

## Poder calorífico de la cascarilla de arroz usada como combustible en hornos de secado

*Calorific value of rice husk used as fuel in drying ovens*

<sup>a</sup> Sergio Andrés Ramón-Ramón, <sup>b</sup> Javier Alfonso Cárdenas-Gutiérrez, <sup>c</sup> Jhan Piero Rojas-Suárez

<sup>a</sup> Ingeniero Mecánico, sergioandresrra@ufps.edu.co, orcid.org/0000-0002-1310-9182,  
Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

<sup>b</sup> Magíster en Administración de Empresas con Especialidad en Dirección de Proyectos,  
Ingeniero Civil, javieralfonsoag@ufps.edu.co, orcid.org/0000-0002-9894-0177,  
Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

<sup>c</sup> Magíster en Ingeniería Civil, jhanpiero Rojas@ufps.edu.co, orcid.org/0000-0003-2682-9880,  
Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

Huila

Recibido: 2 de Enero de, 2018, Aceptado: 10 de Mayo de 2018

Forma de citar: S.A Ramón-Ramón, J.A Cárdenas-Gutiérrez, J.P Rojas-Suárez

“Alcance de las responsabilidades de las fiscalías de Venezuela y Colombia en la franja fronteriza “estudio de caso por homicidios”,  
*Mundo Fesc*, vol. 15, no. 1, pp. 63-, 2018.

### Resumen

**Antecedentes:** La cascarilla de arroz se usa como combustible en aplicaciones, tanto domésticas como industriales. Algunos estudios han demostrado que sus propiedades térmicas sustentan su uso como fuente de energía para la combustión en hornos, incluso a un nivel industrial, como sucede en empresas del sector arrocero de Cúcuta. **Objetivo:** Puntualmente, en este caso, se busca determinar el poder calorífico de la cascarilla de arroz que se usa como combustible en los hornos de secado en una de las arroceras de la región nortesantandereana y evaluar así, su eficiencia como fuente de energía térmica. **Métodos:** Para determinar la propiedad térmica en mención, se prepararon muestras de cascarilla pulverizada pasando por el proceso de cuarteo, molienda y tamizado; muestras llevadas al calorímetro. **Resultados:** Se encontró que el poder calorífico de esta cascarilla de arroz supera los 3700 cal/gr con un 0,15% de azufre. **Conclusión:** Se puede afirmar que es totalmente válido el uso de la cascarilla de arroz como fuente de energía para el proceso de secado del grano en arroceras regionales pues su poder calorífico, está incluso por encima de otras muestras estudiadas a nivel mundial.

**Palabras clave:** Cascarilla de arroz, Combustible, Poder calorífico, Porcentaje de azufre, Secado de arroz.

### Abstract

**Background:** Rice husks are used as fuel in both domestic and industrial applications. Some studies have shown that its thermal properties support its use as an energy source for combustion in ovens, even at an industrial level, as happens in companies in the rice sector of Cúcuta. **Objective:** In this case, the objective is to determine the calorific value of the rice husk used as fuel in the drying ovens in one of the rice mills in the North Andean region and thus evaluate its efficiency as a source of thermal energy. **Methods:** In order to determine the thermal property in question, samples of pulverized husk were prepared through the process of cuarteo, milling and sieving; samples were taken to the calorimeter. **Results:** It was found that the calorific value of this rice husk exceeds 3700 cal/gr with 0.15% sulfur. **Conclusion:** It can be stated that the use of rice husk as a source of energy for the drying process of the grain in regional rice mills is totally valid because its calorific value is even above other samples studied worldwide.

**Keywords:** Calorific value, Drying of rice, Fuel, Rice husk, Sulfur percentage.

Autor para correspondencia:

\*Correo electrónico: sergioandresrra@ufps.edu.co

## Introducción

El cultivo y la producción de arroz en Norte de Santander ha sido de gran importancia por su impacto económico a la región [1] incluso, con 34.755 hectáreas sembradas en entre 2015 y 2016, fue el principal cultivo en área sembrada a nivel departamental [2]. Ahora bien, tener un arroz de excelente calidad exige controlar todas las etapas del proceso de producción, desde la correcta recepción del grano en las plantas de procesamiento hasta el empaqueo del producto final en altas condiciones higiénicas. En las líneas de producción, es importante darle tratamiento a la humedad con que llega el grano a las industrias arroceras pues, según la cantidad de agua en el arroz, se pueden producir tensión mecánica en la parte interior del mismo favoreciendo la aparición de fisuras y daños en el grano [3]. Particularmente, en la Arrocera Gelvez S.A.,

se reduce humedad en el grano con un flujo de aire a alta temperatura, aire calentado con la combustión de la cascarilla del arroz que se produce allí mismo en la planta.

Para evaluar el uso de la cascarilla de arroz como combustible, es preciso conocer, particularmente, las propiedades de esta fuente de energía. Es por esto que el objetivo central en esta investigación es la determinación del poder calorífico de la cascarilla que quema la empresa cucuteña ya que, como se muestra en la figura 1, para los biocombustibles sólidos, esta es una de las principales características que determinan el índice de calidad energética [4]. Sin embargo, visualizando más allá de este objetivo, se puede hacer una comparación de la cantidad de energía que aporta la cáscara de la región con referencia a valores conocidos para otras regiones del país pues cada región puede determinar unas condiciones particulares incluso para el mismo grano.

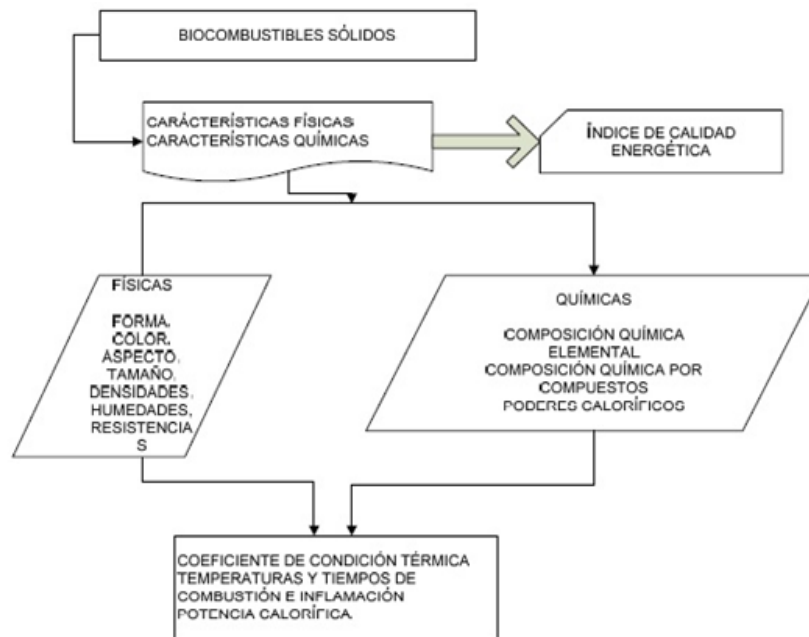


Figura 1. Características físicas y químicas de los combustibles.

Fuente: [4]

Investigaciones como esta permiten obtener el mejor provecho de los recursos en estudio y los resultados que se den, favorecen la orientación hacia procesos y tecnologías que aporten valor agregado a dichos recursos [5] sin dejar

pasar por alto la protección del medio ambiente pues actualmente, esto juega un papel muy importante en el éxito de las empresas desde el punto de vista tecnológico, financiero, ambiental y social [6].

Cabe resaltar que, desde el punto de vista energético, una de las principales características de los biocombustibles es su poder calorífico, definido como el calor desprendido por kilogramo de combustible en combustión completa a la presión constante de 1 Kg/cm<sup>2</sup>. También es importante mencionar que las pruebas de laboratorio necesarias para la caracterización de un material combustible son el análisis próximo, análisis último, análisis de las cenizas; y en el análisis próximo de la cascarilla se determina las características principales como el poder calorífico, la humedad, material volátil entre otros.

## Materiales Método

### Reparación de la muestra

La prueba de laboratorio para medir el poder calorífico se hace a una pequeña muestra de cascarilla pulverizada, cuyo proceso de preparación pasa por las etapas de cuarteo, molienda y tamizado. El cuarteo consiste en disminuir la cantidad de la muestra recolectada justo después del descascarillado hecho en la arrocera. Se toman 1,5 kg de cascarilla limpia y se colocan sobre una mesa libre de suciedad y con superficie regular en forma de pila triangular, se ejerce presión en la punta para aplanar. Dicho cúmulo de cascarilla se divide en cuatro partes iguales, de las cuales se extraen dos diagonalmente opuestas. Este proceso se repite hasta tener una cantidad cercana a los 100 gramos. Este proceso se muestra en la figura 2.



Figura 2. Preparación de la muestra para el análisis de laboratorio.

Con la muestra reducida, se procede a hacer la molienda usando un mortero de cerámica para llegar a obtener un tamaño de partículas finas o polvillo de cascarilla para tamizarse con una malla N°60. De esta manera, se debe recolectar un gramo de cascarilla pulverizada para llevarse a las pruebas de determinación del poder calorífico y porcentaje de azufre.

### Pruebas de laboratorio

Para la realización de la prueba de determinación de poder calorífico se usa un Calorímetro ISOPERIBOL-temperatura de la chaqueta constante- Marca PARR 1261, auxiliado por una bomba de combustión PARR 1108, torre de enfriamiento, manejador de agua y una impresora. La muestra de un gramo de cascarilla se coloca en un crisol de cromo-níquel para ser llevado al cabezal de la bomba de combustión. Allí se genera la ignición mediante el calor que desprende un flujo de corriente a través de un alambre de 10mm. que aporta 23 calorías a la combustión; en presencia de oxígeno a 30 atm. de presión. Mientras la muestra se consume, va aumentando la temperatura de 2000 ml. de agua destilada que permanece en un balde de aluminio, que es agitada permanentemente y rodea la bomba de combustión. El calorímetro va registrando el incremento en la temperatura, de la cantidad de agua conocida, que va desde los 25°C hasta valores cercanos a los 35°C. Es en este punto donde la temperatura se estabiliza, y es en dicho momento, el equipo da una aproximación de la energía aportada en la combustión de la muestra para elevar la temperatura del fluido que corresponde al poder calorífico preliminar de la materia en estudio.

Una vez finalizada la quema de la muestra analizada se abre la bomba de combustión y se mide el sobrante del alambre de ignición para verificar cuánto calor fue aportado por este, según una tabla que relaciona la longitud del hilo con la cantidad de calorías contenidas. También, se liberan la presión y los gases de la bomba de combustión (dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, óxido de azufre SO<sub>2</sub>, nitrógeno N<sub>2</sub> y oxígeno O<sub>2</sub>).

Se lava el interior de la bomba de combustión con agua destilada hasta tener 100 ml a los cuales se les agrega 2.0 ml de ácido sulfúrico con el fin de que el equipo detecte una cantidad mínima de azufre, siendo despreciada esta en los cálculos. Esta mezcla se lleva a un agitador magnético y se empieza a hacer una valoración ácido-base buscando llegar a un punto de neutralización, donde se adicionan 100 ml de metanol con el fin de precipitar el ion sulfato.

Transcurrida la serie de pasos anteriores, el equipo pide la identificación de la muestra respecto al análisis de poder calorífico y finalmente se arroja el valor del porcentaje de azufre en la muestra y se corrige el poder calorífico preliminar teniéndose el poder calorífico definitivo o corregido.

## Resultados y Análisis

Los resultados que se obtuvieron tras la realización de la prueba, en la cual se consumió un gramo de cascarilla molida al tamaño de tamiz N° 60 se muestran en la tabla I

Tabla I. Resultados del ensayo

LABORATORIO DE CARBONES		
PRUEBA	1096	
RESULTADOS		
PODER CALORIFICO	MJ/kg	cal/g
	15,64	3736
PORCENTAJE DE AZUFRE	0.15%	

Toda medición consiste en la comparación de una magnitud con un patrón o un valor estipulado. En este caso, se compara el poder calorífico y el porcentaje de azufre de la muestra en pruebas hechas por Universidades de California, Canadá, China y la Universidad de Ibagué, tomando como fuente el análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la Cascarilla de arroz [7]. La comparación de los valores se muestra en la tabla II.

Tabla II. Comparación del poder calorífico de la cascarilla de arroz.

	Origen de la Muestra analizada								
	canadá				California		china	ibague	Cúcuta
	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V1	V1	V1
Poder Calorífico (MJ/kg)	14,22	13,24	13,4	14,12			13,4	13,18	15,64

Se puede ver cómo el poder calorífico de la muestra de la arrocería nortesantandereana está por encima de los demás valores categorizándola como una cascarilla de excelentes propiedades térmicas en cuanto al aporte de energía en la combustión, siendo este un parámetro de suma importancia al momento de buscar alternativas eficaces ante la necesidad de reemplazar los combustibles fósiles.

Se puede decir que la fracción de azufre está por encima de las demás muestras, significando esto una combustión con reducción de su eficiencia y emisiones considerables de óxidos de azufre.

## Conclusiones

Es importante el acercamiento entre los centros del saber y los centros de producción industrial de su entorno pues esto constituye, entre otras cosas, una mejora en los procesos de producción, se genera nuevo conocimiento, y en los educandos, se afianzan los procesos de aprendizaje y favorece indirectamente, la permanencia de los estudiantes en sus programas académicos según el grado de satisfacción con las materias cursadas [8], [9]. En este caso, esta investigación permite la contextualización de las teorías de la transferencia de calor y de la termodinámica a través de una práctica en concreto, aspecto de gran importancia pues algunas investigaciones han encontrado que los estudiantes universitarios tienen dificultades en la comprensión de los conceptos de calor y temperatura y su interpretación numérica y relación matemática [10],[11]; sin desconocer que los docentes deben orientar la búsqueda del equilibrio entre los componentes teóricos y prácticos [12].

La ejecución de la prueba de poder calorífico se debe hacer una preparación previa de muestreo y cuarteo de una cantidad dada de cascarilla. Se debe tomar el producto en las condiciones inmediatamente anteriores a su combustión y

efectuarle un cuarteo manual con el fin de reducir la cantidad de cascarilla a una porción baja, para entrar a la etapa de molienda.

La prueba de determinación del poder calorífico hecha en el laboratorio de carbones de la Universidad Francisco de Paula Santander arrojó como resultado un valor de 15,64 MJ/kg, valor que está por encima de muestras analizadas en la Universidad de Ibagué y por otras universidades extranjeras posicionando la calidad energética de la cascarilla de arroz de la región nortesantandereana en un alto rango.

El porcentaje de azufre de la muestra probada está por encima de los rangos dados por pruebas hechas en otras universidades nacionales e internacionales. Además, la presencia de azufre repercute en la producción de óxidos contaminantes emitidos por la combustión [13].

### Agradecimientos

Al laboratorio de carbones de la UFPS y a la arrocera Gelvez S.A. por los aportes al desarrollo de esta investigación.

### Referencias

- [1] M.T. Santos-Torres, M.T. Santos-Torres y D. Cárdenas-Caro, “Aislamiento e identificación de microorganismos con potencial biofertilizante de suelos arroceros del distrito de riego del Río Zulia, Norte de Santander”, *Respuestas*, vol. 11, no. 2, pp. 5-13, 2016.
- [2] “Norte de Santander – Principales cultivos por área sembrada en 2016”, Agronet, Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [En línea]. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/Documents/NORTE%20DE%20SANTANDER2016.pdf> [Accedido: 23-feb-2018]
- [3] A.J. Morales-Quirós, “Dispersión del contenido de humedad del grano de arroz evaluada con el medidor Kett PQ510 y su relación con la eficiencia del secado en la industria arrocera”, trabajo de fin de grado, Universidad de Costa Rica, 2013.
- [4] M. Camps y F. Marcos, *Los biocombustibles: energías renovables*, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2008.
- [5] L. Cely y R. Bolívar, “Materia prima para la industria cerámica de Norte de Santander. II. Evaluación del comportamiento térmico y su incidencia en las propiedades tecnológicas”, *Respuestas*, vol. 20, no. 1, pp. 84-94, 2015.
- [6] R. Monroy, B. Ramón y Y.A. Romero, “Efecto de la concentración de silicato de sodio y ácido fosfórico en la reducción de la temperatura de cocción de las baldosas cerámicas”, *Respuestas*, vol. 19, no. 2, pp. 25-31, 2014.
- [7] A. Valverde, B. Sarria, J.P. Monteagudo, “Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz”, *Scientia et Technica*, vol. 1, no. 37, pp. 255-260, 2007.
- [8] M. Vergel-Ortega, J.J. Martínez-Lozano y E. Ibagüen-Mondragón, “Modelos estimados de análisis de supervivencia para el tiempo de permanencia de los estudiantes de la Universidad Francisco de Paula Santander”, *Respuestas*, vol. 21, no. 2, pp. 24-36, 2016.
- [9] D. Rivera y M. Ruiz, “Satisfacción de los Estudiantes que Actualmente Cursa Electivas en Bienestar Institucional FESC”, *Mundo FESC*, vol. 5, no. 9, pp. 79-94, 2015.
- [10] E. Rúa, A. Barrera y N.M. Moreno, “Aprendizaje interactivo de termodinámica de fluidos apoyado en las tecnologías de la información y comunicación”, *Respuestas*, vol. 19, no. 2, pp. 41-50, 2014.
- [11] C.A. Hernández, L.A. Jaimes y R.F. Chaves, “Modelos de aplicación de ecuaciones diferenciales de primer orden con Geogebra: actividades para resolver problemas de mezclas”, *Mundo Fesc*, no. 11, pp. 7-15, 2016.
- [12] J.I. Monsalvey E.J. Barrientos, “Formación para la gerencia del docente en la promoción y desarrollo de una cultura ambientalista”, *Mundo Fesc*, no. 13, pp. 98-105, 2017.
- [13] D. Quinceno y M. Mosquera, “Alternativas tecnológicas para el uso de la cascarilla de arroz como combustible”, trabajo de fin de grado, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2010.