

Correlaciones para calcular el PCS a partir de los análisis último y próximo de la biomasa proveniente de residuos de la industria agrícola en Colombia

Correlations to calculate the PCS from the last and next analysis of the biomass coming from the waste of the agricultural industry in Colombia

J. Andrade , E. De Ávila, E. Barrera, M. Cotes, J. Ramírez & A. Verdeza
{jandrade12, edeavila2, ebarrera3, mcotes4, jramirez47}@unisimonbolivar.edu.co
Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia.

Resumen

Colombia cuenta con una gran variedad de biomásas agrícolas ya que hay un gran potencial agroindustrial, en aras de evaluar si una biomasa es eficiente se requiere diferentes composiciones químicas que se deben tener en cuenta como lo son (C,H,O,N,S) y el poder calorífico superior (PCS) dichos parámetros determinan el uso limpio y eficiente de estos combustibles, en diferentes estudios ya se han publicado otras formas de predecir el (PC) de combustibles a través del análisis próximo y último. Este estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo empírico para estimar el (PC) de los residuos agrícolas en función de su contenido de elementos químicos, además se muestra evidencia de la mejor correlación para estos combustibles. Se desarrolló una correlación de las biomásas agrícolas más producidas en Colombia utilizando el análisis de regresión lineal con las distintas muestras tomadas de artículos publicados.

Palabras clave:

biomasa, correlación, propiedades químicas, orgánico

Abstract

Colombia has a great variety of biomasses, whether there is, no, great potential, agroindustry, in which it is evaluated, and taken into account. and the higher calorific value (PCS) these parameters determine the clean and efficient use of these fuels, different ways of predicting the (PC) of fuels have been published through the next and last analysis. The objective of this study is to develop an empirical model to estimate the calorific value of agricultural waste based on its content of chemical elements, in addition to the sample of the best correlation form for these fuels. It is a correlation of the biomasses, most produced in Colombia, using the linear regression analysis with the different samples of the published articles publications.

Key words:

biomass, correlation, chemical properties, organic waste

Introducción

El acelerado y descomunal cambio climático que está azotando al planeta, gracias a la quema de combustible fósil durante más de 100 años y otras actividades, nos ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas y formas para el funcionamiento de máquinas, elaboración de todo tipo de productos, entre otras actividades, que destruyen al Petróleo que es lo que mueve la economía a nivel mundial. A partir de aquí, es donde el ingenio y las investigaciones juegan un papel preponderante, porque a través de éstas podemos encontrar fuentes alternativas que ofrecerán los mismos beneficios que la actual, pero con el valor agregado de contribuir a la preservación del medio ambiente, teniendo en cuenta lo expuesto en el Protocolo de Kioto y la finalidad del Acuerdo de París; y la diferencia en cuanto al costo de explotación de éstas en comparación a la práctica convencional, porque no podemos obviar que todos los proyectos e ideas innovadoras debemos de desarrollarlas con un análisis financiero, indicando el impacto que traerá a quién lo implemente y a la economía en general. Y es ahí donde surgen las fuentes de energía renovable, siguen aumentándose estas prácticas y se vuelven más competitivas ya que son más viables por que se han hecho menos costosas. La biomasa es energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; la energía de la biomasa se puede recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en combustibles. [1] Sin embargo, para el uso adecuado de la biomasa sus propiedades químicas desempeñan un papel esencial en el diseño de sistemas de energía, además el Poder calorífico superior (PCS) estima el contenido energético de la biomasa, se puede definir el (PCS) como la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 Kg de combustible; [2] para hacer un análisis más completo se necesita un equipo específico, el poder calorífico de un combustible se puede determinar experimentalmente con la bomba calorimétrica que se utiliza para determinar el (PCS) de combustibles sólidos y líquidos, la medición es una tarea complicada y un proceso que requiere mucho tiempo de configuración, Procedimientos de medición y cálculo. para evitar estas dificultades se han desarrollado correlaciones para estimar el poder calorífico superior de combustible a través del análisis convencional, es decir, próximo y último. El Análisis próximo determina los componentes de la biomasa que se utiliza para determinar los porcentajes en peso de (CF) carbono fijo, contenido de (MV)materia volátil, contenido de (C) ceniza y contenido de (H)humedad de los combustibles, mientras que el análisis final se utiliza para determinar el porcentajes en peso de elementos químicos (C) carbono, (H) hidrogeno, (O) oxígeno, (N) nitrógeno y (S) azufre, por lo tanto, la popularidad de valores aproximados ha llevado a que muchos investigadores desarrollen correlaciones empíricas con muy buenos resultados lineales para estimar el poder calorífico superior (PCS) de los combustibles. En la tabla (1) se encuentran correlaciones de estos dos tipos de análisis Utilizado para predecir el HHV de la biomasa. 6 de las correlaciones se derivan de análisis próximos mientras que los otros 6 son derivado de los análisis finales de distintos autores sobre biomasa y diferentes combustibles. En

este trabajo se aran correlaciones con las biomasa de residuos agrícolas más producidas en Colombia mostradas en el atlas de potencial energético. Estas correlaciones que se realizaron permiten una alternativa más fácil, más rentable y más rápida de predecir el (PCS) y son particularmente útiles para investigadores sin Acceso a los equipos más sofisticados para la determinación experimental del (PCS) ya que proporciona evidencia cuantitativa para la selección de correlación en ingeniería y puede ser de gran utilidad para futuras investigaciones realizadas en esta área... sin Acceso a los equipos más sofisticados para la determinación experimental del (PCS). [3] [4]

Desarrollo del artículo

I. Metodología

A través de un proceso de recopilación y generación de datos, se obtuvo información de alrededor de 41 artículos correspondientes a los análisis próximo y último, así como su poder calorífico experimental de muestras de biomasa agrícolas que permiten una amplia aplicabilidad universal de las correlaciones propuestas. La base de datos incluyó 52 conjuntos de datos de estudios anteriores realizados por Investigadores de Argentina, Australia, Colombia, Cuba, China, Chile, Grecia, India, Marruecos, Perú, Países Bajos, España, Turquía y Estados Unidos de América. Además, los tipos de biomasa enumerados en la base de datos varían ampliamente a partir de subproductos agrícolas (por ejemplo, cascarillas, pajas, tallos, raquis) clasificados en diferentes tipos de residuo, en los que se encuentran: 4 residuos de palma de aceite que arrojan 12 datos de biomasa; 2 residuos de caña de azúcar que arrojan 6 datos; 2 residuos de café que arrojan 5 datos; 2 residuos de maíz que arrojan 6 datos; 2 residuos de arroz que arrojan 7 datos; 3 residuos de banano que arrojan 7 datos; 2 residuos de coco que arrojan 5 datos y 2 residuos de algodón que arrojan 3 datos.

II. Mejor forma de la correlación

Se formularon nuevas correlaciones mediante regresión lineal, insertando datos y ecuaciones de la Tablas 2, en hojas de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente estadísticas de regresión, como el análisis de varianza (ANOVA). Los resultados obtenidos de esta formulación, se ajustan considerablemente al valor esperado. El objetivo fundamental de practicar la determinación de términos es minimizar la suma de errores cuadrados entre los valores estimados y los valores reales de los poderes caloríficos. La bondad de las correlaciones se determinó mediante el análisis de diferentes formas de errores de estimación, el cuál versa que la mejor correlación es aquella que tiene valores menores de error entre todas las correlaciones formuladas. El intento de regresión inicial abarca todo los análisis próximo y último (MV, CF, ceniza para el próximo y C, H, N, O, S para el último). Esto produce ecuaciones con R2 bajo y R2 ajustado, que indican claramente la necesidad de rehacer la regresión. Cabe señalar que el R2 mide básicamente la bondad de ajuste en el análisis de regresión hasta que se ajuste.

R2 es una modificación de R2 que no se incrementará innecesariamente por adición de variables (es decir, solo la presencia de variables importantes que contribuyen al significado físico en general del PCS aumentará el valor R2

ajustado). Forzando la constante a valor cero, se descubre que tanto R2 como R2 ajustado aumentan a más de 0.96, dado que los valores de R2 son favorables para los valores constantes de cero, la práctica se repite para los intentos de regresión posteriores. Otra observación significativa es que los valores de P-Valué para los coeficientes de cenizas, N, O y S, son

superiores a 0.05, lo que implica que estas variables no contribuyen a la interpretación física global del PCS, por lo que algunos ingenieros e investigadores no lo incluyen en la

regresión o lo eliminan para la finalidad de aumentar el valor R2 ajustado [5]. Al no seleccionar las variables anteriormente mencionadas, dos ecuaciones separadas (las ecuaciones $7\{PCS=0.189773416328023*CF+0.188542418239062*MV+0.0223289294899822*Ahs\}$ y $15\{PCS=0.191729321038047*C+0.296096504138546*H+0.155672038893111*O+0.0760382286387018*N-3.50907145234903*S\}$) con regresión favorable se han formulado estadísticas La presencia de VM, Las variables FC, C y H en las dos ecuaciones son aptas ya que están bien establecidas que el carbono y el hidrógeno (constituyentes elementales que forman materia orgánica volátil y carbono fijo) contribuyen significativamente al contenido energético de la biomasa las dos ecuaciones son más bien simples en comparación con la mayoría de las correlaciones reciente

Tabla 1

Correlaciones de diferentes trabajos

numero	autor	correlación (pcs MJ/kg)	error R2
1	Jiménez Y González [5]	PCS=-10.81408+0.31338 (vm+fc)	0.533
2	changdog y Azevedo [6]	PCS= 19.914-0.2324 Ash	0.625
3	Demirbas [7]	PCS= 0.1196*FC+14.119	0.647
4	Demirbas [44]	PCS=0.312*FC+0.1534*VM	0.306
5	Cordero et al. [8]	PCS=0.3543*FC+0.1708*VM	0.247
6	sheng y Azevedo [6]	PCS= -3.0368+0.2218VM+0.2601FC	0.617
7	Este estudio	PCS=0.189773416328023*CF+0.188542418239062*MV+0.0223289294899822*Ahs	0.96
basada en análisis ultimo			
8	Tillman [9]	PCS=0.4373 C- 1.6701	0.666
9	sheng y Azevedo [6]	PCS=0.3259 C+3.4597	0.758
10	Boie [10]	PCS=0.3516 C+1.16225 H- 0.1109 O+ 0.10465 S	0.720
11	IGT [11]	PCS=0.341 C+ 1.322 H -0.12 O - 0.12 N + 0.0686 S - 0.0153 Ash	0.695
12	Demirbas [44]	PCS=0.335 C+ 1.423 H -0.154 O -0.145 N	0.081
13	Jenkins [12]	PCS=-0.763 + 0.301 C + 0.525 H + 0.064 O	0.792
14	sheng y Azevedo [6]	PCS=-1.3675 +0.3137 C + 0.70069 H +0.0318 O	0.834
15	Este estudio	PCS=0.191729321038047*C+0.296096504138546*H+0.15567018*N-3.50907	0.96

Tabla 2

Propiedades de la biomasa y su poder calorífico

Clasificación Biomasa	Residuo (español)	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	H R	C F	M V	Ahs (%)	P C S	Unidades
Cultivo	Cuesco	48.30	6.38	1.27	34.99	5.40	1.10	7.79	4.70	6.33	MJ/kg
	Cuesco	63.10	10.26	1.66	22.40	1.49	4.38	1.67	1.61	2.29	MJ/kg
	Cuesco	55.35	6.43	0.37	38.00	0.44	0.10	0.84	2.30	2.22	MJ/kg
	Raquis	46.56	6.45	1.21	45.64	5.18	0.68	8.98	3.49	1.72	MJ/kg
	Raquis	43.87	4.37	0.25	40.38	2.89	0.73	8.90	1.32	2.00	MJ/kg
Palma de aceite	Raquis	43.88	6.40	0.44	42.96	4.23	0.44	6.39	6.99	1.44	MJ/kg
	Hoja de palma	42.59	5.48	2.18	43.30	2.20	0.03	1.63	3.10	1.03	MJ/kg
	Hoja de palma	44.20	4.53	0.71	48.00	1.88	0.55	1.37	1.30	1.00	MJ/kg
	Rachis	43.99	6.34	0.52	44.80	2.29	0.17	2.87	7.77	1.44	MJ/kg
	Rachis	44.25	5.75	0.31	49.40	0.41	0.37	1.83	1.88	0.56	MJ/kg
	Rachis	39.87	5.70	0.19	43.20	1.87	0.33	6.00	0.22	1.02	MJ/kg
	Rachis	48.87	0.78	0.75	38.42	2.99	3.94	7.39	8.24	1.07	MJ/kg
	Bagaso	44.25	6.80	0.60	45.63	1.63	1.50	3.57	3.53	0.55	MJ/kg
	Bagaso	45.32	7.93	0.15	46.67	2.24	1.71	2.94	2.94	0.70	MJ/kg
Caña de azúcar	Bagaso	45.78	4.96	0.15	45.71	1.83	1.16	3.28	8.88	1.88	MJ/kg
	Rac	48.25	5.43	0.33	45.99	2.77	1.60	9.57	7.12	1.02	MJ/kg

Rac	43.20	6.70	0.30	43.20	33.00	1.40	7.79	1.40	16.40	1.00	MJ/kg
Rac	43.50	6.10	0.15	41.90	9.46	4.66	9.30	7.10	22.60	1.71	MJ/kg
Cascari Ila	50.30	5.12	0.43	30.00	1.28	3.22	1.20	0.90	2.00	0.00	MJ/kg
Cascari Ila	47.50	6.40	1.30	43.80	8.98	9.98	2.40	1.90	2.40	0.90	MJ/kg
Café	Cascari Ila	52.56	7.08	0.81	39.50	0.40	-	-	-	2.14	MJ/kg
Tallo	Tallo	48.56	5.61	0.15	45.81	8.75	1.07	1.07	1.07	1.07	MJ/kg
Tallo	Tallo	51.60	6.40	0.30	43.30	4.43	3.30	2.25	1.99	2.25	MJ/kg
Rastrojo	Rastrojo	43.92	6.42	0.40	40.44	0.26	0.33	5.13	3.51	1.00	MJ/kg
Rastrojo	Rastrojo	43.65	5.61	0.61	43.01	0.92	1.11	5.52	7.66	1.00	MJ/kg
Rastrojo	Rastrojo	44.78	5.60	0.74	40.44	0.41	0.49	7.93	5.68	1.00	MJ/kg
Maíz	Tuza	47.19	6.90	0.45	45.99	1.46	0.80	4.24	4.24	0.37	MJ/kg
Tuza	Tuza	47.60	5.00	0.00	44.06	8.32	5.44	2.85	6.55	1.00	MJ/kg
Tuza	Tuza	46.58	5.87	0.47	45.06	0.80	0.44	1.37	1.37	0.71	MJ/kg
Paja	Paja	46.52	5.35	0.40	47.41	0.11	0.16	21.37	1.00	1.00	MJ/kg
Paja	Paja	37.80	5.00	0.60	40.00	1.14	1.44	1.70	3.30	1.00	MJ/kg
Paja	Paja	38.80	5.87	0.87	36.48	4.55	2.84	1.68	1.88	0.99	MJ/kg
Arroz	paja	36.50	0.40	0.37	37.00	0.60	0.22	19.80	7.78	1.00	MJ/kg
Cascari Ila	Cascari Ila	38.20	5.60	0.00	33.50	6.16	2.20	22.60	50.47	1.00	MJ/kg

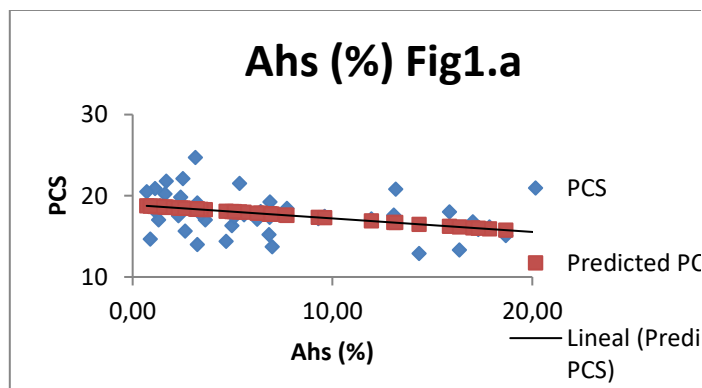
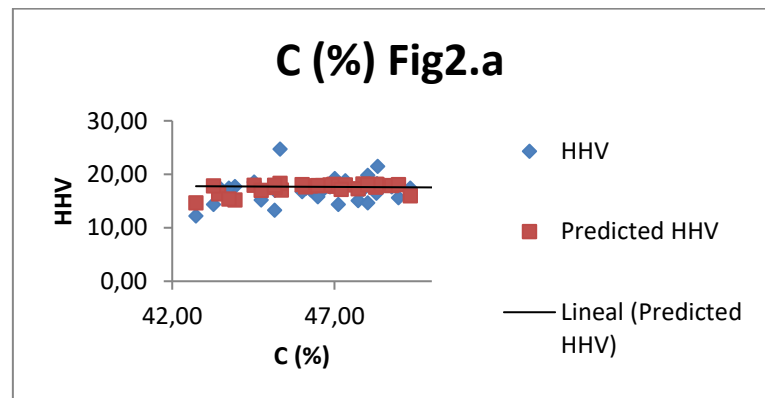
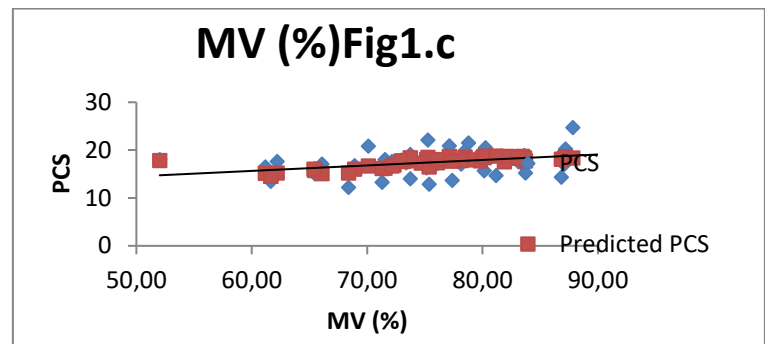
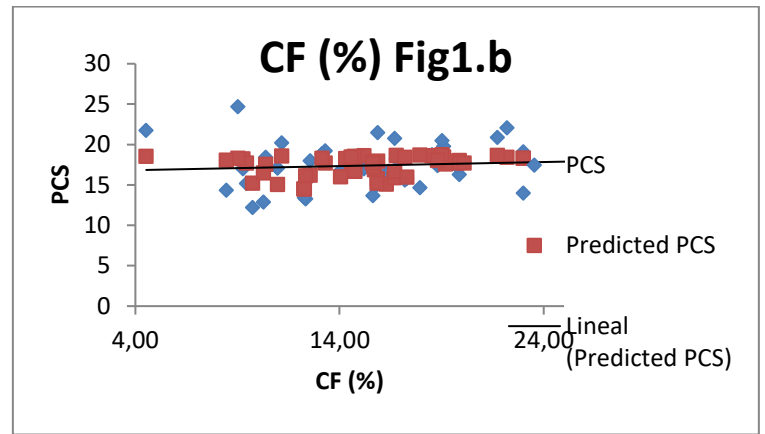
Correlación basada en análisis próximo

el análisis de proximidad presenta el porcentaje en peso. de la humedad, materia volátil (MV), carbono fijo (CF) y cenizas en un material de biomasa. correlacionando el poder calorífico con los datos de análisis próximos son Siempre atractivos para alimentar investigadores e ingenieros. El PCS se traza primero como una función de la ceniza, MV, y contenido CF en la Fig. 1 a. cualitativamente Muestra la correlación entre el PCS y los datos de análisis próximos como lo es el contenido de ceniza en el eje x y PCS en el eje y. De acuerdo con los resultados de la gráfica se puede ver que el predicho se relaciona con el contenido de ceniza y tiene una clara tendencia en la Fig. 1a que el PCS disminuye con el Incremento del contenido de cenizas en materiales de biomasa. que también fue observado por otros estudios realizados por sheng y Azevedo [6] Para la base de datos actual, hay una significativa correlación entre el PCS y la ceniza mientras que con el CF que se representa en la figura 1b

no hay tendencia representativa solo se puede notar una mínima intención respecto a la línea continua del predicho de subir el nivel de calentamiento, en la figura 1c la MV tiene una tendencia positiva a incrementar el PC mientras incrementa el contenido de CF en la combustión. Respecto lo analizado en la Fig. 1a. el PCS y el contenido de ceniza de biomasa pueden ser aplicados para estimar el PCS Jiménez y González [5] Propuso una ecuación para correlacionar el PCS. Contra la suma de MV y contenido CF, es decir, la ec. (1) en la tabla 1 predicción de esta correlación, representada en la Fig. 1a con la línea discontinua, muestra que sobrestima el PCS a bajo contenido de cenizas y subestima a alto contenido de cenizas. La razón es que la ceniza no hace una aportación. A la liberación de calor de la combustión de biomasa. En realidad, el PCS en nuestra base de datos varía en El rango de alrededor de 14.0–24.70 MJ / kg debido a la falta de correlación entre el PCS. y VM, FC (Fig. 1b y c), no es correcto establecer una fórmula para estimar el PCS solo de VM o FC. La tabla 1 indica muy mala calidad de tales tipos de correlaciones.

Correlación basada en análisis último

La biomasa se compone de elementos C, H, O, N, S, donde los tres primeros son los mayores predictores del contenido de energía, Representan hasta el 97-99% de la biomasa orgánica. El análisis final da el porcentaje en peso de estos elementos químico. En la Fig. 2.a, el PCS se grafica contra el contenido de carbono y en la Fig. 2.b el PCS de hidrogeno correlacionado con el estimado en este estudio, se Puede ver que no hay una tendencia correlativa se mantienen en línea central a diferencia de otros estudios que muestran que el PCS aumenta con el contenido de carbono e hidrogeno también observado por Ramsy y sheng [51] [6]. En la figura 2.c no se muestra una tendencia entre el PCS y el contenido de oxígeno, aunque generalmente se considera que el oxígeno no es un elemento reactivo y al aumentar el contenido de O conduce a una Disminución del PCS debido a la alta correlación entre el PCS.

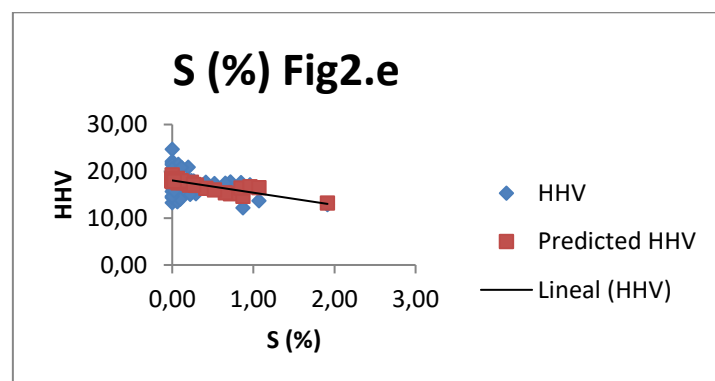
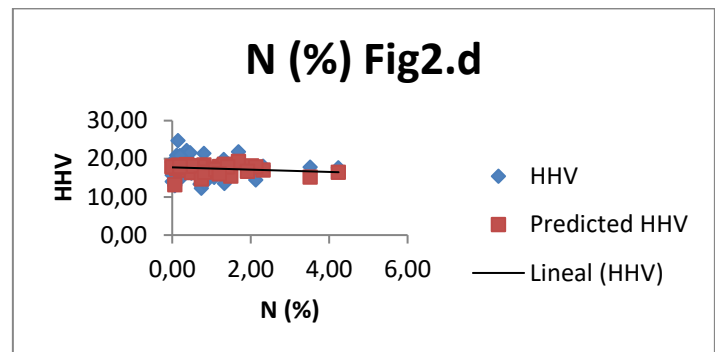
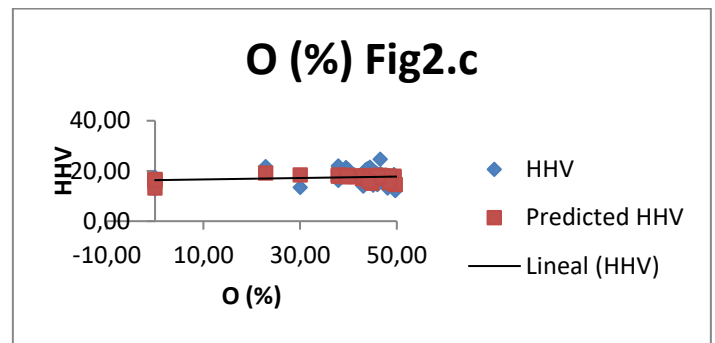
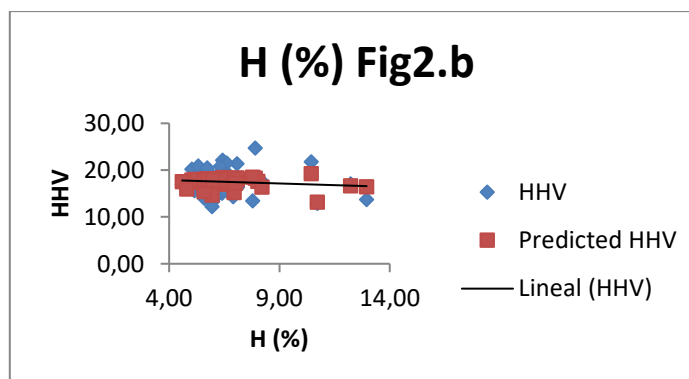


En la figura 2.d y 2.e se representa el contenido de nitrógeno y azufre las cuales en este estudio solo el azufre da una tendencia negativa A pesar de que un pequeño cambio en el contenido de nitrógeno o azufre puede cambiar el PCS, Por lo que algunos autores prefieren no Incluirlo para que no afecte negativamente sus correlaciones, aunque sus concentraciones en los materiales de biomasa eran muy pequeñas, en este estudio se realizó con todas las variables para ver mejor su comportamiento se incluyeron estas variaciones relacionadas con el poder calorífico predicho. Muchos tipos de correlaciones empíricos se han establecido para estimar la PCS de la composición elemental en particular para carbones y para otros combustibles de hidrocarburos (por ejemplo, biomasa, carbón, petróleo) también. La mayoría de estas fórmulas. Son las modificaciones del famoso Dulong's. ecuación. Teniendo en cuenta la biomasa constituida por elementos similares al carbón, algunas correlaciones para estimar el poder calorífico del carbón han

sido extendidos a la biomasa. Como la ecuación de Boie (Ec. ([10])) sugerido por Annamalai et al. IGT ecuación [11], esta han sido unas de las correlaciones más precisas publicadas además se encuentran la propuesta por Channiwala y Parikh [3]. se han propuesto varias correlaciones especialmente para biomasa, por ejemplo, Ecs. (11), (12). Los parámetros de evaluación calculados de estas correlaciones, presentados en la Tabla 1, indican que, excepto Ec. (11), todas estas correlaciones son más precisas. que los basados en los datos próximos, porque El análisis final cuantifica los contenidos elementales. Proporcionando una composición química más detallada. Información sobre biomasa. Entre las ecuaciones basado en los contenidos de todos los elementos

Conclusiones

El análisis de regresión lineal múltiple se utilizó para desarrollar una correlación empírica para la predicción del poder calorífico de los residuos agroindustriales basándose en el análisis próximo y final. Los valores de calentamiento previstos calculados por la correlación propuesta mostraron una buena concordancia con los valores experimentales. Sin embargo, los resultados mostraron un coeficiente de correlación (R²) ajustado de 0.96, para ambos análisis en las tablas anova. Además, los resultados mostraron por los valores de calentamiento predichos estaban de acuerdo con los obtenidos por las mediciones experimentales. Por lo tanto, el modelo desarrollado puede ser aceptable para estimar el poder calorífico superior de el poder de calentamiento de los residuos agrícolas y pueden ser utilizados para futuras investigaciones



Referencias

- [1] A. Gómez, K. Wolfgang y R. W. Wiest, «Transformación termoquímica de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma: tecnologías y perspectivas».
- [2] X. . E. Castells, Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad, 2012.

- [3] S. C. G. G. J. Parikha, «A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels,» *Fuel*, vol. 84 , p. 487–494, (2005).
- [4] P. A. S. Daya Ram Nhuchhen, «Estimation of higher heating value of biomass from proximate analysis: A new approach,» *Fuel*, vol. 99, p. 55–63, 2012.
- [5] chang-dom, «estimating of hiegher heating value of biomass from proximate analisis ultymat,» *fuel*, vol. 90, pp. 1128-1132, 2011.
- [6] . L. Jimenez y . F. Gonzales, «Study of the physical and chemical properties of lignocellulosic residues with a view to the production of fuels,» *fuel*, vol. 70, p. 947–50, 1991.
- [7] S. Changdong y J. Azevedo, «Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data,» *Biomass and Bioenergy*, vol. 28, p. 499–507, 2005.
- [8] . A. Demirbas, «Calculation of higher heating values of biomass fuels,» *fuel*, vol. 76, n° 5, p. 431–4, 1997.
- [9] T. Cordedo , . F. Marquez, M. . J. Rodriguez y J. Rodriguez, «Predicting heating values of lignocellulosics and carbonaceous materials from proximate analysis,» *fuel*, vol. 80, n° 11, p. 1567–71, 2001.
- [10] D. Tillman , Wood as an energy resource. New York:Academic Press, 1978.
- [11] . K. Annamalai, . J. Sweeten y S. Ramalingam , «Estimation of gross heating values of biomass fuels,» *Transactions of ASAE*, vol. 30, p. 1205–8, 1987.
- [12] Institute of Gas Technology. Coal conversion systems technical data book. Available from NTIS, Springfield,, 1978.
- [13] B. Jenkins y J. Ebeling , «Correlations of physical and chemical properties of terrestrial biomass with conversion Symposium energy from biomass and waste,» vol. , p. 371, 1985.
- [14] M. A. Teixeira, «Babassu—A new approach for an ancient Brazilian biomass,» *BIOMASS AND BIOENERGY*, vol. 32 , p. 857– 864, 2008.
- [15] . N. Pichet y . K. Vladimir I., «Study on burning oil palm kernel shell in a conical fluidized-bed combustor using alumina as the bed material,» *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 44, p. 1045–1053, 2013.
- [16] N. I. Mohammad, Z. Ramlan y N. A. Farid, «Pyrolytic oil from uidised bed pyrolysis of oil palm shell and its characterisation,» *Renewable Energy*, vol. 06, pp. 73-84, 1999.
- [17] M. m. A. A, S. A, W. . A. W. A. K. G, M. . A. M. S y o. R, «Catalytic gasification of empty fruit bunch for enhanced production of hydrogen rich fuel gas,» *Pertanika Journal of Science and Technology*, vol. 20, pp. 139-149, 2012.
- [18] . C. Siu Hua, «An overview of empty fruit bunch from oil palm as feedstock for bio-oil production,» *biomass and bioenergy* , vol. 62, pp. 174-181, 2014.
- [19] S. Kerdsuwan y K. Laohalidanond, «Renewable Energy from Palm Oil Empty Fruit Bunch,» Thailand , 2011.
- [20] R. konda, S. sulaiman y B. ariwahjoedi, «syngas production from gasification of oilm palm fronds whit upgraft gasifier,» *journal of applied sciencies*, vol. 12, pp. 2555-2561, 2012.
- [21] F. M. Guangul, S. A. Sulaiman y A. Ramli, «Study of the effects of operating factors on the resulting producer gas of oil palm fronds gasification with a single throat downdraft gasifier,» *Renewable Energy* , vol. 72, pp. 271-283, 2014.
- [22] A. A. Fakhrur Razil, . H. H. Nur Hazirah, M. R. Siti Raishan y S. Suriyati , «Physicochemical Property Changes and Volatile Analysis for Torrefaction of Oil Palm Frond,» *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, vol. 56, pp. 199-204, 2017.
- [23] j. c. solarte toro, «Oil palm rachis gasification for synthesis gas production,» Manizales, 2017.
- [24] E. m. Yassine , S. Dorge , G. Trouvé y . R. Said, «Study on the thermal behavior of different date palm residues: Characterization and devolatilization kinetics under inert and oxidative atmospheres,» *Energy*, vol. 44 , pp. 702-709, 2012.
- [25] G. Marrugo, C. F. Valdés y . F. Chejne, «Characterization of Colombian agroindustrial biomass residues as energy resources,» *energy fuel*, 2016.

- [26] m. Muñoz, «Potencial de los Residuos Agrícolas de Cosecha de Caña de Azúcar, como un biocombustible,» 2017.
- [27] Q. Sohaib, M. Amir y M. Younas, «Fast pyrolysis of sugarcane bagasse: Effect of pyrolysis conditions on final product distribution and properties,» *Energy Sources*, vol. 39, pp. 184-190, 2017.
- [28] G. P. F. A. V. G. A. R. Marquesi, A. A. Halinouski, A. M. Essiptchouk y B. N. Sismanoglu, «Theoretical Assessment of Plasma Gasification Process of Low Grade Coal and Biomass Feedstock,» de *Advances in Chemistry Research*, Nova Science Publishers, 2015, pp. 57-76.
- [29] J. . M. MesaPérez, J. D. Rocha, L. . A. Barbosa, M. . P. Medina, C. . A. Luengo y E. Cascarosa, «Fast oxidative pyrolysis of sugar cane straw in a fluidized bed reactor,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 56, pp. 167-175, 2013.
- [30] j. a. suarez, c. a. luengo, f. felly y g. bezzon, «Thermochemical Properties of Cuban Biomass,» *Energy Sources*, vol. 20, pp. 37-41, 2015.
- [31] M.-C. S.-T. Enma M, «Caracterización de la biomasa vegetal cascarilla de café,» *tecnología química*, vol. 38, 2018.
- [32] <https://phyllis.nl/Biomass/View/2307>.
- [33] A. P. B. A. C. Carlos A. García, «Energetic and environmental assessment of thermochemical and biochemical ways for producing energy from agricultural solid residues: Coffee Cut-Stems case,» *Journal of Environmental Management*, pp. 1-9, 2017.
- [34] J. S. Tumuluru, «comparicion of chemical composition and energy proprierty torrefet switchgrass and corn stover,» *frontiers in energy research*, vol. 3:46, 2015.
- [35] B. M. Jenkins y J. M. Ebeling, «Thermochemical proprieties of biomass fuel,» 1985.
- [36] <https://phyllis.nl/Biomass/View/889>.
- [37] O. . P. Pedrozo, F. . C. Castillo, . E. . M. Fuentes y . R. . F. Maestre, «carbones activados a partir de bagazo de caña de azucar y zuro de maiz para la adsorcion de cadmio y plomo,» *química de materiales*, vol. 35, nº 136, pp. 387-396, 2011.
- [38] B. Jenkins, L. Baxter, T. M. Jr y T. Miles, «Combustion properties of biomass,» *Fuel Processing Technology*, vol. 54, p. 17-46, 1998 .
- [39] menandro N, «physical and chemical propierties of fuel pellets from agricultural residues,» *philipp agric scientist*, vol. 99, pp. 283-287, 2016.
- [40] M. Rozainee, S. P. Ngo, S. P. Ngo y K. Tan, «effect of feeding methods on the rice husk has quality in a fluidised bed combustor,» *Emirates Journal for Engineering Research*, vol. 15, pp. 1-12, 2010.
- [41] A. VALVERDE G, B. SARRIA L y J. P. MONTEAGUDO Y., «Comparative analysis of the Physicochemicals Characteristics of the rice husk.,» *Scientia et Technica*, vol. 37, 2017.
- [42] D. Granados, H. Velasquez y F. Chejne, «Energetic and exergetic evaluation of residual biomass in a torrefaction process,» *Energy*, vol. 74, pp. 181-189, 2014.
- [43] m. g. palacios, «Caracterización química de la biomasa procedente de las hojas, pseudotallo, raquis y pseudopecolo de la planta de banano y su relación con el poder calorífico».
- [44] N. Sellin, B. . G. de Oliveira, C. Marangon, O. Souza, A. P. de Oliveira, T. M y N. de Oliveira, «Use of Banana Culture Waste to Produce Briquettes,» *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, vol. 32, pp. 349-354, 2013.
- [45] N. . I. Giraldo Cano y M. . M. Natalia, «Caracterización de residuos de banano (pseudotallo y hojas) mediante análisis termogravimétrico para uso potencial como biocombustible sólido,» 2015.
- [46] M. Saenger, E.-U. Hartge, J. Werther, T. Ogada y Z. Siagi, «Combustion of coffee husks,» *Renewable Energy*, vol. 23, p. 103-121, 2001.
- [47] T. Chuah, A. K. W. Azlina, Y. Robiah y R. Omar, «Biomass as the Renewable Energy Sources in Malaysia: An Overview,» *International Journal of Green Energy*, pp. 37-41, 2013.
- [48] K. I. M. A. M. Z. A. S. B. Z. Z. Mohd Iqbaldin M.N., «Properties of coconut shell activated carbon,» *Journal of Tropical Forest Science*, vol. 25, nº 4, pp. 497-503., 2013.

- [49] L. Cuiping, W. Chuangzhi, Yanyongjie y H. Haitao, «Chemical elemental characteristics of biomass fuels in China,» *Biomass and Bioenergy*, vol. 27, p. 119 – 130, 2004.
- [50] C. Yang Yin, «Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses,» *Fuel*, vol. 90, p. 1128–1132, 2011.
- [51] R. Elneel,, S. Anwar y B. Ariwahjoedi, «Prediction of Heating Values of Oil Palm Fronds from Ultimate Analysis,» *Journal of Applied Sciences*, vol. 13, pp. 491-496, 2013.