercanas a los $225\text{ }^\circ\text{C}$ y culmina entre los $400\text{ y }500\text{ }^\circ\text{C}$. En este rango de temperaturas ocurren la descomposición de la biomasa, la liberación de compuestos volátiles y las emisiones de gases y alquitrán en forma de vapor, a la vez que se forman poros en la estructura del biocarbón (Figura 2). Posteriormente, se desarrolla una serie de reacciones químicas entre la fase sólida y la gaseosa. Los reactivos de estas reacciones incluyen el carbón formado durante el proceso, los gases producidos y el agente gasificante empleado (Baruah & Baruah,

Figura 1. Principales usos de la biomasa que se produce en las plantas de beneficio en Colombia.

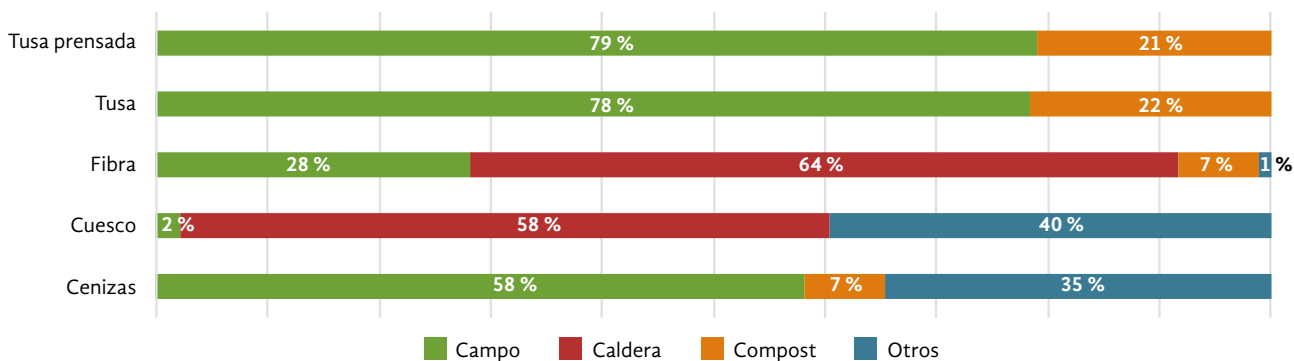
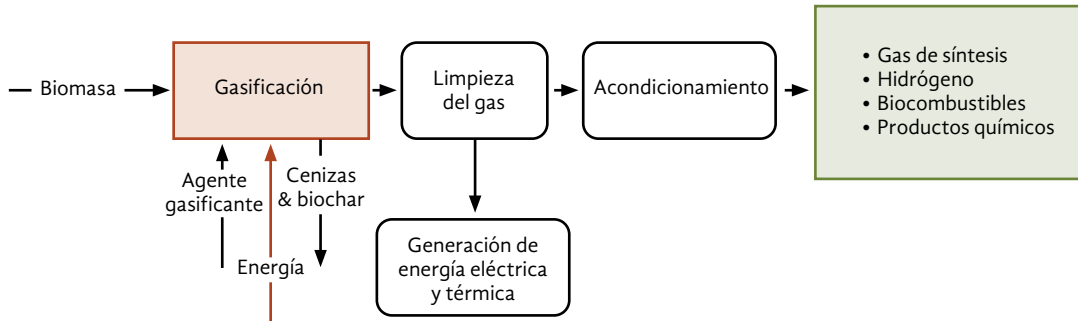


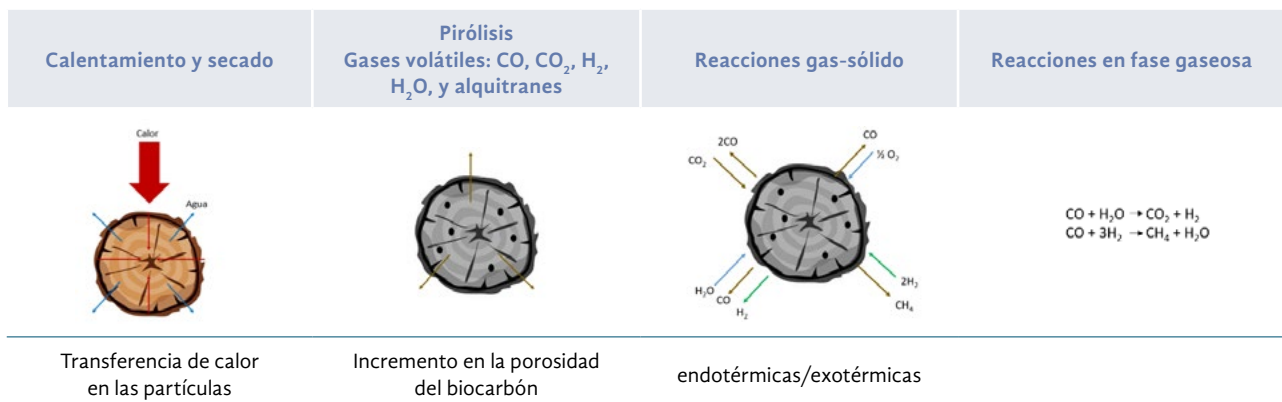
Figura 2. Principales entradas y operaciones del proceso de gasificación.



2014). Los productos resultantes de estas reacciones son hidrógeno (H_2), metano (CH_4) y monóxido de carbono (CO). Además, hay reacciones en fase gaseosa en las que el monóxido de carbono reacciona con agua e hidrógeno para formar más compuestos del gas de síntesis, como metano (CH_4) e hidrógeno (H_2) (Figura 3). En última instancia, el objetivo de la gasificación es obtener un gas de síntesis de alta calidad, eliminar alquitranes y dióxido de carbono (CO_2), reducir las impurezas en los productos, lograr un alto poder calorífico del gas y aplicar procesos de purificación de gases de síntesis. Para abordar posibles desafíos en el proceso se ha investigado el uso de catalizadores como la dolomita, metales alcalinos y níquel (Ni). Estos catalizadores inhiben la formación de alquitrán y mejoran la calidad del gas de síntesis, con lo cual contribuyen a la optimización del proceso (Valderrama *et al.*, 2018).

La implementación de este proceso en la industria del aceite de palma podría enfrentar ciertas complicaciones derivadas de la variabilidad en las propiedades físicas y químicas de la biomasa, lo cual dificultaría la obtención de un proceso estandarizado para su tratamiento. Además, desafíos como el contenido de humedad, la generación de alquitranes y el nivel de madurez tecnológica (TRL) de la gasificación podrían presentar obstáculos técnicos y económicos; no obstante, en este sector existe la ventaja de contar con una abundante disponibilidad de biomasa concentrada en un solo lugar. Al implementar esta tecnología sería posible gestionar de manera eficiente la biomasa, lo que resultaría en una fuente adicional de generación de energía renovable. La posibilidad de comercializar el gas de síntesis producido o la energía obtenida constituiría, así mismo, una fuente adicional de ingresos.

Figura 3. Pasos y reacciones del proceso de gasificación térmica de la biomasa.



A escala mundial se han realizado investigaciones sobre el nivel de madurez tecnológica de este proceso y se ha descubierto que ciertas operaciones de la gasificación, como los precipitadores electrostáticos, pueden alcanzar niveles de TRL 9. No obstante, en la integración de estas operaciones comunes de otros procesos en el de gasificación surgen las mayores dificultades. Por otro lado, existen plantas de gasificación con TRL 9, pero estas plantas tienen una ca-

pacidad limitada. Por lo tanto, es necesario fomentar iniciativas de alcance nacional de estos procesos que puedan ser validadas y perfeccionadas a escala comercial. Se requiere promover mayores oportunidades de financiamiento para proyectos de demostración comercial, con el fin de impulsar las tecnologías de gasificación desde el nivel de madurez tecnológica 7 hasta el TRL 9 y contribuir al fortalecimiento y desarrollo de este tipo de tecnologías en el país.

Referencias bibliográficas

- Akbarian, A., Andooz, A., Kowsari, E., Ramakrishna, S., Asgari, S. & Cheshmeh, Z. A. (2022). Challenges and opportunities of lignocellulosic biomass gasification in the path of circular bioeconomy. *Bioresource Technology*, 362. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127774>.
- Anyaocha, K. E., Sakrabani, R., Patchigolla, K. & Mouazen, A. M. (2020). Co-gasification of oil palm biomass in a pilot scale downdraft gasifier. *Energy Reports*, 6, 1888–1896. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.07.009>
- Aprianti, N., Faizal, M., Said, M. & Nasir, S. (2020). Valorization of palm empty fruit bunch waste for syngas production through gasification. *Journal of Ecological Engineering* 21(7), 17-26. doi: 10.12911/22998993/125461.
- Baruah, D. & Baruah, D. C. (2014). Modeling of biomass gasification: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 806–815. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.129>
- Brown, R. C. (2011). *Thermochemical Processing of Biomass: Conversion into Fuels, Chemicals and Power*. John Wiley & Sons.
- Valderrama, M. L., Martínez, A., Silva, E. & Almazán del Olmo, O. A. (2018). Reduction of tar generated during biomass gasification: A review. *Biomass and Bioenergy*, 108, 345–370. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.12.002>



Cerca de tres cuartas partes de la inversión con recursos del **Fondo de Fomento Palmero**

se destina a temas de ciencia, tecnología e innovación, a través de los programas, para mejorar el estatus fitosanitario y para incrementar la productividad y optimizar costos de producción.