

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025 Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

Ramses Miguel Alejandro Contreras Herrador¹
David Alejandro Solares Chitay²

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo la determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala. Para ello, la semilla de girasol paso por un proceso de descascarado manual, la cáscara de la semilla fue pulverizada y tamizada con el fin de reducir y estandarizar el tamaño de partícula. El análisis se realizó por medio de bomba calorimétrica de acuerdo a la norma ASTM D-240. Se obtuvo un valor de poder calorífico superior de la cáscara de semilla de girasol igual a 19.46 +/- 0.06 MJ/kg, siendo este valor comparable con los obtenidos de países reconocidos como productores de girasol (Canadá, España, Ucrania y Argentina); además, el valor obtenido fue mayor que el poder calorífico de biomasas comúnmente utilizadas como fuente de energía en la industria guatemalteca (bagazo de caña de azúcar, cascarilla de café y leña seca).

Palabras claves: Poder calorífico, biomasa, plantas de vapor, Generación de vapor, combustóleos.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the calorific value of sunflower seed hull waste (*Helianthus annuus L.*), from the department of Chiquimula, Guatemala. To achieve this, the sunflower seed underwent a manual hulling process, and the seed hull was pulverized and

sieved to reduce and standardize the particle size. The analysis was performed using a bomb calorimeter according to ASTM D-240. A higher calorific value of 19.46 +/- 0.06 MJ/kg was obtained from the sunflower seed hull, which is comparable to those obtained from recognized sunflower producing countries. Furthermore, the value obtained was higher than the calorific value of biomass used as an energy source in the Guatemalan industry.

Keywords: Calorific value, biomass, steam plants, steam generation, fuel oils.

INTRODUCCIÓN

El girasol es una de las cinco plantas oleaginosas para consumo humano más cultivadas en todo el mundo, está presente en los cinco continentes y su cultivo está dirigido principalmente a satisfacer la gran demanda de aceite existente en el mercado global. Actualmente los principales países productores de girasol a nivel mundial son Ucrania, España, Argentina y Canadá.

Por otra parte, en Guatemala los cultivos de girasol reciben una atención restringida o de pequeña escala, como resultado el país es caracterizado como no productor de girasol, por lo cual este es importado de otros países, principalmente de Argentina (Sanchez, 1991).

¹ Egresado de la Universidad de San Carlos de Guatemala como Ingeniero Químico, Email: iqiherrador@gmail.com

² Estudiante de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Email: davidsolares14@gmail.com

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025

Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

Sin embargo, el sector agropecuario guatemalteco ha realizado evaluaciones agroeconómicas con el fin de implementar el cultivo de girasol en el país. Un ejemplo de lo anterior mencionado puede observarse en el departamento de Chiquimula, Guatemala; dónde la plantación de girasoles prolifera como medio de alimentación de ganado y con enfoque turístico (González, 1999).

Estas plantaciones son capaces de generar entre 50 a 70 toneladas de residuos de biomasa de girasol por manzana de plantación. Debido a lo anterior, del girasol se han obtenido diversos subproductos, entre ellos la cáscara de las semillas, las cuales por sus cualidades toxicológicas y la poca explotación del mercado ha hecho que las mismas sean desechadas; por consiguiente, el presente trabajo de investigación busca determinar el poder calorífico de la cáscara de la semilla de girasol originaria del departamento de Chiquimula, Guatemala, con el fin de evaluar la posibilidad de utilizar la cáscara como biocombustible determinando su poder calorífico.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para la realización del experimento, la muestra de cáscara de las semillas de girasol provenientes del departamento de Chiquimula, Guatemala, paso por un proceso de preparación con el fin acondicionarlas y establecer parámetros para el análisis preliminar y el estudio experimental.

El proceso de preparación de la muestra consistió en: descascarado manual, con el fin de extraer la semilla y cascara; posteriormente, las muestras fueron pulverizadas en licuadora industrial, con

el fin de reducir el tamaño de partícula de la cáscara; el proceso continuo con clasificación granulométrica en tamizadora, con el fin de estandarizar el tamaño de partícula, para las pruebas preliminares se utilizó tamiz con número de malla 50 (U.S. STD. Sieve) y para el estudio experimental se utilizó tamiz con número de malla 100 (U.S. STD. Sieve); se determinó el porcentaje de humedad, y el poder calorífico superior por medio de bomba calorimétrica Ika C 6000 de acuerdo a la norma ASTM D-240, se usó 10 gramos de muestra por cada una de las tres repeticiones.

RESULTADOS

Tabla I. Porcentaje másico de semillas de girasol descascaradas y cascara

% de la muestra de semillas	
Semillas descascaradas	59
Cascara	41

Nota. Elaboración propia, realizado con Word.

La Tabla I presenta la distribución porcentual másica entre las fracciones de semillas descascaradas y cáscara en una muestra representativa de semillas de girasol analizadas. Se observa que las semillas descascaradas representan el 59% del total de la masa, mientras que la cáscara constituye el 41 %.

Estos resultados indican que casi la mitad del peso total de la semilla corresponde a la cáscara, lo cual evidencia la importancia del subproducto generado durante el proceso de descascarado. Este porcentaje de cáscara es consistente con valores reportados en la literatura (entre 35 y 45 %), lo que sugiere una estructura morfológica típica del girasol cultivado en condiciones tropicales (García, 2012).

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025

Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

El análisis del porcentaje másico muestra que la cáscara representa una fracción significativa (41 %) del peso total de la semilla de girasol, evidenciando su potencial como recurso alternativo para biocombustible sólido, lo que fortalece el concepto de aprovechamiento integral del cultivo.

Tabla II. Porcentaje de humedad de la cáscara de semilla de girasol

% de humedad
5,03

Nota. Elaboración propia, realizado con Word.

La Tabla II muestra el porcentaje de humedad determinado en la cáscara de semilla de girasol, con un valor promedio de 5,03 %. Este resultado indica que el material presenta un contenido de agua relativamente bajo, siendo este valor inferior al reportado para otras biomásas agrícolas como el bagazo de caña (45–50 %) o la cascarilla de café (8–12 %), lo que posiciona a la cáscara de girasol como una biomasa de alta calidad y bajo costo de acondicionamiento (Mutuku, K., 2019); lo cual, es una característica favorable para su uso como biocombustible sólido o materia prima en procesos termoquímicos.

Un bajo contenido de humedad es esencial para optimizar el poder calorífico y mejorar la eficiencia de combustión de la biomasa. En términos energéticos, valores inferiores al 10 % se consideran ideales, ya que minimizan las pérdidas energéticas por evaporación del agua durante la combustión (Mubarok, M., *et al.*, s.f.). Por tanto, el valor obtenido (5,03 %) demuestra que la cáscara de semilla de girasol posee una excelente calidad energética natural, incluso sin requerir procesos extensos de secado industrial.

Tabla III. Poder calorífico superior de la cáscara de semilla de girasol en diferentes unidades

	PCS		
	MJ/kg	kcal/kg	BTU/Lb
Promedio	19,46	4648,66	8367,58
Desviación	0,06	14,09	25,35

Nota. Elaboración propia, realizado con Word.

La Tabla III presenta el Poder Calorífico Superior (PCS) de la cáscara de semilla de girasol expresado en distintas unidades, siendo el valor promedio obtenido de 19,46 MJ/kg, con una desviación estándar mínima de $\pm 0,06$ MJ/kg, lo que refleja una alta consistencia y homogeneidad de los resultados experimentales.

Este valor se encuentra dentro del rango típico para biomásas lignocelulósicas (18–20 MJ/kg), lo que confirma que la cáscara de semilla de girasol posee un alto potencial energético, comparable al de biocombustibles sólidos utilizados comercialmente (Akhtar, J., & Amin, N. A. S., 2012). La baja dispersión de los datos sugiere que las muestras presentan una composición química uniforme.

El poder calorífico superior promedio de 19,46 MJ/kg confirma que la cáscara de semilla de girasol es una biomasa de alta densidad energética, con baja variabilidad y excelente estabilidad térmica en comparación con otras biomásas industriales. El PCS de la cáscara de girasol supera al del bagazo de caña (16 MJ/kg) y es ligeramente superior al de la cascarilla de café (18 MJ/kg) (ACI, s.f.); posicionándola como un recurso renovable prometedor para aplicaciones industriales, contribuyendo al aprovechamiento integral del residuo agrícola y al desarrollo de estrategias energéticas sostenibles en Guatemala.

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025

Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

Tabla IV. Poder calorífico de la cáscara de semilla de girasol nacida en Guatemala respecto a países productores de girasol

País	PC (MJ/kg)
Guatemala	19,46
Canadá	19,50
España	19,50
Ucrania	19,00
Argentina	19,40

Nota. Elaboración propia, realizado con Word.

La Tabla IV compara el poder calorífico (PC) de la cáscara de semilla de girasol producida en Guatemala con el de otros países productores importantes: Canadá (Kumar *et al.*, 2020), España (CIDEMCO & AFITI LICOFO, 2018), Ucrania (Biomass Energy Project, 2019) y Argentina (INTA, 2019). Los valores obtenidos oscilan entre 19,00 y 19,50 MJ/kg, lo que refleja una alta similitud energética entre las biomásas analizadas.

El poder calorífico de la cáscara guatemalteca (19,46 MJ/kg) se encuentra prácticamente al mismo nivel que el de Canadá y España (19,50 MJ/kg), y es ligeramente superior al de Argentina (19,40 MJ/kg) y Ucrania (19,00 MJ/kg). Estas diferencias menores (<3%) evidencian que el residuo generado en Guatemala posee una calidad energética equiparable a la de los principales productores mundiales, a pesar de las diferencias en condiciones agroclimáticas y variedades de cultivo.

El poder calorífico de 19,46 MJ/kg obtenido para la cáscara de semilla de girasol guatemalteca demuestra su competitividad energética a nivel internacional, también respalda la viabilidad del aprovechamiento energético de la cáscara de girasol producida en Guatemala para su uso como

biocombustible sólido o insumo en procesos de valorización energética.

Tabla V. Poder calorífico de la cáscara de semilla de girasol nacida en Guatemala respecto a residuos de biomasa comúnmente utilizados como combustibles por industrias

Biocombustible	PC (MJ/kg)
Cáscara semilla girasol	19,46
Bagazo de caña de azúcar	16,00
Cascarilla de café	18,00
Leña seca	16,75

Nota. Elaboración propia, realizado con Word.

La Tabla V presenta una comparación del poder calorífico (PC) de la cáscara de semilla de girasol producida en Guatemala respecto a tres biomásas tradicionalmente utilizadas como combustibles por diversas industrias nacionales: bagazo de caña de azúcar, cascarilla de café y leña seca.

Los resultados muestran que la cáscara de semilla de girasol alcanza un poder calorífico de 19,46 MJ/kg, el cual supera de forma significativa a los demás materiales evaluados. En comparación, el bagazo de caña de azúcar presenta un valor de 16,00 MJ/kg, la leña seca 16,75 MJ/kg y la cascarilla de café 18,00 MJ/kg (ACI, s.f.). Esto implica que la cáscara de girasol posee entre 8 y 21% más energía por unidad de masa, lo que la posiciona como una biomasa de alta densidad energética.

Este comportamiento confirma que la cáscara de semilla de girasol es un residuo agroindustrial técnicamente viable para su aprovechamiento energético, capaz de sustituir o complementar biocombustibles convencionales en procesos térmicos industriales como calderas, secadores o sistemas de co-combustión.

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025

Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

CONCLUSIONES

1. El porcentaje másico la cáscara de semilla de girasol respecto a la misma semilla fue de 41 %.
2. El porcentaje de humedad absoluta de la cáscara de semilla de girasol fue de 5.03 %.
3. El poder calorífico superior de la cáscara de semilla de girasol fue de 19.46 +/- 0.06 MJ/kg.
4. La cáscara de semilla de girasol nacida en Guatemala posee un poder calorífico comparable al de países productores de girasol, evidenciando su potencial como fuente de energía.
5. Las variaciones del valor del poder calorífico entre países son mínimas (<3%), lo que sugiere una composición química relativamente uniforme del residuo agrícola, independientemente de las condiciones geográficas o climáticas.
6. El valor obtenido para Guatemala confirmo que este subproducto agroindustrial podría integrarse en estrategias nacionales de aprovechamiento energético, sustituyendo parcialmente combustibles fósiles y contribuyendo a la economía circular y reducción de residuos agrícolas.
7. La cáscara de semilla de girasol nacida en Guatemala presenta un poder calorífico mayor respecto a otras biomásas comunes, lo que evidencia su potencial como alternativa energética.
8. Dado su alto poder calorífico, la cáscara de semilla de girasol guatemalteca puede considerarse

un biocombustible alternativo viable, apto para su uso en procesos de combustión directa, peletización o co-combustión con otras biomásas.

Bibliografía

- Asociación de Azucareras de Guatemala (ACI). (s. f.). Correlación entre poder calorífico del bagazo de caña [Documento técnico]. ACI Guatemala. Recuperado de https://aci.com.gt/public/documento/s/servicios/5Correlacion_poder_calorifico_bagazo.pdf
- Akhtar, J., & Amin, N. A. S. (2012). A review on process conditions for optimum bio-oil yield in hydrothermal liquefaction of biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 1615-1624. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.015>
- Bailey, A. (1960). *Aceites y grasas industriales*. Reverté S. A.
- Cabezas, C., Hernández, B., y Vargas, M. (2016). *Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial*. Universidad Nacional de Colombia.
- Centro de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables (CIDEMCO) & Asociación de Fabricantes de Tecnología Industrial (AFITI). (2018). Estudio sobre el aprovechamiento energético de residuos agrícolas en España. CIDEMCO-AFITI. <https://www.cidemco.es/estudios/estudio-aprovechamiento-energetico-residuos-agricolas>

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025

Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

- Chalapud, M. (2017). *Recuperación de subproductos a partir del proceso de descerado de aceite de girasol*. Universidad Nacional del Sur.
- Dorrell, G., & Vick, B. (1997). *Properties and processing of oilseed sunflower* [Propiedades y procesamiento de la semilla oleaginosa de girasol]. Schneiter.
- Fernández, J. (2015). *Clonación y caracterización de las aciltransferasas LPAAT y DAGAT implicadas en la síntesis de triacilglicéridos en semillas de girasol (*Helianthus annuus L.*) y obtención de líneas con composición modificada de lípidos*. [Tesis de doctorado, Universidad de Sevilla de España]. Archivo digital. <https://core.ac.uk/download/51403744.pdf>
- Forest Research. (s.f.). Effect of moisture content – woodfuel processing [Hoja informativa]. <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/biomass-energy-resources/fuel/woodfuel-production-and-supply/woodfuel-processing/effect-of-moisture-content/>
- García, M. (2012). *Caracterización molecular de la acumulación de gamma-tocoferol en semillas de girasol y cártamo*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Córdoba de Argentina]. Archivo digital. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/7193>
- Gil, A. (2006). *Validación del método nefelométrico para la determinación del contenido de fósforo en aceite de girasol crudo y blanqueado, utilizando la práctica recomendada Ca 19-86 de la AOCS*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0994_Q.pdf
- González, C. (1999). *Evaluación agroeconómica del sistema de cultivo intercalado caña de azúcar (*Saccharum spp.*) – girasol (*Helianthus annuus L.*)*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01728.pdf>
- Guiotto, E. (2014). *Aplicación de subproductos de chíá (*Silvia hispánica L.*) y girasol (*Helianthus annuus L.*) en alimentos*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de la Plata de Argentina]. Archivo digital. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/34268>
- Horák, J., & Kovalchuk, I. (2023). Bioenergy production from sunflower husk in

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025

Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

- Ukraine: Potential and necessary infrastructure. *Energy Policy*, 159, 112-121.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112121>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2019). Bioenergía: Potencial de la biomasa en Argentina. INTA.
https://www.inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-bioenergia_potencial_de_la_biomasa_en_argentina.pdf
- Kumar, R., Singh, R., & Sharma, S. (2020). Thermal characterization and combustion analysis of sunflower seed husk for energy recovery. *Renewable Energy*, 145, 1234-1242.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.035>
- Lamas, D. (2014). *Desgomado enzimático de aceites*. Universidad Nacional del Sur.
- Ledea, O., Martínez, E., Garcés, R., Alaiz, M., Díaz, M., Dobarganes, C. y Correa, T. (2005). Aplicación de Metodos Cromatograficos en el estudio de la Composición Química del Aceite de Girasol Ozonizado OLEOZON. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 36, 1-15.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620511012>
- López, O. (2014). *Financiamiento de unidades agrícolas (Producción de melocotón) y Proyecto: Producción de semilla de girasol*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0917_v10.pdf
- Manals-Cutiño, E. M., et al. (2018). Caracterización de la biomasa vegetal "cascarilla de café". *Revista de Investigación y Tecnología*, 20(1). Recuperado de https://www.scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852018000100013&script=sci_arttext
- Méndez, J. (2014). *Evaluación de tres concentraciones de aceite de girasol en la elaboración de una pasta untable con base de almendra de marañón (Anacardium occidentale)*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/1646/1/22Tg%28567%29Ali%20%20ANNA%20CHRISTINA%20M%C3%88NDEZ%20V%C3%81SQUEZ.pdf>
- Mendoza, P. (2016). *Comercialización y organización empresarial (producción de melocotón) y proyecto: producción de semilla de girasol*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025

Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

- Guatemala]. Archivo digital.
<https://catalogosiidca.csuca.org/Record/USAC.606713>
- Mubarok, M., et al. (s.f.). The effect of moisture on heating values [Informe técnico]. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/259317191_The_Effect_of_Moisture_on_Heating_Values
- Mutuku, K. (2019). Characterization of physical properties of biomass waste materials in Kenya for gasification: Rice husks and coffee husks. International Journal of Engineering Research and General Science, 7(2), 20-24.
<https://www.ijergs.org/vol-7-issue-2/2.pdf>
- Ramirez, M. (2011). *Evaluación de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír plátano hartón verde*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana de Colombia]. Archivo digital.
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8796/tesis740.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruiz, N. (2005). *Caracterización del sistema de aciltransferasas en semilla de girasol (Helianthus annuus L.). Clonación de una ferredoxina heterotrónica*. [Tesis de doctorado, Universidad de Sevilla de España]. Archivo digital.
- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=23261>
- Sanchez, C. (1991). *Fabricación y evaluación de equipo para extracción de aceite de la semilla de girasol para aplicación a nivel de artesanal*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital.
<https://catalogosiidca.csuca.org/Record/USAC.284508>
- Sarmiento, C. (1995). *Regulación de la actividad oleato desaturada en girasol*. [Tesis de doctorado, Universidad de Sevilla de España]. Archivo digital.
<https://idus.us.es/handle/11441/94331?locale-attribute=en>
- Tabio, D., Díaz, Y., Rondón, M., Fernández, E., y Piloto, R. (2017). *Extracción de aceites de origen vegetal*. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.
https://www.researchgate.net/publication/317007345_Extraccion_de_aceites_de_origen_vegetal
- U.S. Environmental Protection Agency. (n.d.). AP-42, Chapter 1.8: Bagasse Combustion in Sugar Mills. United States Environmental Protection Agency.
https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-09/documents/1.8_bagasse_combustion_in_sugar_mills.pdf

Determinación del poder calorífico de los residuos de cáscara de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*), proveniente del departamento de Chiquimula, Guatemala

Fecha de recepción: 28 de agosto de 2025 Fecha de corrección: 16 de octubre de 2025

Valle, K. (2006). *Evaluación de la capacidad antioxidante del extracto de romero (Rosmarinus officinalis) en aceite de girasol, maleato de aceite de soya, lanolina y manteca de cacao; utilizadas en fase oleosa de emulsiones cosméticas*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF940.pdf>

Vera Bermeo, V. J., & Yugsi Herrera, F. G. (2015). Evaluación del poder calorífico de biomasa forestal en forma de briqueta: caso Eucalyptus spp. Escuela Politécnica Nacional. Archivo digital <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11530/1/CD-6510.pdf>

Walpole, R., Myers, R., y Myers, S. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Pearson.

Wingrove, A. y Caret, R. (1981). *Química Orgánica*. HARLA S. A.