

REPORTE TÉCNICO

NORMA ORTEGA, DRA. ALMA SERAFIN , M.C. GUADALUPE MEDINA

BIOCOMBUTIBLES SOLIDOS

En la actualidad, cada año se producen alrededor de 1.900 millones de toneladas de RSU a escala mundial, de las cuales casi el 30% sigue sin ser recogido por los sistemas de gestión de residuos de los municipios. *(de Carvalho, N. R., de Barrosb, J. L., da Silvaa, D. A., Nakashimaa, G. T., & Yamajia, F. M. 2021).*

Sin embargo, se espera que la generación de RSU aumente a 3,4mil millones de toneladas para 2050 (Banco Mundial, 2020), lo que constituye un serio problema para la sociedad y el medio ambiente, es por eso que se buscan nuevas formas sustentables de generar energía, por ejemplo, los biocombustibles que permite reducir las emisiones de gases efecto invernadero, siempre y cuando los procesos de producción sean sustentables.

Después de hablar de los biocombustibles gaseosos y líquidos (biogas, biodiesel y bioetanol), ahora abordaremos el tema de los biocombustibles sólidos, los cuales son una alternativa mas para convertir los Residuos Sólidos Urbanos en Energía.

¿Que son los biocombustibles solidos?

Los biocombustibles sólidos se definen como aquellos combustibles generados a partir de biomasa, y que se caracterizan por encontrarse en estado sólido. Los biocombustibles sólidos pueden producirse a partir de diferentes tipos de biomasa, siendo el uso de los residuos sólidos agrícolas una de las alternativas que más interés ha recibido, ya que permite valorizar los residuos, los cuales en su mayoría representan un problema de contaminación. Existen diferentes tipos de biocombustibles sólidos, siendo los pellets los más populares *(Ríos-Badrán, I. M., Luzardo-Ocampo, I., Santos-Cruz, J., García-Trejo, J. F., & Gutiérrez-Antonio, C. 2019)*

son obtenidos mediante procesos físicos, tales como compactación, astillado o trituración. Generalmente estos biocombustibles son usados para la generación de energía eléctrica y térmica *(Ríos, B., & IM, S. C. J., & Gutiérrez, AC 2017).*

Para hacer un uso eficiente de toda la biomasa que generamos de las actividades productivas para generar biocombustibles sólidos, es necesario evaluar su propiedades físicas y químicas, para asegurar que la combustión sea eficiente, y permanecer dentro de los límites permisibles de emisiones contaminantes a la atmosfera.

Los biocombustibles se pueden caracterizar en términos de su propiedades químicas y físicas, una vez obtenidos los datos se utilizan para establecer las condiciones de combustión más adecuada. Sin embargo, un mayor número de factores influyen en la combustión de biocombustibles sólidos, en comparación con gases o líquidos. Por tanto, es fundamental analizar estos materiales en términos de su valor de poder calorífico, química elemental e inmediata, contenido de humedad, tamaño de partícula y densidad aparente. El Conocimiento

de estas propiedades permite que los biocombustibles se utilicen más eficientemente para la producción de energía (Tao, G., Geladi, P., Lestander, T. A., & Xiong, S. 2012).

La importancia de los biocombustibles sólidos radica en su elevado potencial para atender los requerimientos energéticos asociados al crecimiento poblacional. El uso de los biocombustibles sólidos permitirá remplazar a los combustibles fósiles en la producción de energía eléctrica y calorífica; asimismo, disminuirá los problemas causados por los combustibles convencionales; además, dará fin al problema de los residuos agroindustriales, al utilizarlos como materia prima para la producción de biocombustibles sólidos, de acuerdo con la Red Mexicana de Bioenergía (Ríos, B., & IM, S. C. J., & Gutiérrez, AC 2017).

A pesar de que los biocombustibles también generan CO₂, éste sí pertenece al ciclo corto del carbono (ya que las plantas lo aprovechan durante la fotosíntesis), por lo que no se excede la concentración de este gas en la atmósfera. Por lo tanto, no se provocan los efectos relacionados con el cambio climático.

Desafortunadamente en un país como México, la producción de biomasa aporta 4.22% del total de la energía primaria, entendiéndose como energía primaria la que se obtiene directamente de la naturaleza, por ejemplo, la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, el petróleo, gas natural, carbón y la biomasa (Ríos, B., & IM, S. C. J., & Gutiérrez, AC 2017).

En México se generan anualmente cerca de 76 millones de toneladas de residuos agroindustriales de frutas (limón, peras, manzanas, papaya, piña, plátano, naranja) y vegetales (maíz, caña de azúcar, frijol, col, zanahoria, tomate, lechuga, papa) (Ríos, B., & IM, S. C. J., & Gutiérrez, AC 2017). Este tipo de residuos provenientes de la industria de alimentos, así como del sector agroindustrial y doméstico se puede aprovechar para producir biocombustibles sólidos.

Procesos para producir combustibles solidos

Usualmente los biocombustibles sólidos se producen mediante procesos mecánicos, como el astillado, la trituración y la compactación.

El astillado: consiste en la reducción del material mediante la utilización de cuchillas o elementos como tornillos con bordes afilados

La trituración: Es un proceso que consiste en partir o desmenuzar en trozos más pequeños una materia sólida, pero sin llegar a convertirla en polvo; el proceso se realiza mediante máquinas capaces de triturar en diferentes tamaños, de los cuales resultan los diferentes niveles de trituración: primaria (de 1 mm a 10 cm) y secundaria (de 10 cm a 1 mm).

La compactación: es un proceso mediante el cual se le da forma a los biocombustibles sólidos aplicando presión para lograr unir la materia prima; este proceso se puede realizar mediante una pelletizadora (Ríos, B., & IM, S. C. J., & Gutiérrez, AC 2017).

Con estos procesos se generan diferentes tipos de biocombustibles sólidos, los cuales se describen a continuación.



Briquetas: Son cilindros con dimensiones que van de 50 a 130 mm de diámetro y de 5 a 30 mm de longitud. Tienen una densidad elevada (entre 1000 y 1300 kg/m³) y se fabrican –al igual que los pellets– por medio de prensas, en las que el material se calienta y somete a altas presiones. En ocasiones se añaden aglutinantes artificiales para facilitar la cohesión del material y reducir la presión de prensado.

Astillas: Proviene generalmente de tratamientos selvícolas y aprovechamientos forestales (podas, lareos, claras, etc.), así como de las industrias de primera y segunda transformación de la madera. Como resultado de reducir el tamaño de la madera, se da lugar a trozos pequeños de forma irregular.



Carbón vegetal: Es un combustible sólido que presenta un contenido muy elevado de carbono, por lo que su poder calorífico es muy superior al de la madera (puede llegar hasta 35 MJ/kg). Se produce gracias a una combustión incompleta (hasta temperaturas de 400 a 700 °C) de la madera y otros residuos vegetales. Difícilmente es alterable, además no se ve afectado por hongos e insectos xilófagos.

Residuos agroindustriales: Son un tipo de biocombustibles sólidos provenientes de subproductos de las almazaras, como el hueso de aceituna y el orujillo, los huesos de melocotón o albaricoque, las cáscaras de frutos secos, como almendra, piña y piñones, entre otras.

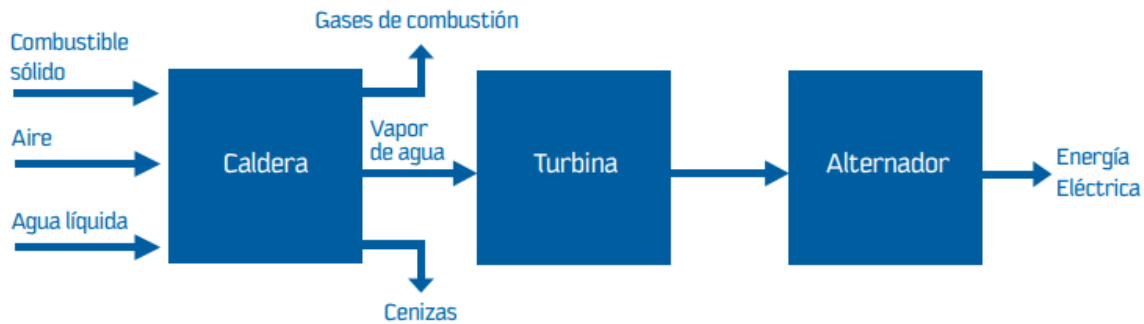


pellets: Son cilindros con dimensiones que van de 6 a 8 mm de diámetro y de 60 a 25 mm de longitud. Se obtienen mediante el prensado de diversos materiales, como aserrín, cascarillas, pajas, entre otras. En particular, los pellets, un tipo de biocombustible sólido, pueden emplearse para la generación de energía eléctrica, reemplazando al carbón de origen vegetal.

Sin embargo, el poder calorífico es menor al carbón vegetal lo que implica que se requerirá una mayor cantidad de pellets para producir la misma cantidad de energía que el carbón, pero la gran ventaja sería el uso de un combustible renovable obtenido de la revalorización de los residuos agroindustriales (*Ríos-Badrán, I. M., Luzardo-Ocampo, I., Santos-Cruz, J., García-Trejo, J. F., & Gutiérrez-Antonio, C. 2019*).

Los diferentes biocombustibles sólidos se pueden emplear en diversas aplicaciones de generación de energía eléctrica o calorífica. **En general, las aplicaciones son para la**

calefacción de viviendas, naves industriales, invernaderos, hoteles, etcétera; esto se realiza mediante equipos generadores de calor con una eficiencia superior a 90% y totalmente automatizados (Ríos, B., & IM, S. C. J., & Gutiérrez, AC 2017). Esquematzación de como un combustible sólido puede generar energía mediante un proceso termoquímico



Para los biocombustibles sólidos la Organización Internacional de Normalización ha creado la serie ISO 17225, la serie ISO 17225 determina las especificaciones y clases basadas en el origen y la fuente de las materias primas para biocombustibles sólidos: leñosos, herbáceos, frutales, de biomasa acuática y combinaciones y mezclas. Con la serie ISO 17225 se están preparando casi 60 normas internacionales para biocombustibles sólidos en pellets de madera graduadas, briquetas de madera graduadas, astillas de madera graduadas, pellets no leñosas graduadas y combustibles de biomasa tratados térmicamente y densificados, entre otros.

Panorama en México de los combustibles sólidos

En la actualidad, el país tiene una capacidad instalada de generación energética a partir de biomasa de 370 MW, y se encuentra distribuida en 17 estados de la República, liderando el Estado de México (47%), seguido de Veracruz (15%), Hidalgo (9%) y Jalisco y Coahuila (8% cada uno) (Pérez-Denicia y cols., 2017). De dicho potencial energético se estima que el 77.9% podría provenir de la biomasa sólida, específicamente los residuos sólidos agroindustriales. No obstante, la contribución de la biomasa sólida podría ser mayor si los pellets son empleados en las centrales eléctricas que operan con carbón vegetal. De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, las centrales que emplean carbón reportaron una capacidad de 77,463,000 MWh para el año 2015 (CFE, 2015); dicha energía eléctrica podría producirse a partir de pellets elaborados a partir de residuos sólidos agroindustriales. No obstante, a pesar de ser factible técnicamente un aspecto importante es el costo de dicha producción (Ríos-Badrán, I. M., Luzardo-Ocampo, I., Santos-Cruz, J., García-Trejo, J. F., & Gutiérrez-Antonio, C. 2019)).

Ahora bien, si comparamos los costos de generación de energía a partir de combustibles fósiles y biocombustibles sólidos obtenemos lo siguiente.

El costo de generación de electricidad depende de la disponibilidad de materia prima, los costos de transporte, costos de transformación y costos derivados (Edenhofer y cols., 2012; García Bustamante y Masera Cerutti, 2016).

Los datos presentados en la Tabla 1 fueron reportados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (2011). Estos datos fueron reportados para la Unión Europea, y consideran el costo del proceso productivo únicamente y no toda la cadena de suministro. Se utilizan estos datos, ya que de acuerdo con García Bustamante y Masera Cerutti (2016) en México aún no se cuenta con este tipo de estudios.

Fuente	Residuos de aserradero y chips	Gasificación de pequeños residuos	Biocombustibles líquidos y gaseosos	Carbo-eléctricas	Pellets elaborados con RSA
Costo (\$ MXN)	1.72	2.63	3.19	103.3	6.17

Tabla1: Comparación de costos de generación de 1 kWh de energía

BIBLIOGRAFÍAS

Ríos-Badrán, I. M., Luzardo-Ocampo, I., Santos-Cruz, J., García-Trejo, J. F., & Gutiérrez-Antonio, C. (2019). *BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS: UNA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y SOSTENIBLE PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO*.

Escobar, J. C. (2013). Generación de energía a partir de los residuos sólidos urbano. En A. I. Dimas José Rua Orozco, *Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad* (pág. 246). La Red Iberoamericana de Energía.

de Carvalho, N. R., de Barrosb, J. L., da Silvaa, D. A., Nakashimaa, G. T., & Yamajia, F. M. (2021). PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BIOMASS USED AS SOLID FUEL IN A BOILER. *Quimica Nova*, 44(1), 35-40.

Caraschi, J. C., Goveia, D., Dezajacomo, G., & Prates, G. A. (2019). Evaluation of Biomass Properties for the Production of Solid Biofuels [Article]. *Floresta E Ambiente*, 26, 7, Article e20180433. <https://doi-org.e-revistas.ugto.mx/10.1590/2179-8087.043318>

Tao, G., Geladi, P., Lestander, T. A., & Xiong, S. (2012). Biomass properties in association with plant species and assortments. II: A synthesis based on literature data for ash elements. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3507-3522.

Pérez-Denicia, E., Fernández-Luqueño, F., Vilariño Ayala, D., Manuel Montaña-Zetina, L., & Alfonso Maldonado-López, L., 2017, Renewable energy sources for electricity generation in Mexico: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 597–613.

García Bustamante, C.A., Maserá Cerutti, O., 2016, Estado del arte de la bioenergía en México. Publicación de la Red Temática de Bioenergía (RTB) del Conacyt. Imagia Comunicación S. de RL. de CV. ISBN: 978- 607-8389-11-7. México.

Ríos, B., & IM, S. C. J., & Gutiérrez, AC (2017). Biocombustibles sólidos: una solución al calentamiento global. *Revista Ciencia*, 68(4), 1-17.