



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

EMPLEO DE MAZORCAS DE CACAO COMO DESECHO AGRÍCOLA PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA LIMPIA

**USE OF COCOA PODS AS AGRICULTURAL
WASTE TO OBTAIN CLEAN ENERGY**

José Antonio Montalván Salinas

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Andrea Paola Cárdenas Jarrín

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Arnaldo Antonio Andrade Urquiza

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Fabricio José Cedeño Castro

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

Francisco Alexander Lozada López

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.14866

Empleo de Mazorcas de Cacao como Desecho Agrícola para la Obtención de Energía Limpia

José Antonio Montalván Salinas¹

j_montalvan@istsb.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-0075-5910>

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Ecuador

Andrea Paola Cárdenas Jarrín

acardenasj@unemi.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-6765-5554>

Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

Arnaldo Antonio Andrade Urquiza

a_andrade@istsb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7773-3742>

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Ecuador

Fabrizio José Cedeño Castro

f_cedeno@istsb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6580-3099>

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Ecuador

Francisco Alexander Lozada López

f_lozada@istsb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4043-5669>

Instituto Superior Tecnológico Simón Bolívar
Ecuador

RESUMEN

El cacao es uno de los principales cultivos agrícolas que se produce en Ecuador. Como sabemos, todos los cultivos generan desperdicios, en este caso la cáscara de la mazorca del cacao representa aproximadamente el 80 % del peso total del producto, siendo una materia de interés para generar energía. El trabajo se realizó con la colaboración de la Hacienda María Gutiérrez, ubicada en Mariscal Sucre, provincia del Guayas, la cual tiene 40 hectáreas de cacao CCN51. Se realizaron los cálculos y se determinó un valor de 6,7 toneladas métricas de cáscara de mazorca de cacao en el mes. Las cáscaras de mazorcas de cacao se secaron hasta disminuir su humedad del 88% al 18%, siendo un valor aceptable para los análisis posteriores. Se realizaron varias determinaciones analíticas, dentro de estas el poder calorífico inferior, dando un valor de 12846,3 kJ/kg. Por lo tanto, el uso de la cáscara de mazorca de cacao es un desecho agrícola con potencial para la generación de energía limpia, ya que nos ayuda a la sostenibilidad energética, reduciendo el impacto ambiental que genera la energía no renovable.

Palabras clave: energía, energía limpia, biodigestor, cacao, medio ambiente

¹ Autor principal

Correspondencia: j_montalvan@istsb.edu.ec

Use of Cocoa Pods as Agricultural Waste to Obtain Clean Energy

ABSTRACT

Cocoa is one of the main agricultural crops produced in Ecuador. As we know, all crops generate waste, in this case the cocoa husk represents approximately 80 % of the total weight of the product, being a matter of interest to generate energy. The work was carried out with the collaboration of Hacienda María Gutiérrez, located in Mariscal Sucre, Guayas province, which has 40 hectares of CCN51 cocoa. Calculations were made, and a value of 6.7 tons of cocoa pod husks per month was determined. The cocoa pod shells were dried to a moisture content of 88% to 18%, an acceptable value for subsequent analysis. Several analytical determinations were made, including the lower calorific value, giving a value of 12846.3 kJ/kg. Therefore, the use of cocoa husk is an agricultural waste with potential for the generation of clean energy, since it helps us to energy sustainability, reducing the environmental impact generated by non-renewable energy.

Keywords: energy, clean energy, biodigester, cocoa, environment

Artículo recibido 02 noviembre 2024

Aceptado para publicación: 28 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

El cacao es uno de los productos con mucha demanda en nuestro país, ya que a partir de este se elaboran chocolates y demás derivados que se obtienen de sus semillas. También el cacao es una fuente rica en minerales (particularmente potasio), fibra (incluyendo lignina, celulosa, hemicelulosa y pectina) y antioxidantes (ácido fenólicos).

El Ecuador es el quinto país productor de cacao en el mundo, con una producción de 328 toneladas reportadas en el año 2020. Además, es el séptimo país en el mundo en cuanto a superficies de sembríos, teniendo 527 ha con un rendimiento de 0,6 t/ha/año (García-Briones et al., 2021).

Una gran cantidad de desechos de esta producción se entierra, se usa como alimentos para animales, como abono natural. Otra de las prácticas comunes es dejar este material al aire libre produciendo contaminación al momento de ser quemado. Por otro lado, la globalización y la competitividad de generar energía a menor costo a nivel mundial, nos lleva a buscar un producto agrícola, que sea fácil de obtener en nuestro medio, como es el caso del cacao, y del cual se pueda sacar beneficios secundarios. Además, una de las principales fuentes de ingresos económicos en países latinoamericanos y del resto del mundo son los cultivos agrícolas, por esta razón existen varios trabajos y publicaciones donde se pretende aprovechar eficientemente estos productos.

En nuestro país, en el trabajo realizado por Tenesaca (2019), se evaluó el balance energético para la producción de bioetanol, mediante el uso de mucílago de cacao, generando una opción de biocombustible, la cual pudiese implementarse en nuestro territorio.

Según Molano (2021), en su trabajo de tesis realizado en Colombia evaluó las propiedades mecánicas de la cáscara de cacao, donde concluye, que el material compuesto por cáscara de cacao presenta propiedades mecánicas similares que la de la madera, evidenciando la utilidad de esta materia prima para generar nuevos materiales, así como la reducción de la contaminación ambiental debido a la generación de estos desperdicios.

Por otro lado, en El Salvador presentaron un estudio para la elaboración de un sustrato nutritivo hecho a partir de cáscaras de cacao para la producción de plántulas de hortalizas, resaltando que las mazorcas generalmente son desechadas dentro de los mismos cultivos y generan problemas como la proliferación de insectos y microorganismos patógenos (Jacobo J & García B, 2022).

Mientras que Costa de Marfil (Justo, 2019), uno de los países con mayor producción de cacao a nivel mundial, ya tiene puesto en marcha el proyecto para la creación de la primera planta termoeléctrica del mundo, empleando desechos de cacao, estimando una producción entre 60 a 70 MW. Este proyecto gubernamental fue seleccionado para recibir subvenciones por la Agencia de Estados Unidos para el comercio y el desarrollo (USTDA) y pretende en un futuro, luego de corroborar el funcionamiento de esta, la creación de nueve centrales eléctricas más, alimentadas con residuos de cacao.

La búsqueda de la generación de energías limpias en el país es imprescindible dada la importancia socioeconómica que tienen y su utilidad en la disminución del CO₂ y otros gases.

Según el atlas bioenergético ARIAE (2014), el Ecuador es un productor de biomasa ya que dispone de muchos recursos agrícolas, pecuarios y forestales, de cuyos desperdicios se puede obtener suficiente materia orgánica para generar energía limpia y renovable.

Este aprovechamiento dependerá de varios factores, entre ellos, la localización de dichos recursos, la cantidad de residuos orgánicos disponibles, las condiciones del sector agrícola y el potencial calorífico determinado.

Se encontraron tres sectores con potencial energético en el Ecuador, el forestal, pecuario (aves, porcina, vacuna) y agrícola (arroz, caña de azúcar, cacao, palma africana y piña), para promover un mayor uso de energía limpia, así reduciendo el uso de combustibles fósiles y mejorando la matriz energética del país.

Según el Instituto de Investigación geológica y energética IIGE (2022), se han evaluado diferentes tipos de biomasa en residuos forestales, sólidos urbanos, agrícolas, microalgas entre otros y han propuestos diferentes alternativas para el aprovechamiento energético a través de tecnologías como pirólisis, peletización, biodigestión, gasificación, cogeneración de procesos de conversión biológica entre otros. El IIGE ha realizado varios proyectos y publicaciones desde el año 2013 hasta la actualidad.

El atlas del sector eléctrico del Ecuador (ARCERNNR, 2022), indica que en el año 2021 la capacidad de generación de biomasa fue de 144.30 MW de potencia nominal y 136.40 MW de potencia efectiva, repartida en dos provincias; Cañar con 29.80 MW de potencia nominal y 27.60 MW de potencia efectiva y Guayas con 114.50 MW de potencia nominal y 108.80 MW de potencia efectiva, siendo la biomasa la segunda fuente de energía limpia en el Ecuador.

Según la información publicada por la Corporación Financiera Nacional (2021), existieron 116 empresas que se dedicaron al cultivo de cacao, de las cuales el 60% de estas compañías se ubican en la provincia del Guayas.

Tanto la producción como la superficie cosechada de este rubro, mostró una tendencia creciente en el periodo que fue analizado, mismo que abarcó desde el año 2016 al 2019, evidenciándose un incremento en la producción del 21% y del 5% en las superficies cosechadas, tomando como referencia los valores correspondientes al año 2018.

De acuerdo con el análisis realizado por la Corporación Financiera Nacional (2021), la producción de cacao para ese año fue de 283680 Tm, siendo Guayas, Los Ríos y Manabí, las tres provincias más productivas, con un aporte del 31%, 24% y 14% respectivamente de un total de 20 provincias que cultivan cacao en el país.

Considerando la información anteriormente detallada a la par de la alta producción de cacao se van generando desechos y desperdicios, que deben ser manejados por los pequeños agricultores y/o fábricas que cultivan, producen y procesan este producto.

Como sabemos en el país, los hogares, comercio y las industrias requieren el uso de energía eléctrica y calorífica para realizar sus actividades cotidianas. Tal es el caso de las industrias que necesitan de energía para el uso de sus equipos eléctricos, electrónicos, calderos, entre otros.

Uno de los medios que se puede emplear para la generación de energía, es la utilización de los desechos obtenidos en la postcosecha para producir energía eléctrica de una manera más ecológica y menos contaminante que la tradicional.

Guayas es una de las provincias que genera gran cantidad de desperdicios producidos por las haciendas y fincas dedicadas a la producción cacaotera. Adicionalmente la mayoría de las industrias que procesan cacao se encuentran en la ciudad de Guayaquil.

Con el alto poder calorífico del cacao se obtiene la biomasa aprovechable energéticamente de la mazorca y otros desechos, la humedad de mazorca se debe determinar por medio de estufa y para el cálculo se consideraría el poder calorífico inferior de la biomasa, para lo cual se debe calcular el calor latente de vaporización para obtener el rendimiento energético, en término de energía neta.

Con la cantidad de toneladas de desperdicio del cacao se pretende estimar la producción de calor y energía eléctrica. Cabe recalcar que a nivel práctico se emplean biodigestores, ya que por medio de estos se puede generar energía renovable, así como actualmente lo están implementando países como Argentina y México (Van Damme et al., 2018).

El empleo de un biodigestor es una alternativa que no solamente resuelve una problemática ambiental al momento de darle un adecuado manejo a la materia orgánica, sino que representaría un posible ahorro económico al volverse autosustentable en la generación de energía eléctrica.

Hasta el momento hay poco interés en los desechos del cacao, cuyo poder calorífico es alto, lo cual sería rentable en la generación de energía. Además, nos permitiría generar fuentes de empleo para la logística del proceso, como son las etapas de recolección, transporte, almacenamiento y procesamiento de los desperdicios del cacao, trabajando en conjunto con los habitantes del sector para que así puedan crecer económicamente.

El uso exitoso de estos desechos nos garantizaría la producción de energía calorífica y energía eléctrica para el uso de la comunidad. Esto nos agrega un valor a la cadena de producción de cacao, dándonos otros beneficios económicos.

De esta manera se puede aprovechar el desperdicio de la mazorca de cacao e implementarlo como una energía alternativa o limpia para la producción de energía térmica y eléctrica por medio de un biodigestor, usando alguna de las tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa.

Con el poder calorífico de la mazorca de cacao, la cual tiene como promedio 14.00 Mj/kg (Carvajal-Jara et al., 2018) se podría generar 583 kilovatios/horas/ hectárea, valores que van a depender principalmente de la eficiencia del biodigestor y la cantidad de desperdicios obtenidos en la postcosecha.

Mientras que con un barril de petróleo cuyo poder calorífico es de 49.62Mj/kg se genera 1700 kilovatios-horas. Con lo expuesto se evidencia la importancia que tiene la producción de biomasa generada por el cultivo del cacao, lo cual nos servirá como alternativa para generar energías limpias y por otro lado disminuir los gases de efecto invernadero y mejorar el medio ambiente.

METODOLOGÍA

En el desarrollo del presente trabajo se utilizó la investigación de tipo proyectiva, basándose en la recolección de información, la cual nos permitió validar e interpretar los resultados alcanzados y resolver nuestra interrogante de estudio.

El presente trabajo tuvo un diseño de campo no experimental, en cuanto se realizó el estudio de los desperdicios del cacao donde se observó la utilidad de este en la generación de energía. Tuvo un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo).

La deducción y comparación fueron aplicadas como técnicas de trabajo para esta investigación resolviendo preguntas, utilizando datos de las haciendas y fincas como fuentes primarias y de la revisión bibliográfica como fuente secundaria en nuestro caso de estudio.

Para realizar el trabajo de campo se empleó el utilitario Excel y se aplicó estadística descriptiva para el análisis de datos y resultados. La información obtenida y recopilada nos permitió evaluar, proyectar y definir la viabilidad del estudio.

Para realizar este trabajo de investigación se realizó un muestreo inicial en la Hacienda María Gutiérrez, ubicada en Mariscal Sucre, cantón de la provincia del Guayas, Ecuador. La misma que tiene un total de 40 hectáreas sembradas con cacao de la variedad CCN-51, con plantaciones que oscilan los 20 años y cuya productividad es aproximadamente 0,6 Tm/ha/año. Se recogieron muestras de cacao para la determinación de los pesos de las mazorcas enteras, mazorcas vacías y las semillas, para luego calcular el porcentaje que representa únicamente la cáscara de la mazorca, la cual es uno de los desperdicios generados en el cultivo de cacao, para ello se emplearon un total de 100 mazorcas.

Se determinó el porcentaje en peso que representa la mazorca como desperdicio de cacao. Posteriormente se trabajó con las mazorcas vacías para darles el respectivo secado al sol y poder ponderar su rendimiento, luego de eliminar la humedad necesaria para su utilización.

Los ensayos para determinar el poder calorífico de la mazorca de cacao se realizaron en los laboratorios de una empresa de la ciudad de Guayaquil.

Para evaluar el poder energético que se encuentra en la biomasa residual del cacao se empleó el siguiente modelo matemático expresado con la siguiente fórmula.

$$PE = (Mrs) * (E) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

PE = Potencial Energético (KWh/mes)

Mrs = Masa residual seca (Tn/año)

E = Energía de residuo por unidad de masa (KWh/Tn)

Para los procesos agrícolas se debe recordar que los residuos de biomasa contienen parte del producto principal en fracciones normales mayor que la unidad según Figueroa, (2014).

En el modelo se establece que la masa seca residual en unidad del tiempo se puede expresar de la siguiente forma:

$$Mrs = A * Rc * Mrg * Yrs \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Mrs = Masa residual seca (t/año)

A = Área cultivada [ha/año]

Rc = Rendimiento del cultivo [t producto del cultivo / ha sembrada]

Mrg = Masa de residuo generado del cultivo [t residuo seco / t de producto principal]

Yrs = Fracción del residuo seco [t residuo seco / t de residuo húmedo]

La ecuación 2, aplicada a un tipo de cultivo se refiere como:

$$Mrs = \alpha * A * Rc * Mrg * Yrs \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde α tiene un valor de $1 * 10^{-6}$

Donde se obtiene la masa residual seca al mes

PCI = Poder calorífico inferior [KJ/ Kg masa seca]

Para tener el valor de generación de energía al año utilizamos la siguiente conversión

$$PCI = PCI \text{ KJ/ Kg} * 1000\text{Kg}/1\text{Tn} * 1\text{h}/3600\text{s}$$

PCI (KWh/Tn)

Obteniendo un valor

$$PE (\text{KWh} * \text{mes}) = Mrs (\text{Tn}) * PCI (\text{KWh}/\text{Tn})$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la obtención de los resultados se procedieron a realizar una serie de determinaciones que se detallan secuencialmente.

Tabla 1. Determinación de pesos de mazorcas enteras, mazorcas vacías y semillas

Muestras	Promedio del peso de mazorcas enteras (g)	Promedio del peso de semillas (g)	Promedio del peso de mazorcas vacías (g)	Promedio del porcentaje de mazorcas vacías (%)
100	787,83	150,17	637,66	80,66

Nota: Elaborado por los autores (2024)

Análisis. Empleando 100 muestras de mazorcas de cacao recolectadas de la hacienda, se determinó el peso de la mazorca entera, sus semillas y la mazorca vacía, para poder conocer el porcentaje que representaba este desperdicio, cuyo valor fue de 80,66 % como se muestra en la Tabla 1.

Las muestras fueron entregadas directamente de la hacienda para que no existiera ningún sesgo en cuanto al tamaño de la mazorca.

Tabla 2. Determinación de humedad

Muestras	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)
Cáscara de mazorca de cacao	88	18,28

Nota: Elaborado por los autores (2024)

Análisis. Se procedió a determinar la humedad de las cáscaras de mazorca, por duplicado. La humedad inicial corresponde al momento de la recolección, posteriormente se fue evaluando la pérdida de peso a los 10 días y a los 21 días, obteniéndose una pérdida de peso aproximada del 70%. Cabe recalcar que el secado se lo realizó al sol, es decir, en un medio no controlado, por lo cual, se podría optimizar el tiempo mediante el uso de secadoras automáticas.

Tabla 3. Determinación del poder calorífico

Muestra	Poder calorífico superior (kJ/kg)	Poder calorífico inferior (kJ/kg)
Cáscara de mazorca de cacao seca	14285.00	12846.33

Nota: Elaborado por los autores (2024)

Análisis. Una vez confirmada la humedad final de la cáscara de cacao, se determinó el poder calorífico superior e inferior de la muestra seca. Para los cálculos posteriores se trabajó con el resultado del poder calorífico inferior ya que esto representa el valor apropiado de la potencialidad de uso de una fuente de biomasa como combustible.

Tabla 4. Estimación del rendimiento de cáscara de mazorca de cacao seco en 40 hectáreas

Muestra	Promedio de cosecha de mazorcas al mes	Peso de mazorcas de cacao vacías (tm)	Peso de mazorcas de cacao vacías secas (tm)
Mazorcas de cacao	35040	22,34	6,703

Nota: Elaborado por los autores (2024)

Análisis. El promedio de cosecha de 1 hectarea de la finca oscila en 876 mazorcas por lo cual este valor se extrapolo para las 40 hectareas. Posteriormente empleando el promedio de peso de la mazorca vacía detallado en la tabla 1, se obtuvo el valor total de las 22,34 tm. Y considerando el porcentaje aproximado de pérdida de peso del 70%, reportado en el análisis de la tabla 2, se obtuvo el peso de las mazorcas de cacao vacías secas. Sería conveniente trabajar con datos reales, pero es entendible que contabilizar la cantidad de mazorcas obtenidas en las 40 hectareas de terreno es un trabajo que toma tiempo, y la labor del agricultor es exclusivamente recolectar su cosecha.

Tabla 5. Cálculos del potencial energético

Poder calorífico inferior PCI (KWh/Tn)	Potencial Energético PE (KWh* mes)
3568.42 KWh/Tn	23908.75

Nota: Elaborado por los autores (2024)

Análisis. Mediante el uso de las ecuaciones detalladas en la metodología y los valores tanto de la masa residual así como del valor del poder calorífico inferior de la mazorca de cacao se determinó el potencial energético. Este resultado obtenido es bastante alentador para la generación de energías limpias.

DISCUSIÓN

Un balance energético se basa en una comparación de la entrada (energía consumida) y la salida (energía producida) de un proceso en unidades de energía, principalmente en julios o calorías.

En nuestro caso se utiliza la biomasa cosechada de la cantidad de hectáreas sembradas con respecto a la cantidad de hectáreas cosechadas que tiene un rendimiento de 0,6 Tm. En la investigación realizada por Carvajal-Jara et al. (2018), bajo un diseño experimental en la ciudad de Quito, Universidad de Fuerzas Armadas, sobre la caracterización del poder calorífico de la biomasa residual del cacao CCN51 mediante el proceso de gasificación y termoquímico, indica que el poder calorífico superior de la mazorca del cacao es de 15,85 MJ/Kg y el poder calorífico inferior es de 13,36 MJ/Kg, mientras que el resultado de nuestra investigación, fue de 14,28 MJ/Kg en el poder calorífico superior y de 12,84 MJ/Kg, en el poder calorífico inferior por lo tanto, deberíamos considerar aceptable nuestros valores.

Según Valbuena & Serrano (2018), en la investigación realizada sobre aprovechamiento de la cascarilla del cacao para la generación de un producto derivado, realizado en la Universidad de la Salle, Bogotá-Colombia, en la cual añadieron cáscara de naranja con la cascarilla de cacao y obtuvieron una infusión denominada infocacao la cual presentó valores considerables en vitamina C, la cual sirve para el fortalecimiento de la salud mental, previniendo enfermedades arteriales, entre otras ventajas, con lo cual se puede evidenciar que la cascarilla de cacao también es útil para otras áreas como es el caso de la medicina.

Según Lopez (2013), en su trabajo de tesis realizada en la escuela superior politécnica del Chimborazo, en Ecuador, sobre la elaboración del compost con cascarilla de cacao que presenta una energía digestible de 2500 kcal/kg es la base de la fibra para la elaboración del compost que fue aplicado en un cultivo de rábanos, mejorando su textura, color y sabor. Lo cual nos indica que el desperdicio del cacao también se podría utilizar en el campo agrícola.

En la investigación realizada por Jiménez (2020), en INIAP, en la estación ubicada en Quevedo, estableció que el uso de mazorca de cacao enferma era útil para la obtención de biodiesel y abonos orgánicos, y determinó que un 41.70% de frutos enfermos, que se obtenía en una hectárea de sembrío, servían para producir biodiesel. En nuestro estudio no consideramos las mazorcas enfermas ya que debíamos separar todos los elementos que la componen como es el grano de cacao, el nibs, manteca de cacao y la torta, y este nos generaría un gasto adicional al proyecto.

En cambio, en una investigación realizada en Colombia, por Martínez (2021), estudió el uso de la cáscara de la mazorca de cacao, considerando tres tipos de variedades de cacao, entre ellos el CCN51, clon 39 e híbrido, obteniendo un poder calorífico que osciló entre el 15 395 a 16 670 kJ/kg, un valor muy cercano al nuestro.

Según Verdezoto et al. (2021), determinó que algunas industrias han sustituidos los combustibles fósiles por energía limpia producida por los desperdicios de la caña de azúcar, la palma africana, cascarilla de arroz, mazorca de cacao entre otros y la aplicación de los cogeneradores prácticamente ha crecido mediante el consumo de los desperdicios antes mencionado, de esta manera se ha disminuido el uso de hidrocarburos por un combustible más económico y limpio.

En nuestro caso, que corresponde al cacao, gracias a su composición, nos ayuda a que la combustión sea más eficiente, por lo tanto, se aprovecha la energía para la generación de calor (térmica) y electricidad. De esta forma se perfila como una fuente de energía limpia y amigable con el medio ambiente, ya que las emisiones de dióxido de carbono en la producción de este tipo de energía son bajas. La cogeneración nos proporciona un alto aprovechamiento de energía en una finca, hacienda e industria, ya que tiene un aumento en los niveles de potencia térmica y eléctrica, con lo que se obtiene un ahorro en la producción.

CONCLUSIONES

Se recolectó la cáscara de la mazorca de cacao en diferentes lugares de la provincia del Guayas. Se realizó un proceso de secado para disminuir la humedad y posteriormente se evaluaron diferentes parámetros entre ellos el poder calorífico obteniéndose valores de 14285 kJ/kg y 12848 kJ/kg que corresponden al poder calorífico superior e inferior respectivamente, siendo estos valores representativos para la obtención de energía eléctrica y térmica.

Con los cálculos realizados se determinó que a partir de una hectárea de sembrío de cacao se obtendría 0,16 toneladas métricas de desperdicio de mazorca de cacao y con esto se generaría un valor de 23908,75 KWh* mes

Al emplear las cáscaras de la mazorca de cacao para la obtención de energía, reduciríamos las prácticas comunes de acumular estos residuos agrícolas en las plantaciones de cacao, ya que se ha demostrado que al pasar el tiempo la materia orgánica se va descomponiendo, y al ser un proceso no controlado, podría afectar los cultivos aledaños, por lo cual al emplear este desperdicio en la generación de energía eléctrica o térmica, estamos ayudando al medio ambiente, logrando disminuir los efectos de los gases invernadero como el CO₂ que afectan nuestro planeta y generando energía limpia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A., E. C. S. (2014). *ATLAS BIONERGETICO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. ARIAE.

<http://www.mediafire.com/file/17dz5lbnwloiea6/ATLAS+BIOENERGETICO+DEL+ECUAD>

[OR](#)

ARCERNNR (Ed.). (2022). *ATLAS DEL SECTOR ELECTRICO ECUATORIANO*. DERECHOS

RESERVADOS. <https://doi.org/978-9942-07-948-0>



- Carvajal, C., Tafur, P., Villavicencio, A., Gutiérrez, E., (2018) Caracterización del poder calorífico de la biomasa residual de cacao CCN51 mediante procesos de gasificación anaeróbico y termoquímico. Recuperado 24 de nov. De 23. Científica, vol. 22, núm. 2, pp. 113-123, 2018
- Corporación Financiera nacional, (2023), Recuperado en <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>
- Figuerola, L. Q. L. B. (2014). POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR. *Fundacion Universitaria Aerea Andina*, 4(Julio), 45–57.
- García A , Pico B , Jaimez. R.(2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinergia*, 152–172.
- IIGE. (2022). *Autoridades del IIGE dan seguimiento a los trabajos que realizan los laboratorios de Biomasa y Luminotecnia*. Instituto de Investigación Geológico y Energético. <https://www.geoenergia.gob.ec/el-instituto/>
- Jacobo J..García B (2022). Obtención y caracterización de un sustrato nutritivo hecho a partir de los desechos del cacao para la producción de una plántula de hortaliza. *CIENCIA, CULTURA Y SOCIEDAD*, 8(2), 15–20. <https://doi.org/10.69789/ccs.v8i2.626>
- Jimenez J. Ponce W, Samaniego I, Rodriguez G. (2020). Primer Simposio Internacional Innovaciones Tecnológicas para Fortalecer la Cadena de Cacao en la Amazonía Ecuatoriana. *INIAP*, 27–31.
- Justo, E. B. (Ed.). (2019). *La primera central termoelectrica con desechos de cacao en Costa de Marfil*. Ecoinventos. <https://www.ecoinventos.com/>
- López, P. C. L. (2013). *ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE CASCARILLA DE CACAO* [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2562>
- Martínez, J., Novoa, R., Martínez, D., Espinosa, M., Martínez, A., Grandett, L., Contrears, J., Rodriguez, M. (2022). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Sucre. Editorial AGROSAVIA, Mosquera, Colombia.

- Molano, J. (2021). *Uso de la Cáscara de Cacao Como Fuente Primaria Para la Obtención de Materiales Aplicado a la Ingeniería Mediante el Estudio de las Propiedades Mecánicas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Tenesaca, D. (2019). *Balance energético de la producción de bioetanol a partir de mucílago de cacao CCN-51 en los cantones Camilo Ponce Enríquez y La Troncal*. Universidad de Cuenca.
- Valbuena D., C. S. (2018). *Aprovechamiento De La Cascarilla De Cacao Para La Generación De Un Producto Derivado En La Asociación De Productores Orgánicos Del Municipio De Dibulla*. Universidad De La Salle.
- Van Damme Isabella Westwood Nicholas J. Shaw Liz Robinson James S. Warren Geoff Chatzifragkou Afroditi Mason Simon McQueen Gomez Leonardo Faas Laura Balcombe Kelvin Srinivasan Chittur Picchioni Fiorella Rodriguez-Garcia Julia, L. F. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *ScienceDirect*, 14(Julio), 80–84.
- Verdezoto, L., Parco, F., Jácome, C., Katan, W., & Mora., A. (2021). ENERGÍA RENOVABLE A PARTIR DE LA BIOMASA DE LA CAÑA DE AZÚCAR. *Revista de Investigacion Talento*, 8(Enero-Junio), 9–26. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.140>