

## Obtención de valores de poder calorífico del biocarbón generado del proceso de carbonización hidrotérmica a los residuos del café (borra)

Leonardo Alberto Nieto-Ruiz <sup>1</sup>, Norma Alejandra Vallejo-Cantú <sup>2</sup> y Alejandro Alvarado-Lassman \*

<sup>1</sup> Laboratorio de ingeniería ambiental 1, División de estudios de posgrado e investigación, Tecnológico Nacional de México Campus Orizaba, Orizaba, Veracruz, México.

\* Autor de correspondencia: [lassman@prodigy.net.mx](mailto:lassman@prodigy.net.mx); Tel.: (+52) 272 139 92 56

**Desarrollo Sustentable** (Optimización de procesos energéticos). **Ponencia Presencial.**

Recibido: 17 de junio de 2023      Aceptado: 25 de agosto de 2023      Publicado: 23 de noviembre de 2023

**Palabras clave:** Hidrochar; Biochar; Bioenergéticos; Calorimetría; HTC.

**Introducción.** El poder calorífico es una medida crítica para la industria ya que se utiliza para evaluar la capacidad de un combustible para generar energía térmica. El biocarbón, o más comúnmente conocido como hidrocarbón, es un producto obtenido a través de la carbonización hidrotérmica (CHT) que ha encontrado varios usos, incluso como biocombustible alternativo a los combustibles fósiles. Para ser utilizado como biocombustible, el hidrocarbón debe tener un poder calorífico aceptable, el cual ha sido reportado en la literatura desde 4 MJ/kg de la microalga (Marín, 2019) hasta 33.5 MJ/kg del grano de café gastado (Afolabi, 2020), dependiendo de las condiciones de operación, humedad y tiempo de residencia. En este trabajo se presenta el desarrollo del proceso de carbonización hidrotérmica a los residuos de café (borra) y los resultados de la calorimetría aplicada a los biocarbones obtenidos; teniendo por objetivo encontrar el mejor valor de poder calorífico de acuerdo a las condiciones que se aplicaron a cada tipo de residuo.

**Materiales y Métodos.** La obtención del residuo de café con la que se trabajó en el proyecto fue recolectada de diferentes cafeterías de la región, el que se genera por medio de una percoladora de café, las cantidades que se recolectaron fueron variadas dependiendo del lote, desde 2.5 kg hasta 6 kg; el primer tipo de residuo de café que se utilizó fue de la marca Toka Premium de la especie *coffea arábica*; el segundo tipo de residuo de café que se utilizó fue de la marca Cafiver House Blend Gourmet, también de la especie *coffea arábica*; el tercer tipo de residuo de café que se utilizó fue de la marca Lunas de Café, con una combinación entre especies *arábica/robusta*. Se realizaron caracterizaciones al residuo, ya que la materia prima que fue usada en el proceso era diferente de acuerdo a la marca y su especie, para ello se realizaron: porcentaje de humedad, sólidos totales y volátiles, cenizas y pH, tanto para el residuo como para el biocarbon obtenido. Se realizaron las hidrocarbonizaciones en un reactor automatizado con calentamiento propio de acero inoxidable, el cual tiene capacidad de 1 litro, y las condiciones del mismo tienen una medición controlada, todo esto se fue para analizar el comportamiento y los resultados del proceso a diferentes valores de temperatura y tiempo. Para la obtención de poder calorífico se utilizó una bomba calorimétrica marca P.A. Hilton LTD, modelo C200, como se muestra en la Figura 1; se tomaron varias cantidades de los biocarbones obtenidos y se introdujeron en una prensa para formar un pellet, posteriormente se introdujo a la cámara de combustión, se inyectó oxígeno a una presión determinada y este a su vez se introdujo en el vaso del calorímetro que contiene agua, se inicia la prueba encendiendo la muestra, se mide la variación de temperatura con un termómetro y se graficó.



Figura 1. Bomba Calorimétrica marca P.A. Hilton LTD, modelo C200.

**Resultados.** Se presentan los mejores valores de poder calorífico para cada uno de los tipos de residuo y a las condiciones de operación establecidas se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de poder calorífico obtenidos

Coffea Arábica			Coffea Arábica gourmet			Arábica y robusta		
Condiciones	Poder		Condiciones	Poder		Condiciones	Poder	
Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Calorífico (MJ/kg)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Calorífico (MJ/kg)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Calorífico (MJ/kg)
185	1	37.45	185	2	24.32	200	1	40.52
200	1	31.15	175	3	26.94	200	2	38.19
185	3	34.38	200	3	23.69	175	3	33.90

En la Tabla 1 podemos observar los valores obtenidos de poder calorífico, esto en base a sus condiciones de tiempo, temperatura y al tipo de residuo que se utilizó en cada proceso de carbonización; estos datos de poder calorífico son los valores más altos de acuerdo al tipo de residuo utilizado.

**Conclusiones.** De acuerdo a los resultados tenemos que el valor más elevado de poder calorífico se obtuvo a las condiciones de operación de 200 °C y 1 hora de tiempo de residencia con el tipo de residuo de café combinación *arábica y robusta*, de acuerdo a los demás resultados obtenidos el tiempo de residencia y la temperatura de operación parecen no ser un factor determinante, sino al parecer el tipo de residuo utilizado a las condiciones de operación realizada determinó el valor máximo de poder calorífico.

### Bibliografía.

- Afolabi O. O., Sohail M. and Cheng Y.L. 2020. Optimization and characterization of hydrochar production from spent coffee grounds by hydrothermal carbonization. *Renewable Energy*, 147: 1380-1391. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.098>
- Marín-Batista, J., Villamil, J., Rodríguez, J. J., Mohedano, A., & De La Rubia, M. (2019). Valorization of microalgal biomass by hydrothermal carbonization and anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 274, 395-402. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.11.103>