



Poder calorífico de la biomasa de palma de aceite, colectada en el estado de Tabasco

Patricia Aguilar-Sánchez^{1*}, J. Amador Honorato-Salazar², Guadalupe Villa-Hernández³

^{1,2}Campo Experimental San Martinito - INIFAP. Km. 56.5, Carretera Federal México-Puebla, San Martinito Tlhuapan 74100, Puebla. México.

³Programa de Licenciatura del Instituto Tecnológico de Perote. Carretera Federal México-Perote núm. 140, Zona Centro, Perote 91270, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia: patagsa@gmail.com

Recibido 22 de julio de 2020; aceptado 21 de septiembre de 2020

RESUMEN

En México, la palma de aceite es utilizada principalmente para la extracción de aceite, proceso durante el cual existen diversos residuos que, en su mayoría, no son utilizados con algún fin específico y que se vuelven un foco de contaminación si no son tratados adecuadamente. La investigación en diversos residuos provenientes de la industria agroalimentaria está en desarrollo, y una de las opciones para los materiales lignocelulósicos es analizar su viabilidad energética, por lo que el poder calorífico es una variable importante para determinar si es o no factible, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar los valores de poder calorífico de la biomasa generada en una industria de palma de aceite en el estado de Tabasco, México. La biomasa colectada fueron los racimos de fruta vacíos (RFV), fibra de mesocarpio (FM) y cascarilla (CAS). Los resultados mostraron que la CAS obtuvo el poder calorífico más alto con $19.61 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, seguido de los RFV con $18.76 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ y finalmente la FM con $17.95 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. El contenido

de humedad para RFV fue de 6.6%, mientras que para FM y CAS la humedad fue de 12.2% para ambos casos. El coeficiente de correlación fue muy bajo ($R=3.2\%$), por lo que el contenido de humedad de las muestras no afectó el desprendimiento de calor de las mismas y, por lo tanto, no existe dicha correlación. Hay que agregar que es de gran importancia conocer los parámetros físicos, químicos y energéticos de algunos residuos agrícolas para determinar la viabilidad en la generación de biocombustibles, evitando alguna estrategia de competencia dentro del mercado agrícola.

PALABRAS CLAVE: Racimos de fruta vacíos, fibra de mesocarpio, cascarilla, residuos agrícolas, calorimetría

ABSTRACT

In Mexico, the oil palm is mainly for oil extraction, a process during which to obtain the oil, there are diverse residues that are mostly not used for any specific purpose and that also become a source of contamination if they are not treated properly. Research on agriculture industry wastes is underway, and one of the options for lignocellulosic materials is the energy viability, so the calorific value is an important variable to determine whether or not it is feasible, therefore, the objective of this work was to determine the gross value of the waste generated in the oil palm industry in the state of Tabasco, Mexico. The collected biomass were the empty fruit bunches (RFV), mesocarp fiber (FM) and husk (CAS). The obtained results showed that CAS obtained the highest calorific value with 19.61 MJ.kg^{-1} , followed by the RFV with 18.76 MJ.kg^{-1} and finally the FM with 17.95 MJ.kg^{-1} . Moisture content was 6.6% for RFV, while for FM and CAS was 12.2% for both cases. The correlation coefficient was very low ($R=3.2\%$), so the moisture content of the samples didn't affect the heat release, so there is no such correlation. It should be added that it is important to know the physical chemical and energy traits of some agricultural residues to determine their viability in the generation of biofuels, avoiding any competitive strategy within the agricultural market.

KEY WORDS: Empty fruit bunch, mesocarp fiber, husk, agricultural wastes, calorimetry

INTRODUCCIÓN

La biomasa proviene de diversos elementos, tales como desechos de jardines, estiércol, residuos agrícolas y cultivos dedicados a la producción de energía (Preto, 2011), y se considera carbono neutral o carbono negativo; de ella se pueden obtener diferentes compuestos químicos y productos, por lo que su uso aporta beneficios ambientales y sociales, y bien gestionada, es un combustible sostenible y renovable (Popa, 2018). Cabe señalar que las diferencias en las propiedades de la biomasa, tanto en el contenido de energía y humedad, hacen que los resultados sean inciertos (Scarlat et al., 2019). La palma de aceite o palma africana (*elaeis guineensis* Jacq.) es una especie que se introdujo en nuestro país principalmente para la producción de aceite (SIAP, 2018; Castellanos et al., 2018); durante el proceso de producción de aceite con esta especie hay una generación de residuos en diferentes etapas, que en algunos casos pueden convertirse en focos de contaminación, si no se les da un uso o tratamiento inmediato o adecuado (Sierra et al., 2017; Contreras et al., 2011). Como materiales lignocelulósicos, los residuos de la palma de aceite pueden ser utilizados para la generación de algún

producto, como energía alterna (Soh, 2016; Torres et al., 2019). Para poder identificar si los residuos son factibles de uso, es importante realizar ciertos análisis químicos y físicos; el poder calorífico es un parámetro que indica la cantidad de energía liberada por un material, y éste es uno de los indicadores para que la biomasa residual pueda ser utilizada como proveedora de energía (Islas et al., 2019), por lo que el objetivo de este trabajo es determinar los valores del poder calorífico de los residuos generados en una industria de palma de aceite en el estado de Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La biomasa residual de la palma de aceite se recolectó en la empresa mexicana Oleo Palma, ubicada en el municipio de Jalapa, Tabasco, México; los residuos fueron: racimos de fruta vacíos (RFV), fibra de mesocarpio (FM) y cascarilla (CAS), los cuales se trasladaron al laboratorio del C.E. San Martinito del INIFAP en Puebla. Toda la biomasa (aproximadamente 10 kg) se puso a secar a temperatura ambiente durante 5 días, extendiéndola en el piso bajo techo, y después se molió en un molino Thomas Willey para tener un tamaño de partícula uniforme. El material molido se

pasó por unos tamices del número 40 y 60, utilizando la muestra retenida en la malla 60, de acuerdo con la norma TAPPI 257.

Poder calorífico. La determinación del poder calorífico se llevó a cabo siguiendo las indicaciones del manual de operaciones del calorímetro, modelo PARR 1266, realizando seis repeticiones por muestra; los resultados se obtuvieron directamente del calorímetro en unidades $\text{cal}\cdot\text{g}^{-1}$ y se corrigieron con la ecuación 1.

$$PCt = \frac{Ee (At) - 10 - Lai (k)}{Pm} \quad (1)$$

Donde:

PCt = Poder calorífico total [$\text{cal}\cdot\text{g}^{-1}$]

Ee = Energía equivalente [$\text{cal}\cdot\text{°C}^{-1}$],

At = Aumento de la temperatura [°C]

Lai = Longitud del alambre de ignición quemado [cm]

k = Constante ($2.3 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-1}$)

Pm = Peso de la pastilla (muestra) [gr]

Humedad. El contenido de humedad se determinó con la norma Tappi 257 (2006), donde previamente se

colocaron unos vasos de 10 ml a una estufa a $103 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ por lo menos 4 horas, luego se sacaron de la estufa y se mantuvieron en un desecador; después de esto, se pesaron los vasos y se registraron los pesos. Posteriormente, se tomó 1 gr de material molido, pesándose el vaso con el material, y se colocó en una estufa a una temperatura de $103 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ hasta que se alcanzó un peso constante (aproximadamente 6 horas). El cálculo para la determinación de CH se realizó en base anhidra, como a continuación se describe en la ecuación 2.

$$CH = \frac{Ph}{Po} Po * 100 \quad (2)$$

Donde:

CH (%) = Contenido de humedad en por ciento

Ph = Peso de la muestra con humedad h

Po = Peso anhidro de la muestra

Análisis estadístico. Los datos de contenido de humedad y poder calorífico se sometieron a un análisis de varianza de un factor, considerando el tipo de residuo como fuente de variación y el modelo lineal general (Montgomery, 2017):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio

Posteriormente, se realizó una comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando el programa SAS 9.3 ® (Statistical Analysis System Institute Inc., 2011).

RESULTADOS

El contenido de humedad (CH) al momento de procesar las muestras fue de entre 6.6% y 12.2%. En la tabla 1 se muestran los resultados de comparación múltiple de medias, donde existen diferencias significativas entre los residuos seleccionados. Se aprecia que el contenido de humedad de RFV es menor en comparación con los otros dos residuos, y que el CH fue el ideal para trabajar con la materia prima, ya que se busca que el CH no supere el 25% en base seca (IDEA, 2008; Whittaker, 2018).

Asimismo, la CAS es el residuo que presenta un valor de poder calorífico más alto con 19.61 MJ·kg⁻¹, seguido de los RFV con 18.76 MJ·kg⁻¹, y finalmente la FM con 17.95 MJ·kg⁻¹. Este resultado coincide con el estudio publicado por Soh (2016), quien reporta un valor calorífico alto para la cascarilla de 20.09 MJ·kg⁻¹, y para los racimos de fruta vacíos de 18.88 MJ·kg⁻¹. Otros autores presentan resultados por debajo de los obtenidos en este trabajo, por ejemplo, Contreras et al., (2011) obtuvieron un valor de 17.93 MJ·kg⁻¹ para los racimos de fruta de palma. El estudio de Quintero y Torres (2017) presentan resultados de poder calorífico para los racimos de fruta vacíos, fibra de mesocarpio y cascarilla 18.5, 17.5 y 15.87 MJ·kg⁻¹, respectivamente. Otro estudio reportó altos valores para la fibra de mesocarpio y la cascarilla, con un poder calorífico de 19.06 MJ·kg⁻¹ y 20.09 MJ·kg⁻¹, respectivamente, y un valor similar se obtuvo para los racimos de fruta con 18.88 MJ·kg⁻¹ (Loh, 2017). Otro resultado similar para los racimos de fruta se encuentra en el trabajo realizado por Hosseini y Wahid (2014), obteniendo un valor de 18.96 MJ·kg⁻¹.

Tabla 1. Valores promedio de contenido de humedad y poder.

Tipo de residuo	N	Contenido	Poder
		de humedad (%)	calorífico (MJ.kg ⁻¹)
Fibra de mesocarpio (FM)	6	12.27 A*	17.95 C
Cascarilla (CAS)	7	12.24 A	19.61 A
Racimos de fruta vacíos (RFV)	6	6.60 B	18.76 B

*Los valores con las mismas letras no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Aunque se dice que el contenido de humedad puede afectar el poder calorífico de la biomasa, el coeficiente de correlación fue muy bajo ($R=3.2\%$), lo que nos indica que para estos resultados no hay una relación, es decir, el poder calorífico no se ve afectado por el contenido de humedad de las muestras (figura 1). Lo anterior puede deberse a que la humedad no supero el 13%, aunque algunos autores mencionan que la biomasa para generación de energía debe ser igual o menor al 10% y que los poderes caloríficos de las biomásas pueden ser de al menos 18 MJ.kg⁻¹ para su viabilidad como productos bioenergéticos (Soh, 2016; Quintero et al., 2017).

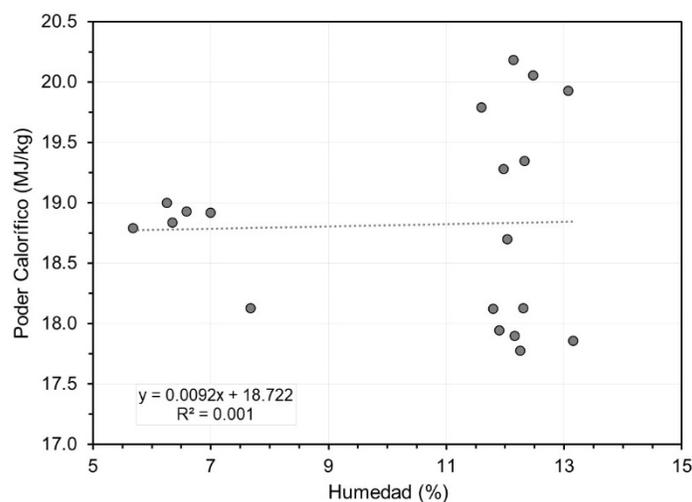


Figura 1. Correlación de poder calorífico vs humedad.

CONCLUSIONES

El valor de poder calorífico de los diferentes residuos presentó diferencias significativas, siendo el más alto el de la cascarilla del fruto de la palma de aceite con 19.61MJ/kg, resultado mayor en comparación con algunos valores reportados en la literatura; por otro lado, el contenido de humedad de las muestras no afectó los valores del poder calorífico obtenidos en este estudio. Los resultados obtenidos muestran que los residuos generados en la industria de la palma de aceite tienen un poder calorífico importante para ser utilizados en la generación de energía; sin embargo, es necesario realizar más estudios químicos y físicos para determinar

su composición total e idoneidad para la producción de energía.

BIBLIOGRAFÍA

- Castellanos N. A. (2018). Palma de aceite en tierras campesinas: la política de las transformaciones territoriales en Chiapas, México, *Revista Pueblos y fronteras digital*, 13, 1-34.
- Contreras, N.E.R., González, E.M.G., Angarita, E.E.Y., and Espinosa, J.C. (2011). Caracterización y manejo de subproductos de palma de aceite, *Boletín técnico* 30, 46.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) (2008). *Biomasa: Industria, Energía de la biomasa*, 44 p.
- Islas, J., Manzini, F., Maserá, O., and Vargas, V. (2019). *Solid Biomass to Heat and Power*. In MA, USA. 734 p.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments*. Ninth edition. Wiley, Danvers,
- Parr. (1999). 1266 Isoperibol Bomb Calorimeter. Operating Instruction Manual. Technical Note No. 367M. Parr Instrument Company. Illinois, USA.
- Popa, V.I. (2018). *Biomass for Fuels and Biomaterials*. In *Biomass as Renewable Raw Material to Obtain Bioproducts of High-Tech Value*, (Elsevier), pp. 1–37.
- Preto, F. 2011. *Biomass energy background paper*. Available from: http://yukonenergy.ca/media/site_documents/charrette/docs/papers/BIOMASS_YEC_Background_Paper.pdf.
- Quintero, L, L. A. y Torres, P. C. I. (2019). Análisis de residuos sólidos de palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energías renovables en el departamento del Cesar, *Ingenierías USBMed*, 10, 8-18.
- Ramírez, C. N.E., Silva, R. A. S., Garzón, G.E.M. and Yañez, A. E.E. (2011). Caracterización y manejo de subproductos del beneficio del fruto de palma de aceite, *Boletín técnico* 30, 46.
- SAS Institute Inc. 2011. *SAS/ETS® 9.3 User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Scarlat, N., and Dallemand, J.-F. (2019). Future Role of Bioenergy. In *the role of bioenergy in the bioeconomy*, (Elsevier), pp. 435–547.

- SIAP (2018). Palma africana o de aceite en México: cultivo tropical aceitero, blog del SIAP-SAGARPA.
<https://www.inforural.com.mx/palma-africana-o-de-aceite-en-mexico-cultivo-tropical-aceitero/>
- Sierra Márquez, J., Sierra Márquez, L., and Olivero-Verbel, J. (2017). Potencial económico de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq). Mesoam. Agron. 28, 523.
- Soh, L. (2016). Biocombustibles de segunda generación de la biomasa de palma de aceite, Revista Palmas, 37(Especial Tomo II), pp. 137-148.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). (2006). Preparation of wood for chemical analysis. T 257 cm-85. TAPPI Test Methods. Fibrous Materials and Pulp Testing. Atlanta, GA., U.S.A.
- The Role of Bioenergy in the Emerging Bioeconomy: Resources, Technologies, Sustainability and Policy, (Elsevier), pp. 145–177.
- Loh, S.K. (2017). The potential of the Malaysian oil palm biomass as a renewable energy source. Energy Conversion and Management 141, 285–298.
- Whittaker, C. (2018). Production of Wood Pellets from Waste Wood. In Greenhouse Gases Balances of Bioenergy Systems, (Elsevier), pp. 181–191.