



FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

**Valorización Energética de Cáscaras de Banano generadas del Proceso
Productivo de Fábrica “Diana Food”**

Proyecto de integración curricular presentado como requisito parcial para optar el título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autor: Nathalie Ninoska Romero Velásquez

Docente: René Oscar Rodríguez Grimón, PhD

Samborondón, 30 de marzo 2022

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Especialidades Espiritu Santo. A los docentes que fueron parte de mi formación académica, en especial a los guías durante este proceso el Dr. René Rodríguez, el Dr. Juan Diego Valenzuela, y el Msc. Juan Carlos Erazo. A mi Familia por el apoyo incondicional durante mi carrera universitaria. Y a mis Amigos y compañeros de carrera, sin ustedes haber llegado hasta este punto no hubiese sido igual.

RESUMEN

El aprovechamiento de los residuos agroindustriales como fuente de energía puede ser una alternativa ventajosa en términos económicos y ambientales, al momento de gestionar estos residuos. En el presente trabajo se analizó el potencial energético contenido en la biomasa residual de las cáscaras de banano obtenidas del proceso productivo de la fábrica "Diana Food". Para el residuo de cáscaras de banano *Cavendish* se midieron las variables de humedad, cenizas, lignina, poder calorífico y potencial energético. Se estudió la relación entre la variable lignina y potencial energético. Se estimó una generación anual de 21524959,6 kg de residuos, lo cual podría contener 172908 kWh anuales. Esta investigación propone las bases para poder implementar el aprovechamiento de la biomasa en agroindustrias de banano comprobando la disponibilidad de residuos y su potencial energético. Se concluye que las características físico-químicas de las cáscaras no son aptas para aprovechamiento por combustión, se encuentra correlación entre potencial energético y lignina.

Palabras clave: biomasa, residuos, potencial energético, agroindustria, cáscaras de banana.

ABSTRACT

The use of agro-industrial waste as an energy source can be an advantageous alternative in economic and environmental terms when managing this waste. In this work, the energy potential contained in the residual biomass of banana peels obtained from the production process of the "Diana Food" factory was analyzed. For the *Cavendish* banana peel residue, the variables of humidity, ash, lignin, calorific value, and energy potential were measured. The relationship between the lignin variable and energy potential was studied. An annual generation of 21524959.6 kg of waste was estimated, which could contain 172908 kWh per year. This research proposes the bases to be able to implement the use of biomass in banana agro-industries by checking the availability of waste and its energy potential. It is concluded that the physico-chemical characteristics of the peels are not suitable for use by combustion, there is a correlation between energy potential and lignin.

Keywords: biomass, waste, energy potential, agro-industry, banana peels.

INTRODUCCIÓN

La agroindustria se define como una actividad integradora tanto de: la producción primaria, transformación y comercialización de productos agrícolas, pecuarios o forestales (Saval, 2012). La incorrecta e incluso la falta de gestión de los residuos agroindustriales conlleva a distintas problemáticas para el medio abiótico, bióticos y socioeconómico. Los residuos que son transportados a rellenos sanitarios son incinerados provocando liberación de dióxido de carbono, contaminación del recurso agua y suelo, malos olores, proliferación de vectores entre otros efectos negativos (Vargas et al., 2018).

El sector de la agroindustria es el principal sector no-petrolero que aporta a la economía del Ecuador (Baquero et al., 2010). Una de las frutas más utilizadas en la agroindustria del país es el banano. En el año 2018, el Ecuador alcanzó el 34% dentro de los mercados mundiales del banano (FAO, 2018). La provincia de El Oro aporta con un 25% en la producción de este cultivo, dentro de la cual se encuentran cultivadas aproximadamente 43,344.34 ha (CFN, 2020). Sin embargo, esta actividad genera un aproximado de 4.9 millones de toneladas anuales de residuos agrícolas (Serrano et al., 2017).

En Perú, la biomasa residual agrícola (BRA) amilácea se utiliza para generar etanol y la BRA lignocelulósica para generar energía térmica/eléctrica. En Piura, la agroindustria de la caña de azúcar produce energía mediante las empresas de Maple y Caña Brava (Carhuancho, 2015). Convirtiendo los residuos en subproductos capaces de disminuir el impacto negativo hacia el medio ambiente. De acuerdo a valores obtenidos por ARCONEL (2015), el Ecuador produce 51,78% de energía renovable, donde sólo el 1,55% es proveniente de la biomasa. En el país, uno de los principales proyectos de aprovechamiento energético de residuos agrícolas es la Planta de Cogeneración de la Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A que utiliza el bagazo de caña para producir energía eléctrica y térmica (Calderón et al., 2017). Donde el 30% de la energía obtenida se utiliza para los procesos productivos del azúcar y el 70% restante va a la red del sistema nacional interconectado, lo cual contribuye a la reducción de aproximadamente 122 mil toneladas de

dióxido de carbono al año, además del aporte al cambio de la matriz energética ecuatoriana (Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos, 2020).

La importancia de este proyecto se rige en buscar mejorar la gestión de los residuos agroindustriales dentro del territorio, poder darles valor y de esta manera convertirlos en subproductos capaces de ser utilizados para producir bioenergéticos. De esta manera conservar recursos y contribuir a una economía circular que promueva un desarrollo sostenible.

Objetivo general:

- Analizar el potencial energético de la biomasa residual de las cáscaras de banano obtenidas del proceso productivo de la empresa “Diana Food” en el cantón Pasaje, El Oro, Ecuador.

Objetivos específicos:

1. Determinar el potencial energético de las cáscaras de banano Cavendish residuales según su volumen, poder calorífico neto, características físico-químicas.
2. Estudiar la viabilidad de aprovechamiento energético para la fábrica en términos económicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la fábrica “DIANA FOOD ECUADOR S.A.”, ubicada en el km 13, vía Machala - Pasaje, en la parroquia La Peaña, cantón Pasaje, provincia de El Oro. Las coordenadas UTM de localización del proyecto son 627672E, 9633509N, obtenidas con el software Google Earth Pro. La fábrica es líder en la producción y comercialización de una gran variedad de productos para la industria alimenticia, entre ellos puré de banano. Fue seleccionada por su alta disponibilidad de residuos de cáscaras de banano.

La parroquia La Peaña, cuenta con una extensión de 480 km^2 . Se encuentra a una altura de 14 msnm. Limita al norte con el cantón Pasaje. Al sur con la capital de la

provincia; el cantón Machala. Al este con el río Jubones y al oeste con la parroquia Buenavista (GAD Parroquial La Peaña, s.f.).

Según los datos del anuario meteorológico del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2013), la estación meteorológica más cercana es la Machala-Pagua (M 0185), aquí se puede observar una temperatura media de 24.6 C°, y una humedad relativa media de 91%. En base al histograma de distribución temporal de precipitación (WeatherSpark, 2021) se evidencia que el mes con mayor precipitación es marzo con un promedio de 108 mm, mientras que el mes con menor precipitación es agosto con 2 mm.

La parroquia La Peaña es de superficie baja y plana. El uso de suelo es en su mayoría para la agricultura de banano, cacao entre otros árboles frutales. Posee la influencia de las micro cuencas de Saracay, las cuales lo abastecen de agua. DIANA FOOD S.A, se destaca como empresa agroindustrial dentro de la parroquia (Patiño, 2015).

Diseño

El diseño metodológico es cuantitativo; utiliza muestras de cáscaras de banano *Cavendish* para estudiar variables de interés para el objetivo de este trabajo (Hueso et. al, 2012). Se obtendrán resultados de análisis en laboratorio, y se usa estadística descriptiva e inferencial.

Muestreo y tratamiento

Se realizaron visitas a la planta, se obtuvo información de ingresos y salidas de materia prima por parte de los encargados de la planta. Para el estudio se utilizaron muestras del cultivo *Cavendish* con dos orígenes: orgánico (usado en fábrica) e inorgánico. La preparación se realizó en el Laboratorio acreditado de I+D Ecuahidrolizados S.A donde las muestras fueron secadas, se determinó la variable de peso seco, y luego fueron trituradas.

Análisis físico y químico

Se utilizaron las cáscaras secadas, se realizaron 3 análisis por muestra (orgánica e inorgánica). Se utiliza Balanza analítica Gram Fs-220 con precisión de 0,1 mg para el pesaje de cada muestra.

La determinación de humedad se calculó usando la metodología de la AOAC (1984) mediante el método de calentamiento directo. Se pesaron 3 muestras de biomasa. La muestra se secará a 60 °C durante 4 horas. Se utiliza la siguiente ecuación (1) para obtener el porcentaje (%) de humedad.

$$(1) \quad \% \text{ Humedad} = \frac{\text{masa inicial} - \text{masa desecada}}{\text{masa inicial}} \times 100$$

Para la determinación de cenizas se utilizó el método de calcinación, donde se pega 1g de la muestra y se lo coloca en una mufla a temperatura de 600°C por 4 horas. Se utiliza la siguiente ecuación (2) para obtener el porcentaje (%) de ceniza total (AOAC, 1984).

$$(2) \quad \% \text{ Ceniza Total} = \frac{\text{masa de la muestra calcinada}}{\text{masa inicial de la muestra}} \times 100$$

Para la determinación de la lignina se utilizó como base la metodología de Schwanninger et al., (2002) donde se pesa 1g de muestra desgrasada y se agrega H₂SO₄ al 72%, el cual se deja en baño de agua a 20°C por 2 horas. Luego, se somete a la muestra a una hidrólisis diluyendo H₂SO₄ al 3% usando agua desionizada, esta muestra se deja reposar por 1 hora a 120°C. Para finalizar, se filtra el contenido en un embudo, y este es medido en un espectrofotómetro a 205 nm.

La caracterización energética se obtuvo mediante el análisis del poder calorífico (PC). Para determinar el PC, se trabajó la muestra sin humedad en la bomba calorimétrica de oxígeno CAL3K-AP, en el laboratorio de Gadere by Veolia en Petrillo, utilizando como base el manual de DDS Calorimeters Operations Manual V. 1.0 (Digital Data Systems, 2021). Esta es una bomba isotérmica, adiabática e isobárica semi-automática, cuenta con una precisión <0,01%, utiliza cápsulas de gelatina, y posee discos de cubierta para crisoles.

Se realizó prueba de calibración previa. Para el análisis, se utilizó 1 g de biomasa, en 3 análisis por cultivo (orgánico, inorgánico), el cual fue sometido a combustión, donde el poder calorífico es el calor que esta muestra emite al entrar en ebullición (MJ/kg).

Luego de la obtención del poder calorífico, se procede a estimar el potencial energético de la biomasa. Se utiliza la siguiente ecuación (3) planteada en el estudio de Landaverde (2018):

$$(3) \quad MJ = M \times PC$$

Donde,

MJ= Energía (MJ, Megajulios)

M= Masa del residuo (kg)

PC= Poder calorífico (MJ/kg)

Para comparación final se transforman los valores de MJ a kWh, utilizando el factor de conversión 1 Megajulios = 0.2778 Kilovatios hora.

Además, se pudo comparar con los valores referenciales (tabla 2) del poder calorífico y energía eléctrica del estudio de Landaverde (2018).

Tabla 2. Potencial energético de la biomasa residual seca de Zamorano

Residuo	Poder calorífico (J/g)	Energía eléctrica (MWh/año)
Aserrín	17835.33 ±49.33	12.06
Olote	16410.20±19.33	995.20
	Landaverde (2018)	

Factibilidad económica

El estudio de viabilidad económica permite conocer la cantidad de energía contenida en la biomasa residual. Además, da a conocer los valores que esta biomasa representaría en kWh para la empresa mediante una proyección mensual y anual. De la página virtual de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), se obtuvieron los valores de las planillas eléctricas para el año 2021 de la fábrica Diana Food S.A. Se determinó la cantidad mensual de residuos producidos en la fábrica. Luego se obtuvo el potencial energético mensual, el cual fue calculado utilizando el PE previamente obtenido (ecuación 3) y los kg mensuales de residuos (Landaverde, 2018). Finalmente, para cada valor mensual de PE se utiliza el factor de conversión 1 MJ equivale a 0.2778 kWh, dando como total el valor de kWh contenido en la biomasa residual mensual.

Análisis de datos

Para el análisis de datos se realizó pruebas de normalidad con test Shapiro-Wilk, para determinar la homocedasticidad se utilizó el test de Levene. Donde si el valor $p > 0.05$ se determina que los son datos paramétricos y homogéneos. Para la comparación de medias y determinación de la significancia se utilizó el test Kruskal Wallis en las variables: cenizas y humedad. Para las variables de: lignina, poder calorífico y potencial energético se utilizó el test ANOVA. Donde si el valor $p < 0.05$ se determina la existencia de diferencias significativas. Se obtuvo gráfico de correlación. Para todos los análisis de datos se utilizó el software estadístico R versión 4.1.1, RStudio versión 1.4.1717 .

RESULTADOS

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en laboratorio para cada variable según su origen. El test de normalidad determinó que las variables de humedad y cenizas son no paramétricas, el test correspondiente de comparación de medias muestra diferencias significativas en humedad. Los datos de lignina, poder calorífico y potencial energético son datos paramétricos, el test de comparación de medias muestra que existen diferencias significativas en la lignina.

Tabla 3. Resultados de laboratorio para las variables en estudio según el origen de la muestra

Variables	Origen de la muestra		Valor p
	Orgánico	Inorgánico	
Humedad (%)	79,46 ± 0,01	77,43 ± 0,04	0,0463
Cenizas (%)	10,67 ± 0,57	11,33 ± 1,15	0,3613
Lignina (%)	34,63 ± 0,49	24,5 ± 0,87	0,0414
Poder calorífico (Mj/kg)	29,15 ± 0,39	28,55 ± 0,11	0,8747
Potencial energético (Mj)	0,02915 ± 0,00	0,02855 ± 0,00	0,8747

Se identifican medias con su respectiva desviación estándar (\pm), el valor de significancia para lignina se obtuvo mediante prueba ANOVA, para el valor de significancia de humedad se usó el test Kruskal Wallis.

Se realizó prueba de correlación entre las variables lignina y potencial energético. A pesar de existir diferencias significativas entre ambos orígenes, se realizó un gráfico (Imagen 1) utilizando los datos tanto de las muestras de origen orgánico como de origen inorgánico, esto dado a la cantidad reducida de muestras. En la imagen se diferencia los orígenes con cuadrados (orgánico), círculos (inorgánicos).

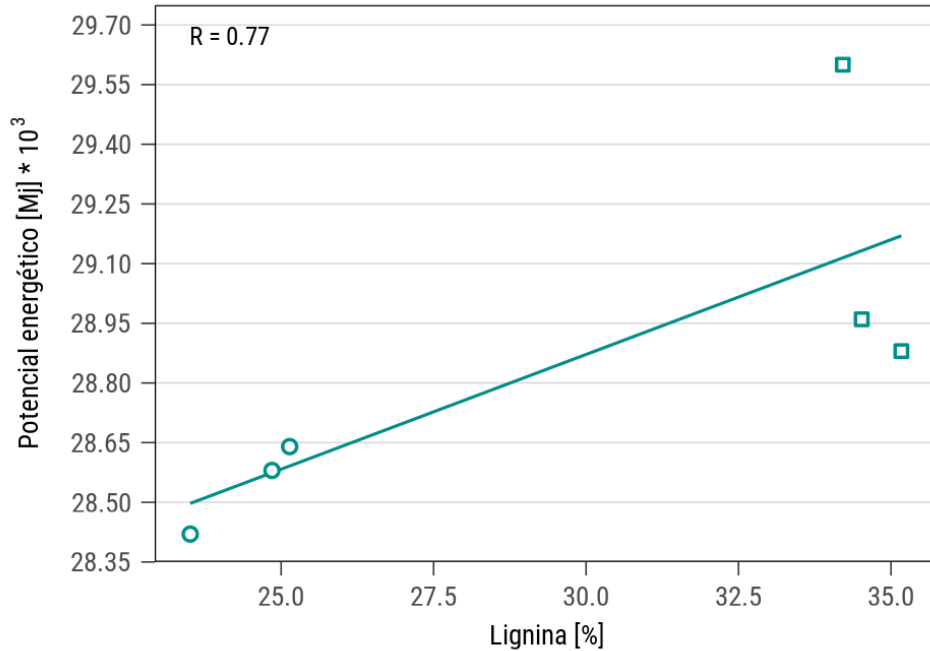


Imagen 1. Correlación entre variables lignina y potencial energético

El valor del coeficiente de correlación lineal $r = 0,77$ y coeficiente de determinación $R^2 = 0,59$, muestran que existe 77% de relación entre ambas variables. El valor p de la correlación es de 0,07.

En la tabla 4, se muestran los valores de entradas de banano durante el 2021, obtenidos con báscula de camiones a la entrada de la fábrica donde el total de ingresos es la diferencia obtenida entre el peso del camión lleno y el peso del camión vacío. Los valores de residuos se calcularon con el indicador de fábrica donde las cáscaras equivalen aproximadamente al 40% del peso del banano.

Tabla 4. Energía eléctrica consumida, ingresos y residuos de cáscaras durante 2021

Mes	kWh	Ingreso (kg)	Residuos (kg)
enero	544723	4192879	1677151,6
febrero	609771	4011270	1604508
marzo	549358	4518990	1807596
abril	594583	4158500	1663400
mayo	580211	4790730	1916292
junio	609908	5202610	2081044
julio	583269	5608330	2243332
agosto	636708	4723410	1889364
septiembre	635567	3767120	1506848
octubre	633779	4429580	1771832
noviembre	670858	3764250	1505700
diciembre	634918	4644730	1857892
Total anual	7283653	53812399	21524959,6

En la tabla 5, se muestran los valores obtenidos de potencial energético en MJ, para los valores del 2021 se calculó un PE anual de 622399 MJ. Este valor transformado en kWh nos indica la cantidad que representa en energía según la biomasa residual mensual, la suma de todos los meses nos da 172907 kWh anuales. El valor del kWh en la provincia de El Oro equivale a 0.07 centavos de dólar, este puede ser usado como referente económico según la biomasa residual contenida. Sin embargo, este valor no debe ser tomado como definitivo ya que en procesos tales como la combustión pueden existir pérdidas energéticas.

Tabla 5. Potencial energético mensual (MJ) y equivalente en kWh según residuos de cáscaras mensuales

Mes	Residuos (kg)	Potencial energético/mes (Mj)	Equivalente kWh/mes
enero	1677151,6	48495	13472
febrero	1604508	46395	12889
marzo	1807596	52267	14520
abril	1663400	48098	13362
mayo	1916292	55410	15393
junio	2081044	60174	16717
julio	2243332	64866	18020
agosto	1889364	54631	15177
septiembre	1506848	43571	12105
octubre	1771832	51233	14233
noviembre	1505700	43538	12095
diciembre	1857892	53721	14924
Total anual	21524959,6	622399	172907

DISCUSIÓN

Las características físico-químicas de los residuos son indispensables para poder determinar la posibilidad de su aprovechamiento. El contenido de humedad en residuos con un valor porcentual inferior al 25% aumenta su aptitud para ser usado en tratamientos termoquímicos como la combustión (Landaverde, 2018). Los resultados de los análisis de este estudio presentados en la tabla 3 muestran una humedad entre el 77-79%. El alto contenido de humedad en las cáscaras de banano muestra que no son aptas para el tratamiento termoquímico, para esto deberán pasar previamente por un proceso de deshidratación durante mayor tiempo al realizado en este estudio, hasta llegar a valores adecuados para su uso. Lo cual se convierte en un paso adicional para lograr el aprovechamiento y a su vez mayor inversión para la empresa. También, se podrían considerar otros tipos de aprovechamiento tales como digestión anaerobia donde la biomasa se convierte en biogás, de acuerdo a Ramírez (2017) para este tipo de degradación el porcentaje de humedad debe ser mayor a 50%, como lo es en el caso del valor de humedad obtenido en este estudio.

El contenido de cenizas debe ser lo menor posible para evitar daños en los sistemas de combustión, o un constante mantenimiento que implicaría inversiones económicas mayores. En el estudio de Landaverde (tabla 2), se determina que el valor de cenizas no debe ser superior a 0,7%. En el caso del olote, presenta 1,76% de cenizas por lo tanto no es apto. Mientras que, el aserrín con 0,43% sí es apto para uso en combustión. Para el presente estudio, se muestran valores entre 10-11,5% lo cual disminuiría la eficacia del equipo de combustión asociados a problemáticas tales como las emisiones de polvo, mantenimientos, presencia de escorias en incrustaciones en los intercambiadores de calor (Suramaythangkoor et. al., 2010). Este valor de cenizas podría estar relacionado a la cantidad de lignina que se produce.

La lignina se encuentra disponible en gran cantidad al ser el segundo polímero con mayor abundancia en la biomasa vegetal, la cual posee propiedades energéticas comparables a las de combustibles sólidos (Torres et. al., 2015). En el estudio de Ramos, donde se analiza la lignina de paja de trigo se obtuvieron porcentajes de 20,81% representando una alta propiedad térmica de 22,91 Mj/kg. En el presente estudio, el porcentaje de lignina se encuentra entre el 24,5-34,7% y representa un poder calorífico aproximado entre 28-30 Mj/kg, valores similares entre los cultivos de paja de trigo y cáscaras de banano. Se realizó prueba de correlación (r) entre las variables lignina y potencial energético, donde el coeficiente r cercano a 1 significa una relación estrecha entre ambas variables. La correlación entre el valor de lignina y potencial energético (equivalente al poder calorífico) demuestra un porcentaje elevado en la relación entre estas dos variables (Imagen 1), dado al número reducido de muestras, la correlación se obtuvo al unir datos de ambos cultivos, el valor p indica una no significancia ya que es mayor a 0.05.

Existe un total de 21524959,6 kg de residuos disponibles anuales en la fábrica, según el estudio la biomasa de estos representa 172907 kWh anuales. Esta es la energía potencial contenida dentro de la biomasa residual. Al comparar los datos anuales de energía eléctrica de las cáscaras de banano, con los resultados obtenidos por Landaverde (tabla 2), se pudo evidenciar que los valores encontrados en este estudio en términos de kWh superan los del aserrín, sin embargo, no los del potencial energético del olote. En estudio de Aguilar (2019) donde se realiza la estimación del potencial energético contenido en la biomasa residual de las partes de: pseudotallo, peciolo y hojas se obtuvieron valores de

12849 toneladas anuales para el cantón Machala que equivaldrían a 9940000 kwh/anuales, una cantidad de energía mayor a la obtenida con el peso de las cáscaras. Cabe destacar que el resultado del presente estudio no debe ser considerado como valor representativo total de la energía que se ahorra en un año ya que dentro de los procesos de transformación existen barreras, tales como fugas en el precalentador, que pueden reducir su rendimiento (Canalis, 2012). Las cáscaras de banano presentan la desventaja de su alta humedad comparado con la biomasa seca de otras partes de la planta del banano tales como el raquis, el tallo, o las hojas. Sin embargo, es indispensable la debida gestión de los residuos de estas en especial si se dan a grandes volúmenes como es el caso de Diana Food.

Limitaciones del estudio

Entre las limitaciones de este estudio se puede mencionar el tamaño de la muestra, al ser un análisis estadístico la significancia de este está ligado al número de muestreos, en este caso se pudo evidenciar la poca cantidad de muestreos afectó los resultados durante las pruebas de comparación de medias. Otra limitación es el tema logístico al momento de realizar el análisis de poder calorífico, la bomba calorimétrica se encontraba en un laboratorio de empresa privada ubicado en el cantón Petrillo, para el cual el acceso era restringido por lo que las pruebas debieron hacerse en un tiempo limitado. Además, el del tiempo de secado en el horno debió de incrementarse debido a la gran humedad de la cáscara.

CONCLUSIÓN

Las cáscaras de banano *Cavendish* del cultivo orgánico e inorgánico tuvieron diferencias significativas en las variables de humedad y lignina. La alta humedad de las cáscaras de banano *Cavendish*, y el alto contenido de cenizas no las hacen aptas para un aprovechamiento termoquímico, tal como la combustión. A pesar de ello, se pudo encontrar un valor considerable de potencial energético, encontrando una correlación de este con la lignina. La relación entre la lignina y el potencial energético dio un valor de 77%, sin embargo, su valor p dio como resultado la no significancia de los datos. El uso de las cáscaras muestra una viabilidad en términos energéticos de 172907 kWh/anuales, que al ser

multiplicados por el costo de este en la provincia podrían convertirse en una ventaja para la fábrica. Sin embargo, se debe considerar factores externos tales como las fugas que se producen en los procesos de transformación energética, que pueden reducir la eficiencia y por lo tanto el valor de kWh que este residuo puede producir. Se muestra la viabilidad económica en términos de kWh contenidos en BR, más no valores finales luego de transformación energética. Este estudio no muestra valores económicos en términos de dólar, ya que estos pueden verse afectados por los mismos factores externos y no deben ser tomados como valores de ahorro económico finales. Para que se pueda realizar una comparación estadística más acertada, se recomienda aumentar el número de muestras analizadas en laboratorio. Además, se recomienda aumentar el tiempo de deshidratación de la muestra. Para futuros estudios se puede considerar analizar la viabilidad de usar tratamientos biológicos como la digestión aerobia ya que estos se ajustan a las características físico-químicas encontradas en el estudio. La agroindustria bananera tiene una alta disponibilidad de residuos. Darle un aprovechamiento energético a la biomasa residual es una alternativa la cuál es necesaria para disminuir nuestros impactos negativos en el ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, D. (2019). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual de cultivo de banano en el cantón Machala, El Oro, Ecuador* [Ebook] (pp. 4-45). Retrieved 3 June 2021, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18090/1/UPS-CT008600.pdf>.
- A.O.A.C (Association of Official Analytical Chemists). (1984). *Official methods of analysis*. 14th ed. Arlington, Virginia, USA. Cap. 4.
- Baquero, M. y A. Lucio-Paredes. (2010). La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo. *La Granja*. Vol. 11 (1). Pp 44-46.
- Beltrán Pinilla, A. C., & Guerrero Aguilera, Y. A. (2018). *Elaboración de manual y procedimientos de la bomba calorimétrica PARR 6300 de la Universidad de La*

Salle para la determinación del poder calorífico de muestras sólidas de interés ambiental. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1790&context=ing_ambiental_sanitaria

Calderón, M., Andrade, F., Lizarzaburu, L., & Masache, M. (2017). *Valorización económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador* [Ebook] (1st ed., pp. 5-40). Santiago: CEPAL. Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41830/1/S1700556_es.pdf

Canalís, P. (2012). *Co-combustión de biomasa forestal en una central térmica de carbón pulverizado de bajo rango: influencia del tamaño de partícula en el comportamiento de la caldera* [Ebook] (pp. 167-280). Zaragoza: Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Zaragoza. Retrieved from <https://zaguan.unizar.es/record/9940/files/TESIS-2013-010.pdf>

Carhuanchó, F. (2015). *Valorización energética de la Biomasa Residual Agrícola de banano y mango en la región de Piura-Perú* [Ebook] (pp. 15-59). Retrieved 3 June 2021, from http://oa.upm.es/51182/1/TFM_FANNY_MABEL_CARHUANCHO_LEON.pdf.

Chirinang, P., & Intarapichet, K. (2009). Amino acids and antioxidant properties of the oyster mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju*. *Scienceasia*, 35(4), 326. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2009.35.326>

Cogeneración de energía eléctrica – Ingenio San Carlos. (2020). Retrieved 20 March 2022, from <https://www.sancarlos.com.ec/modelo-de-produccion-sostenible/cogeneracion-de-energia-electrica/>

Corporación Financiera Nacional del Ecuador. (2021). *FICHA SECTORIAL BANANO Y PLÁTANO*. Retrieved 3 January 2022, from <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Banano.pdf>.

Davey, M., Gudimella, R., Harikrishna, J., Sin, L., Khalid, N., & Keulemans, J. (2013). “A draft Musa balbisiana genome sequence for molecular genetics in polyploid, inter- and intra-specific Musa hybrids”. *BMC Genomics*, *14*(1), 683.

<https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-683>

Digital Data Systems DDS. (2021). *DDS CALORIMETERS OPERATIONS MANUAL*

[Ebook] (1st ed., pp. 19-30). Retrieved 15 February 2022, from

<https://www.ddscalorimeters.com/>.

El clima y el tiempo promedio en todo el año en Pasaje. (2022). Retrieved 20 March 2022, from

<https://es.weatherspark.com/y/19337/Clima-promedio-en-Pasaje-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Fernández-Puratich, H., Oliver-Vilanova, J., Valiente, M., Verdú, S., & Albert, N. (2014).

Desarrollo de pellets a partir de tres especies leñosas bajo condiciones mediterráneas. *Madera Y Bosques*, *20*(3), 97-111.

<https://doi.org/10.21829/myb.2014.203155>

González Ávila, María Eugenia (2009). Producción de bioenergía en el norte de México: tan lejos y tan cerca. *Frontera Norte*, *21*(41), 177-183. [fecha de Consulta 8 de Junio de 2021]. ISSN: 0187-7372. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13604108>

Guerrero, A., Aguado, P., Sánchez, J., & Curt, M. (2015). GIS-Based Assessment of Banana Residual Biomass Potential for Ethanol Production and Power Generation: A Case Study. *Waste And Biomass Valorization*, *7*(2), 405-415.

<https://doi.org/10.1007/s12649-015-9455-3>

Guerrero Faquiez, R., & Valenzuela Silva, L. (2011). Agroindustria y

Medioambiente. *Trilogía. Ciencia, Tecnología, Sociedad*, *23*(33), 63-83. Retrieved 8 June 2021, from

https://sitios.vtte.utem.cl/trilogia/wp-content/uploads/sites/9/2018/01/trilogia_medio_ambiente.pdf.

- Hueso, A. (2012). *Metodología y técnicas cuantitativas de investigación* [Ebook] (1st ed.). Valencia: Editorial Universitat Politècnica de Valencia. Retrieved from https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17004/Metodologa%20y%20tcnicas%20cuanitativas%20de%20investigacin_6060.pdf?sequence=3
- International Energy Agency. (2018). *CO2 Emissions from Fuel Combustion 2018 Overview*.
- Landaverde Ventura, A. (2018). *Potencial energético de la biomasa residual de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano* [Ebook] (pp. 1-11). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Retrieved 30 July 2021, from <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6378>.
- Loja Sanchez, C. (2017). *Optimización de los residuos de cascarilla de arroz mediante pretratamiento por hidrólisis ácida para la obtención de azúcares reductores* [Ebook] (pp. 44-55). Universidad de Cuenca. Retrieved 29 July 2021, from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26247>
- López Giraldo, J., Cuarán Cuarán, J., Arenas García, L., & Flórez Pardo, L. (2014). Usos potenciales de la cáscara de banano: elaboración de un bioplástico. *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales*, 1, 7. <https://doi.org/10.23850/24220582.109>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Análisis del mercado del banano* [Ebook] (p. 4). FAO. Retrieved 8 June 2021, from <http://www.fao.org/3/ca5626es/CA5626ES.pdf>.
- Quevedo de Minuche, P., & Patiño Granda, J. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural La Peaña 2015* [Ebook] (pp. 44-69). Retrieved 25 July 2021, from http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fapp.sni.gov.ec%2Fsni-link%2Fsni%2FPORTAL_SNI%2Fdata_sigad_plus%2Fsigadplusdiagnostico%2F0760030330001_DIAGNOSTICO%2520PDyOT%25

[20LA%2520PEA%25C3%2591A%25202015_12-06-2015_10-58-56.pdf&cien=7227492&chunk=true.](#)

- Ramírez, L. (2017). Potencial energético de la biomasa residual pecuaria del departamento de Cundinamarca. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rojas, A., Rodríguez-Barona, S., & Montoya, J. (2021). *Evaluación de Alternativas de Aprovechamiento Energético y Bioactivo de la Cáscara de Plátano*. Scielo. Retrieved 3 June 2021, from https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000500011&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C.*, 15-4.
- Schwanninger, M., & Hinterstoisser, B. (2002). Klason Lignin: Modifications to Improve the Precision of the Standardized Determination. *Holzforschung*, 56(2), 161-166. <https://doi.org/10.1515/hf.2002.027>
- Serrano, J., Mejía, W., Ortiz, J., Sánchez, A., & Zalamea, S. (2017). Determinación del Potencial de Generación Eléctrica a Partir de Biomasa en el Ecuador. *Revista De La Facultad De Ciencias Químicas*, (1390.1869), 41-61. Retrieved from <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1592/1252>
- Suramaythangkoor, T., & Gheewala, S. (2010). Potential alternatives of heat and power technology application using rice straw in Thailand. *Applied Energy*, 87(1), 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.06.018>
- Tirado, Diego F, Montero, Piedad M, & Acevedo, Diofanor. (2015). Comparative Study of Methods for Moisture Determination of Several Food Matrices. *Información tecnológica*, 26(2), 03-10. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>
- Torres Ramos, R., Montero Alpírez, G., Stoytcheva Stillianova, M., Beleño Cabarcas, M., Toscano Palomar, L., & Pérez Pelayo, L. (2015). Lignina obtenida de residuos

agrícolas como biocombustible de tercera generación. *Ciencia Y Tecnología*, 1(15).
doi: 10.18682/cyt.v1i15.290

Valdés-Rodríguez, O. (2018). EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE PLANTACIONES PARA BIOCOMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS Y RETOS PARA MÉXICO. *Agro Productividad*, 9(2). Recuperado a partir de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/718>

Vargas Corredor, Y., & Pérez Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>

Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). La producción de banano en la provincia de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189-195.