

Comparación del poder calorífico de la fibra de coco con la madera del algarrobo (*Prosopis pallida*)

Comparative study on the heating power of coconut fiber and carob (*Prosopis pallida*)



DOI: <https://doi.org/10.5377/entorno.v1i72.13234>

URI: <http://hdl.handle.net/11298/1234>

Ronald Omar Estela-Urbina
Universidad Nacional Intercultural "Fabiola Salazar Leguía" de Bagua-Perú
Correo electrónico: oestela@unibagua.edu.pe
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5240-1242>

Elisa Contreras-Barsallo
Institución Educativa "Tupac Amaru" de Chiriaco-Amazonas-Perú
Correo electrónico: elisacontbar@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0278-7252>

Yajaira Lizeth Carrasco-Vega
Universidad Nacional de Barranca-Perú
Correo electrónico: ycarrasco@unab.edu.pe
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4337-6684>

Carlos Enrique García-Soto
Universidad Nacional de Barranca-Perú
Correo electrónico: cgarcias@unab.edu.pe
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0826-2449>

Nil Edinson Mendoza-Virhuez
Universidad Nacional de Barranca-Perú
Correo electrónico: nmendoza@unab.edu.pe
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1690-4891>

Daniel Jesús Castro-Vargas
Universidad Nacional Autónoma de Chota-Perú
Correo electrónico: djcastrov@unach.edu.pe
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0618-6013>

Recibido: 7 de mayo 2021

Aceptado: 16 de julio 2021

Resumen

El Perú es un país diverso y pluricultural. Según el Ministerio del Ambiente, el 60 % del territorio nacional está cubierto por bosques (cuya extensión estimada es de 2.242.493 hectáreas). Ubicándonos como el segundo país de América Latina con mayor extensión de bosques tropicales, después de Brasil. Sin embargo, la tala indiscriminada de árboles trae como consecuencia la desaparición de variedad

Abstract

Peru is a multicultural and diverse country. According to the Ministry of the Environment, 60% of the national territory is covered by forests (which estimated extension is 2.242.493 hectares). It is the second Latin American country with the largest extension in rainforests, followed by Brazil. However, the indiscriminate felling of trees has brought the extinction of a variety of flora and fauna as a

de flora y fauna, produciéndose un desequilibrio ecológico. El algarrobo (*Prosopis pallida*) crece en los bosques secos de la zona norcostera de Perú; de él se extraen sus frutos, hojas, ramas y troncos para diversas actividades y el comercio; es decir, tiene una gran demanda en el mercado. Sin embargo, su tala indiscriminada lo ubica en el nivel de peligro de extinción, por ello es importante tener conciencia de su preservación y la utilización responsable de cada uno de sus componentes. El objetivo de la investigación es comparar numéricamente el poder calorífico del algarrobo y de la fibra de coco. En la metodología, el diseño utilizado en esta investigación es cualitativo-interpretativo, de tipo documental, para lo cual fue menester establecer herramientas para la revisión y el análisis de información. Se revisó información académica de tipo artículos científicos, tesis de Ingeniería, así como diario de circulación nacional en el Perú, a través de medios digitales. Se identificaron alrededor de 50 artículos, sin embargo, fueron analizados solo 24 por su pertinencia directa con la temática tratada. En cuanto a los resultados, se obtuvo el poder calorífico de la fibra del coco (4024.8 kcal/kg), así también de la leña de algarrobo (4618 kcal/kg). De la misma forma, se obtuvieron valores referenciales de algunos materiales en forma de briquetas resultados de acuerdo con la norma ASTM METHOD D-2015-66. Como conclusión, se evidencia que existe una superioridad energética, en un 12 %, del algarrobo frente a la fibra de coco, significando ello que se podría utilizar la fibra de coco como combustible alternativo y sostenible para evitar la deforestación del algarrobo.

Palabras clave

Madera como combustible. Briquetas (combustibles). Energía biomásica. Productos de la madera. Cocos - Industrias. Algarrobo - Industrias.

consequence, all of which has produced an ecological unbalance. The carob tree (*Prosopis pallida*) grows in the dry forests of the northern coast of Peru. Its fruits, leaves, branches and logs are extracted to be used in different activities and commerce; this is to say that it has a great market demand. Nonetheless, its indiscriminate felling is turning it into an endangered species. This is why it is relevant to be aware of its preservation and the responsible use of each of its elements. The objective of this research is to numerically compare the heating power of the carob tree and the coconut fiber. The methodology of this study used a qualitative-interpretative design of documentary type; in order to do so, it was necessary to select the tools to be used for the revision and analysis of the data to be collected. Academic information was revised, taking into account scientific articles, graduation works in engineering, and the online version of the national newspaper in Peru. Around 50 articles were identified; however, only 24 were analyzed given their suitability to the topic being addressed in this study. The results showed the heating power of the coconut fiber (4024.8 kcal/kg), and that of the carob (4618 kcal/kg). In like manner, the referential values of certain materials in the form of briquettes were obtained, as established by the standards given by the ASTM METHOD D-2015-66. In conclusion, there is evidence of a higher heating power in the carob, by 12%, in comparison to the coconut fiber; this means that the coconut fiber could be used as an alternative sustainable fuel thus avoiding the deforestation of carobs.

Keywords

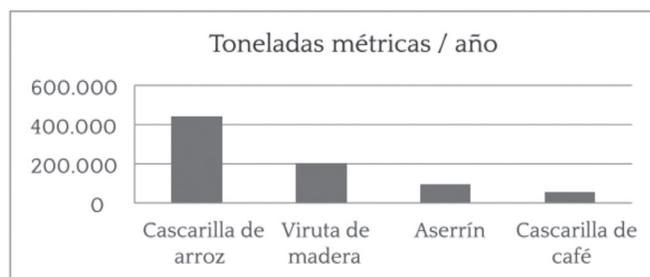
Wood as fuel. Briquettes (fuels). Biomass energy. Carob - Industries. Carob - Industries. Wood products.

Introducción

Principales residuos de biomasa en el Perú

En el territorio peruano, las empresas dedicadas al rubro agroindustrial, como son las granjas y las procesadoras de madera, constituyen un considerable aporte de residuos de biomasa secundaria, las cuales cada año generan un promedio de 11.6 millones de tm, conformadas primordialmente por 440.000 tm de cascarilla de arroz, 90.000 tm de aserrín, 200.000 tm de viruta de madera y 55.000 tm de cascarilla de café. Los mencionados residuos, actualmente no forman parte de otros procesos industriales o domésticos. (Hurtado Renfigo, 2016).

Figura 1. Generación de residuos agrícolas en el Perú al 2015 (Hurtado Renfigo, 2016)



El algarrobo patrimonio cultural

El algarrobo (*Prosopis pallida*) crece en la zona norte del Perú, a lo largo de la costa: La Libertad, Lambayeque, Piura y Tumbes, constituyendo una de las especies vegetales fundamentales en el ecosistema y el movimiento económico local. No obstante, el cambio climático que vivimos, la deforestación, así como los cambios constantes en el uso del suelo han propiciado una alteración en la conformación no solo del paisaje, sino también de la biodiversidad y la aparición de nuevos recursos. La continua disminución de los bosques secos de algarrobo está trayendo resultados negativos a comunidades del norte peruano, acentuando esta realidad en Lambayeque, donde el quehacer económico está ligado mayoritariamente a la extracción de los recursos forestales, lo que representa

una pérdida ecológica y socioeconómica que va en desmedro de los ingresos económicos. (Cuentas Romero, 2015).

La deforestación repercute en el incremento del nivel del mar y en la subsecuente salinización de suelos, pues el algarrobo es una especie que consume aguas subterráneas en épocas de sequía. Esto debido al alcance y la longitud de sus raíces, las cuales llegan a alcanzar la napa freática. Los acuíferos se encuentran en la zona norcostera de Lambayeque entre 50 y 100 m de profundidad, y estos se recargan por las lluvias de los Andes, captando un cierto porcentaje de estas, mientras que el resto se va al mar. (Cuentas Romero y Salazar Toledo, 2017).

Figura 2. El algarrobo en los bosques secos del Perú (Cuentas Romero, 2015)



Demanda del algarrobo en el sector de la gastronomía

El algarrobo es una especie muy codiciada por la calidad de su leña y la posterior producción ilegal de su carbón. Asimismo, incrementa su demanda en el sector gastronómico, particularmente en las pollerías. Este hecho representa un impacto ambiental negativo, puesto que el algarrobo ha sido declarado una especie en peligro. (De la Punte, 2015). Esta realidad se difunde por crónicas registradas en diarios de circulación nacional, en los que se estima que, al mes, en el Perú

se vende un promedio de 6 millones de pollos a la brasa (*Diario El Correo*, 2012).

El consumo de pollo a la brasa no se ha quedado estancado. En los últimos años al parecer el emprendimiento peruano, y en particular el limeño, no solo se restringe al consumo de este plato, sino a la comercialización. (Aguayo Flores, Torres Takeshita, Uribe Galindo y Valdivia Paredes, 2019). Una entrevista realizada por el medio de comunicación *Andina* al past presidente del comité de franquicias de la Cámara de Comercio, Miguel Castillo, resaltó que la producción mensual de pollos es de 55 millones, y una parte considerable (12 millones) está destinada a la producción de pollo a la brasa. De este total, el 60 % son destinados a Lima, 25 % al norte y 15 % al sur. (Tarqui, 2018).

Conforme a una investigación ejecutada en el Perú por Euromonitor, en el 40 % del universo de los establecimientos de comida rápida (*fast food*) el pollo a la brasa genera operaciones de 2.137 millones de dólares americanos al año. Norky's lidera con una hegemonía del 12 %; en cambio, Roky's tiene el 8,3 %, KFC el 7 %; Popeye's está en cuarto lugar, y en quinto, Pardos Chicken (Perú Retail, 2019).

El coco: Prometedora actividad económica

El coco es un producto que puede contener en promedio 250 ml de líquido, también posee una masa, en promedio, de 2.5 kg, y un perímetro de 30 cm, aproximadamente. Este fruto es una especie fresca tropical; contribuye a una conservación de la buena salud por tener niveles altos de hierro y potasio. Además su utilidad no solo se da en la bebida, sino en la gastronomía e industria cosmética, etc. (Noli Alva y Chamorro Chávez, 2019).

Tabla 1. Producción de coco por departamentos (Toneladas)

Departamento	Producción
San Martín	14.476.00
Loreto	8.742.00
Ucayali	4.811.00
Piura	1.537.00
Huánuco	1.402.00
Junín	415.00
Madre de Dios	390.00
Ayacucho	143.00
Tumbes	140.00
Cajamarca	90.00
Lambayeque	54.00

Fuente: MINAGRI-Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú (2014).

El aceite de coco se extrae mediante procesos mecánicos, estos actúan sobre la pulpa liberando un líquido que posee un 90 % de ácidos grasos. Tal concentración hace posible que retarde su proceso de oxidación, por lo que puede durar hasta 6 meses a temperatura ambiente. Esta propiedad físico-química hace del coco un producto muy útil para la salud y belleza. (Medina Loya y Nina Arias, 2019).

Figura 3. El coco (*cocos nucifera*)



Actualmente, en el departamento de San Martín, en el distrito de Pucacaca se procesan diariamente aproximadamente 25.000 cocos. En este proceso de transformación del coco, se utiliza la pulpa para su futura industrialización y el residuo del producto es desechado, como la fibra y el endocarpio (Pucacacaperuforest, 2012).

Poder calorífico (PCS-PCI)

El poder calorífico está definido como la cantidad de calor liberada en un kilogramo, o en un metro cúbico de material combustible, cuando este se quema completamente en condiciones físicas de presión constante de 101 kPa y 25 °C de temperatura. El poder calorífico es el valor absoluto de la entalpía.

Poder calorífico superior (PCS) se entiende como el resultado del proceso de combustión en forma líquida; a diferencia del poder calorífico inferior (PCI), que es cuando el producto está en forma de vapor. (Arroyo-Vinueza y Reina-Guzmán, 2016).

Tabla 2. Poder calorífico de algunos combustibles en base seca

Combustible	Poder calorífico (MJ/kg)
Carbón antracítico	33.7
Carbón bituminoso	33.7
Carbón vegetal	29.0
Cascarilla de arroz	15.0
Leña (aserrín)	20.0
Petróleo	45.0

Fuente: Hurtado Renfigo, 2016.

Material y métodos

El diseño utilizado en esta investigación es cualitativo-interpretativo, de tipo documental, para lo cual fue necesario establecer herramientas para la revisión y apropiación de la información. (Barrero y Rosero, 2018). Se revisó información académica de tipo artículos científicos, tesis de Ingeniería, diarios de circulación nacional en el Perú, a través de medios digitales. Se identificaron alrededor de 50 artículos, sin embargo, solo se analizaron 24 por su pertinencia directa con la temática tratada. (Montesinos-López y Hernández-Suárez, 2007).

Se aplicó un registro documentario, por medio del cual se discriminaron las referencias analizadas, tomando en cuenta el título, la clase, objetivo, el ámbito, método, los resultados y las conclusiones de acuerdo con la matriz (tabla 3), donde se enlistaban los documentos analizados según las categorías consideradas con la finalidad de establecer la pertinencia temática. (Barrero y Rosero, 2018).

Resultados

Carbón de biomasa frente al carbón de leña

Para optimizar el rendimiento energético, es menester transformar la biomasa de tal forma que facilite el transporte y su almacenaje. Muy regularmente, la biomasa es convertida en otros derivados, tales como carbón vegetal, briquetas, gas, etanol y electricidad. Las técnicas de conversión suelen ser desde procesos bastante rudimentarios hasta los más sofisticados, tal es el caso de la producción de carbón vegetal en hornos cubiertos de tierra. (Ruiz Ruiz, 2017).

Tabla 3. Registro documentario de referencias analizadas

Título	Clase	Objetivo	Ámbito	Método	Resultados	Conclusiones
Carbón de coco hecho a base de biomasas	Tesis de grado	Determinar el consumo de leña y carbón vegetal como combustible para la preparación de alimentos en el Perú, además de un análisis de trazabilidad de la materia prima, está la deforestación y degradación de los bosques en el Perú.	Perú	Cuantitativo	Se realizaron encuestas y entrevistas a profundidad para determinar el volumen ecológica y novedosa, de consumo del carbón. escalable a nivel nacional.	El carbón de coco hecho a base de biomasas que presenta una propuesta ecológica y novedosa, escalable a nivel nacional.
Aprovechamiento del recurso biomasa de los desechos de madera para una caldera de vapor	Artículo científico	Describir el potencial energético de la biomasa residual que proviene de la madera al ser utilizado en una caldera de vapor como combustible sustitutivo; esto con el fin de proporcionar una alternativa de energía limpia diferente a la actual dependencia del petróleo usado en estos dispositivos.	Ecuador	Cuantitativo	Se determinó de los desechos de madera y sus diferentes formas de presentación, sus propiedades físicas y energéticas; tales como el poder calorífico, valor de acuerdo con el contenido de humedad de cada muestra de biomasa, y la equivalencia de peso de los combustibles fósiles utilizados actualmente por las calderas de vapor	Los poderes caloríficos de cada tipo de biomasa existente en los aserraderos, depende del almacenamiento que se da, puesto que de ahí deriva la cantidad de energía en función de la humedad. De preferencia la biomasa con un 10 % de humedad es óptima para su aprovechamiento energético.

<p>Caracterización del gas de síntesis obtenido a partir de algarrobo y bagazo de caña</p>	<p>La estructura del trabajo consistió en valorar la mejor forma de obtener el gas y luego caracterizarlo.</p>	<p>Colombia</p>	<p>Cuantitativo</p>	<p>Se determinó la eficiencia del proceso y del equipo mediante los balances de masa y energía. Se obtuvo un poder calorífico superior de 4 MJ/Nm³, mostrando su potencial como combustible en motores de combustión interna.</p>	<p>Se concluye que la madera presenta la mejor eficiencia del 77% en comparación al 71% y 70% del bagazo y del carbón respectivamente.</p>
<p>El uso del espacio natural para el desarrollo del territorio: bosques secos de algarrobo para las comunidades rurales en Lambayeque</p>	<p>de valorizar y económicamente los bosques secos de algarrobo para las comunidades rurales en Lambayeque</p>	<p>Perú</p>	<p>Cualitativo</p>	<p>Los bosques secos de Lambayeque se están deteriorando por la intensa deforestación, invasiones y los cambios agresivos de uso del suelo.</p>	<p>Se identifica que hay conocimiento de formas sostenibles de generar rentabilidad evitando actividades de degradación como la deforestación. Además, con el apoyo de los mapas de distribución de los bosques en contraste con los de cambios de la vegetación en el tiempo, se identifican aportes a las medidas de manejo y gestión de bosques, algunos basados en proyectos nacionales e internacionales, que apuntan al desarrollo económico y sostenible de las comunidades rurales.</p>

<p>Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín</p>	<p>Tesis grado</p>	<p>de</p>	<p>Establecer el proceso de fabricación de briquetas a partir de aserrín, realizar un diseño del layout de la planta piloto requerido para dicho proceso.</p>	<p>Perú</p>	<p>Cuantitativo</p>	<p>La tala ilegal de algarrobo, el interés por aumentar las alternativas de combustión a través de los biocombustibles y el gran volumen de desechos maderables (aserrín) producidos por Maderera del Norte han sido los factores indicados para que el gerente de la empresa ideara la forma de mejorar su competitividad, productividad y rentabilidad a través de la elaboración de briquetas de aserrín</p>	<p>Las briquetas de aserrín son un biocombustible 100% ecológico, que brinda energía calorífica al quemarse y que se obtiene de la compactación de los residuos maderables tales como aserrín, trozos de madera, viruta y astillas. Estos residuos se obtienen de la industria maderera que trabaja bajo las leyes forestales y que es supervisada por el estado para controlar la deforestación.</p>
<p>Determinación del poder calorífico de briquetas de carbón utilizando cantidades de residuos de biomasa</p>	<p>Tesis grado</p>	<p>de</p>	<p>El objetivo elemental es la determinación del poder calorífico que las briquetas de carbón puedan alcanzar, utilizando pruebas físicoquímicas para verificar cuál de los residuos de biomasa es el más apto y pueda llegar a ser el reemplazante al carbón de algarrobo que es otro de los problemas ambientales en nuestro departamento y que son utilizados en diferentes establecimientos de consumo.</p>	<p>Perú</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>Se realizó pruebas demostrativas de manejo física, así mismo se llegó al cálculo utilizando la ecuación de James Prescott Joule. Por otro lado las briquetas de aserrín presentan características como fácil encendido, llamada por todo el contorno del recipiente y durabilidad constante, también hay que subrayar que es un producto netamente ecológico.</p>	<p>Según el desarrollo del proyecto de investigación hemos llegado a concluir que el tipo de briketa de carbón elaborada de residuos de biomasa que produce mejor energía calorífica y eficiencia es sin duda la briketa fabricada de aserrín así lo demuestran los resultados de poder calorífico, con una eficiencia absoluta sobre la briketa hecha de bagazo y sobre todo por encima del carbón.</p>

<p>Aprovechamiento de residuos de biomasa secundaria como combustible</p>	<p>Determinar el poder calorífico de los residuos de biomasa por medio del calentamiento para la reducción del porcentaje de la materia volátil.</p>	<p>Perú</p>	<p>Cuantitativo</p>	<p>Después de ser calentados, los residuos de biomasa presentaron una reducción de la materia volátil de 31 % y un incremento del poder calorífico de 16 % (aglomerado), los convierte en una fuente de energía (combustible) importante tanto para la cocción como para la calefacción doméstica; así como su empleo en procesos industriales</p>
<p>Utilización de la fibra de coco como sustituto del Amianto en los procesos industriales</p>	<p>Elaborar un producto de uso industrial, a partir de la sustitución de la fibra de amianto, considerando como un contaminante ambiental cancerígeno muy utilizado en construcciones variadas, específicamente en techos, empaques, sistemas de saneamiento</p>	<p>Venezuela</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>Se puede apreciar como aumentó la densidad una vez añadida la fibra de coco y la fuerza de ruptura llegó al límite establecido, sin embargo, luego de someter la muestra a añejamiento acelerado ambas propiedades aumentaron, mientras que la elongación se mantuvo cerca de su límite inferior, llegando a estar muy por debajo de ésta, esto respecto a la formulación original, luego del envejecimiento.</p>

Fuente: Registro documentario. Adaptado de Barrero y Rosero, 2018.

Tabla 4. Cuadro comparativo entre carbón de leña y carbón de biomásas

Carbón de leña	Carbón de biomásas
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de energía no renovable. • Genera mayor degradación de bosques y suelos. • Emite la mayor cantidad de gases de efecto invernadero. • Precio estándar. • Valor calorífico estándar. • De poca duración y alto consumo. • Limpieza difícil por su alto contenido volátil, que genera cenizas y chispas. • Uso y encendido difícil; es necesario utilizar combustibles. • Genera problemas de salud. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de energía renovable. • Abundancia de biomásas. • Es neutral frente a la emisión de carbono. • Precio económico • Alto valor calorífico que se concentra en las briquetas y no se proyecta más allá del espacio de preparación. • De larga duración y bajo consumo. • De limpieza fácil, ya que genera cenizas inferiores. • Uso y encendido rápido. • No genera problemas de salud.

La compactación de la biomasa por la aplicación de presión se denomina *pellets*, estos se diferencian de las briquetas por sus longitudes. Los *pellets* comúnmente tienen una longitud de 5 a 30 mm, mientras que las briquetas pueden ir desde 30 hasta 200 mm de diámetro y tener una longitud de 50 a 400 mm. (Rincón Rincón y Gonzáles Castillo, 2014).

Poder calorífico de fibra de coco

La recolección y selección de las muestras de fibra de coco fueron tomadas al azar, escogiendo cocos maduros, llamados *cocos secos*. El acopio se realizó tomando los cocos caídos, conocidos

como *cocos goteados*, y los maduros. (Montañez y Uzcátegui, 2009).

La optimización de los materiales considerados será más aprovechable energéticamente cuanto menos sea el grado de humedad de la muestra, como se evidencia en la figura 4. Lo más recomendable es que la humedad de la muestra sea inferior al 30 % (Fredes Nuñez, 2014). De la misma forma, se debe indicar que el valor alto del poder calorífico de estos materiales se debe, en buena parte, a su valor óptimo de densidad y a su bajo contenido de humedad. En esto existe una relación directa: entre mayor sea la densidad tanto más será la energía por volumen que entreguen los materiales. (Rincón Rincón y Gonzáles Castillo, 2014).

Tabla 5. Análisis próximo y elemental de biomásas y carbón

Análisis	Tipo de materia prima		
	Fibra de coco	Residuos de algodón	Carbón mineral
Humedad (%m)	13.12	10,78	11.52
Volátiles (%m)	71,324	77,332	49,397
Cenizas (%m)	4,933	5,923	3,969
Carbón fijo (%m)	23,741	16,743	46,643
Poder calorífico (MJ/kg)	16,77	17,79	23,91
%C	39.40	39.30	60.29
%H	4.27	4.70	4.61
%N	0.70	1.21	1.47
%S	0.12	0.2	1.55
%O	50.41	49.15	28.12

Fuente: Durango Padilla y Oquendo López, 2016.

Como se indica en la tabla 5, el poder calorífico de la fibra de coco es 16.77 MJ/kg. Para efectos de homogenizar las unidades de esta variable física, es necesario tener en cuenta el equivalente mecánico del calor: 1J = 0.24 cal, del cual nos resultaría el valor de 4.024.8 kcal/kg.

Poder calorífico del algarrobo

Se consideraron muestras de leña de algarrobo, entre otros (aserrín, carbón vegetal, briqueta de aserrín, bagazo de caña), las cuales se aislaron siguiendo el procedimiento, para luego ser enviadas al laboratorio la Universidad Nacional Agraria

La Molina (UNALM) – Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos, para el respectivo análisis de poder calorífico, donde se utilizó una bomba calorimétrica de acuerdo con la norma ASTM METHOD D-2015-66-1972. (Ruiz Ruiz, 2017).

Como se aprecia en la tabla 6, el poder calorífico de la leña de algarrobo es ligeramente superior, en un 3 %, aproximadamente, con respecto al aserrín, así también es superior, en un 10 %, con respecto al bagazo de caña. (Cabrera, Madriñan y Muñoz, 2012) carob coal (made from an autochthonous tree of the Cauca river valley.

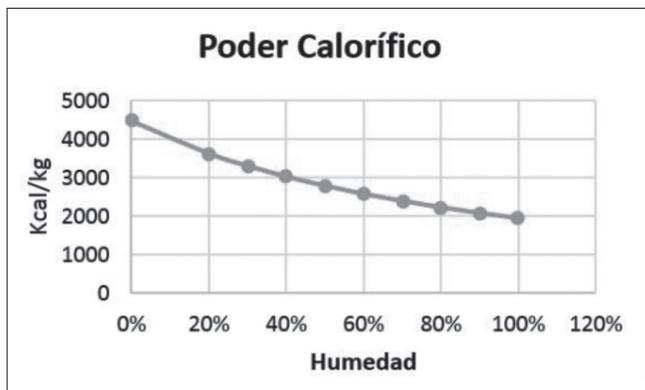
Tabla 6. Análisis de poder calorífico

Análisis	Norma/método	Unidad	Muestras				
			Aserrín	Leña (algarrobo)	Carbón vegetal	Briqueta de aserrín	Bagazo de caña
Poder calorífico	ASTM D-2015-66 (1972)	kcal/kg	4.512	4.618	7.367	4.728	4.133

Fuente: Ruiz, 2017.

La variable física obtenida del poder calorífico de las briquetas de carbón de antracita es del orden de 7.800 kcal/kg de carbono, muy superior al poder calorífico de la briqueta de aserrín (4.512 kcal/kg), la leña de algarrobo (4.618kcal/kg) y la leña de eucalipto (4.667 kcal/kg). Resultados de las briquetas de aserrín, leña de algarrobo y leña de eucalipto fueron logrados en el laboratorio de la UNALM – Perú, según afirma el ingeniero industrial Marcos Eduardo García Alama en su investigación titulada “Diseño de Procesos y de Planta Piloto para fabricación de briquetas de Aserrín.” (Julcamoro Saldaña y Romero García, 2018).

Figura 4. Relación del poder calorífico con el porcentaje de humedad (Reina-Guzmán, 2016)



Discusión

El poder calorífico es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, en proceso de combustión completa, esto sucede cuando el carbono pasa a anhídrido carbónico. Las unidades son kcal/kg, kcal/m³, BTU/lb y

BTU/pie³. Es decir, el poder calorífico de una sustancia está relacionado directamente con la composición química del material. (Vera Velásquez, 2014).

Existen investigaciones que comprueban que, cuanto mayor sea la densidad del material, tiene un mejor rendimiento energético; es decir, al utilizar el material como aglomerado o en forma de briqueta o *pellets*, su resultado energéticamente es superior. Los análisis realizados a las briquetas en el laboratorio del departamento de Industrias Forestales de la UNALM nos indican una ventaja energética de la briqueta de aserrín, con un poder calorífico de 4.728 kcal/kg, frente a la leña de algarrobo, que obtuvo a un valor de 4.618 kcal/kg. (García, 2014).

La presencia de líquido o humedad en la biomasa delimita o disminuye su poder calorífico, dejándose en evidencia que el valor más recomendable es un 10 % para obtener valores óptimos de rendimiento energético. (Arroyo-Vinueza y Reina-Guzmán, 2016).

En la investigación documentaria se evidenció que pueden existir materiales con el mismo o parecido valor de poder calorífico, pero una variable que falta aún analizar es la eficiencia. Se demostró que materiales aglomerados en forma de briquetas poseen poder energético y a la vez eficiencia. (Samamé Guzmán, 2017).

El poder calorífico de la fibra de coco es muy cercano al del algarrobo, resultando conveniente educar y sensibilizar a los consumidores en la necesidad de reemplazar la leña de algarrobo como combustible

por otras alternativas ecológicamente sostenibles. De esta manera, conservaremos los bosques secos de la parte norte del Perú, tan amenazados por su tala ilegal. (Cuentas Romero y Salazar Toledo, 2017).

Conclusiones

Se establece la comparación entre el poder calorífico de la fibra de coco, que es de 4.024.8 kcal/kg, con la del poder calorífico de la leña de algarrobo, que es de 4.618 kcal/kg. Ambos resultados obtenidos de acuerdo con la norma ASTM METHOD D-2015-66-1972, evidenciándose la superioridad energética, en un 12 %, del algarrobo frente a la fibra de coco.

La biomasa, para un mejor rendimiento energético, debe poseer alrededor de entre el 10 y el 30 % de humedad.

Es recomendable transformar los residuos agrícolas y utilizarlos en forma de aglomerado, ya que contribuye a aumentar su capacidad de almacenamiento y combustión.

Referencias

- Aguayo Flores, K. D., Torres Takeshita, A. K., Uribe Galindo, M. S. y Valdivia Paredes, N. M. (2019). *Carbón de coco hecho a base de biomásas*. (Tesis de bachiller, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de https://repositorioaca.demico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626222/aguayo_kd.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Arroyo-Vinueza, J. S. y Reina-Guzmán, W. S. (julio-diciembre, 2016). Aprovechamiento del recurso biomasa a partir de los desechos de madera para una caldera de vapor. *Ingenius revista de ciencia y tecnología*, (16), 20. doi: doi.org/10.17163/ings.n.16.2016.03
- Barrero, A. M., y Rosero, A. L. (abril, 2018). Estado del arte sobre concepciones de la diversidad en el contexto escolar infantil. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 12(1), 39–55. doi: doi.org/10.4067/s0718-73782018000100039

- Cabrera, G., Madriñan, S. y Muñoz, D. (enero-junio, 2012). Caracterización del gas de síntesis obtenido a partir de algarrobo y bagazo de caña. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(1), 166-172. Recuperado de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/807>
- Cuentas Romero, M. A. (2015). El uso del espacio natural para el desarrollo del territorio: los bosques secos de algarrobo para las comunidades rurales en Lambayeque, 1985-2015. *Investiga territorios*, (2), 105-118. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/investigaterritorios/article/view/16090>
- Cuentas Romero, M. A. y Salazar Toledo, A. I. (2017). De la especie al ecosistema; del ecosistema a la sociedad: revalorizando el algarrobo (*Prosopis pallida*) y el reto de su conservación en Lambayeque y en la costa norte del Perú. *Espacio y Desarrollo*, (30), 129-159. doi: doi.org/https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201702.006
- De la Punte, L. (19 de julio del 2015). Piense en el ambiente antes de comer pollo a la brasa [Publicación en el blog]. Recuperado de <https://gestion.pe/blog/impactoambiental/2015/07/2680.html?ref=gesr#>
- Durango Padilla, E. y Oquendo López, J. L. (2016). *Caracterización y evaluación energética de biocombustibles sólidos elaborados a partir de biomasa agroindustrial y carbón mineral del departamento de Córdoba* (Tesis de pregrado). Universidad de Córdoba. Córdoba, Colombia.
- Fredes Nuñez, N. A. (2014). *Evaluación técnica y económica de una planta de producción de combustible sólido a partir de biomasa forestal en la región de los lagos*. (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- García Alama, M. E. (2014). *Diseño de proceso y de planta piloto para fabricación de briquetas de aserrín*. (Tesis de pregrado Universidad de Piura). Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1829/ING_535.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- gob.pe. (2014). *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. Recuperado de <https://www.gob.pe/midagri>

- Hurtado Renfigo, P. J. (enero-junio, 2016). Aprovechamiento de residuos de biomasa secundaria como combustible. *Revista Ingenium*, 1(1), 26-30. doi: doi.org/10.18259/ing.2016004
- Julcamoro Saldaña, M. O. y Romero García, M. (2018). *Aprovechamiento del ripio de carbón antracita generado en la Calera Ítalo, para la fabricación de briquetas, en el departamento de Cajamarca, 2018*. (Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte). Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14189>
- Medina Loya, C. N. y Nina Arias, N. (2019). *Efectividad de uso del aceite de coco (Cocos Nucífera) en el tratamiento de la gingivitis, en personas de 10 a 20 años de la localidad de Milpo - Pasco - Enero-Julio del 2018*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión). Recuperado de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1517>
- Montañez P., A. L. y Uzcátegui, I. (mayo-agosto, 2009). Utilización de la fibra de coco como sustituto del Amianto en los procesos industriales. *Revista Ingeniería UC*, 16(2), 20-26. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70717501004>
- Montesinos-López, O. A. y Hernández-Suárez, C. M. (mayo-junio, 2007). Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. *Salud Pública de México*, 49(3), 218-226. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v49n3/07.pdf>
- Noli Alva, A. D. y Chamorro Chávez, C. J. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de aceite de coco*. (Tesis de pregrado, Universidad de Lima). Recuperado de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10550/Chamorro_Chavez_Carmen_Jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Perú Retail. (2019). *Perú: Pollerías lideran el mercado de fast food con más del 40% de participación*. Recuperado de <https://www.peru-retail.com/pollerias-peruanas-lideran-el-mercado-de-fast-food-con-el-40-de-participacion/>
- Pucacaca Peru Forest. (2012). *Origen del Coco en San Martín*. Recuperado de: http://www.pucacacaperuforest.com/index.php?option=com_content&view=article&id=108%3Aorigen-del-coco-en-san-martin&catid=37%3Aplantas-del-bosque&Itemid=54
- Rincón Rincón, S. N. y Gonzáles Castillo, Y. A. (2014). *Estudio de factibilidad para la fabricación de pellets a partir de material lignocelulósico proveniente de palma de aceite*. (Tesis de pregrado, Universidad Libre). Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11229/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20LA%20FABRICACION%20DE%20PELLETS%20A%20PARTIR%20DE%20MATERIAL%20LIGNOCELULOSICO%20PROVE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ruiz Ruiz, J.A. (2017). *Potencial energético de los residuos sólidos de caña (Saccharum officinarum L) y cacao (Theobroma cacao L) en las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo, región Ucayali; 2015*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali). Recuperado de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/2219/000002061T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samamé Guzmán, W. E. (2017). *Determinación del poder calorífico de briquetas de carbón utilizando cantidades de residuos de biomasa*. (Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo). Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10893/samame_gw.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tarqui, V. (18 de julio del 2015). Se venden 12 millones de pollo a la brasa mensual a nivel nacional, estiman. *andina.pe*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-se-venden-12-millones-%20pollo-a-brasa-mensual-a-nivel-nacional-estiman-566125.aspx>
- Vera Velásquez, A. (2014). *Diseño de briquetas ecológicas para la generación de energía calórica y mejoramiento de ecosistemas en el corregimiento de Nabusimake, municipio de Pueblo Bello-César*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/6111/92694041.pdf?sequence=1&isAllowed=y>