



## **Análisis del proceso agroindustrial y valoración energética de la palma africana (*Elaeis Guineensis* Jacq) en Honduras**

### **Analysis of the agroindustrial process and energy valuation of the african palm (*Elaeis Guineensis* Jacq) in Honduras**

Fredy Torres Mejía\*, Juan Alexander Torres Mejía, Laura Mariela Cantarero Reyes

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Universitario Regional de Occidente, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Santa Rosa de Copán, Honduras.

\*fredytorres@unah.edu.hn

*(recibido/received: 18-febrero-2023; aceptado/accepted: 8-mayo-2023)*

#### **RESUMEN**

Se desarrolló el análisis del proceso de la Palma Africana (*Elaeis Guineensis*) en Honduras, elaborándose la descripción del proceso, y construcción del balance de materia en cada una de sus etapas, en Honduras hay 190000 Ha de palma sembrada, siendo el segundo cultivo principal del país después del café. En el proceso el producto se recibe, pasa a la etapa de la esterilización de racimos de fruta fresca, luego los racimos es desfrutado, y los sólidos se separan de los líquidos de la parte del racimo de la palma, luego pasa a clarificación donde se separan los líquidos inmiscibles y los residuos que queden en el aceite a este proceso entra solo la parte líquida del proceso anterior con un valor determinado, para obtener el aceite listo para su refinado, después se pasa al desfibrado, aquí se toma la parte sólida del proceso de extracción y sale un producto utilizable para el siguiente proceso, donde obtienen los subproductos de fibra y almendra, después pasa al proceso de recuperación de la almendra conformado por subproductos de evaporación y cascara; en el proceso de refinado el aceite cambia al color amarillo pálido al color amarillo, que posteriormente se pasa al filtrado consiste en la descarga mecánica de la tierra utilizada en el blanqueo y la máxima recuperación del aceite. En el desodorizado sales los ácidos grasos, que finalmente sigue la fase de fraccionamiento donde se alimentan con antioxidante para obtener aceite RBD. De este cultivo se puede obtener como energía primaria 83655.94 MJ/ha-año., de los cuatro principales subproductos, energía equivalente anual a 4.41TEP, y 13.62 Ton CO<sub>2</sub> eq, y 31.75 BEP; el proceso de obtención de aceite de palma africana produce gran cantidad de biomasa, los cuales deben ser aprovechados biocombustibles, ya que representan una buena fuente de energía limpia.

**Palabras clave:** Palma Africana, balance de materia, energía primaria, biocombustible, emisiones.

## ABSTRACT

The analysis of the African Palm (*Elaeis Guineensis*) process in Honduras was developed, elaborating the description of the process, and construction of the balance of matter in each of its stages, in Honduras there are 190,000 Ha of palm planted, being the second main crop of the country after coffee. In the process the product is received, it goes to the stage of sterilization of bunches of fresh fruit, then the rachis is fruited, and the solids are separated from the liquids of the part of the bunch of the palm, then it goes to clarification where the immiscible liquids and the residues that remain in the oil are separated to this process enters only the liquid part of the previous process with a certain value, To obtain the oil ready for refining, then it is passed to the defibration, here the solid part of the extraction process is taken and a usable product comes out for the next process, where they obtain the by-products of fiber and almond, then it goes to the recovery process of the almond formed by by-products of evaporation and shell; In the refining process the oil changes to pale yellow to yellow, which is subsequently passed to the filtrate consists of the mechanical discharge of the earth used in bleaching and maximum recovery of the oil. In the deodorized fatty acids salts, which finally follows the fractionation phase where they are fed with antioxidant to obtain RBD oil. From this crop can be obtained as primary energy 83655.94 MJ / ha.year, of the four main by-products, energy equivalent annual to 4.41TEP, and 13.62 Ton CO<sub>2</sub> eq, and 31.75 BEP; the process of obtaining African palm oil produces a large amount of biomass, which must be used biofuels, since they represent a good source of clean energy.

**Keywords:** African Palm, material balance, primary energy, biofuel, emissions.

## 1. INTRODUCCION

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una planta tropical, propia de climas cálidos (Parraga, y otros, 2020) En la última década, el aceite resultante de las plantaciones de palma aceitera ha sido considerado como el segundo del mundo en términos de producción, detrás del de soja y es el primer aceite vegetal en cuanto a los volúmenes de comercio de productos oleicos (Mejía & Rivera, 2022).

Este cultivo genera un importante número de puestos de trabajo e impulsa el desarrollo agropecuario del país, no sólo desde el punto de vista del cultivo sino por la serie de negocios subyacentes que se generan. Se estima que esta actividad genera 107,000 empleos a nivel nacional. El cultivo de la palma tiene un manejo agrícola e industrial lo cual es muy sencillo, este cultivo es de alto rendimiento y es una buena opción para las tierras bajas en las regiones tropicales, la producción oscila desde 12- 14 racimos por año de 20 a 30 kg cada uno. Comienza a producir des los 18 y 24 meses (Grepalma, 2014)

La palma de aceite existe desde hace más de 5,000 años y su aprovechamiento se atribuye a los faraones egipcios. Es originaria del golfo de Guinea en el África Occidental, es por eso por lo que, popularmente, la gente se refiere a ésta como palma africana; en América, se le conoce mejor como palma de aceite y fueron los portugueses quienes introdujeron la palma al continente americano (Montenegro Contreras, 2021)

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*, var. Tenera) es una planta que produce entre 24 y 30 hojas por palma, además, tiene una producción anual de aproximadamente 12 racimos por palma, con un peso que oscila entre 20 y 30 kg por racimo. Cada fruto de la palma aceitera pesa alrededor de 10 gramos. El aceite extraído

de las almendras representa entre el 20% y el 25% del peso del racimo. La producción de aceite de palma alcanza entre 4 y 5 toneladas por hectárea al año. Por otro lado, cada racimo de la palma aceitera tiene una producción de fibras equivalente al 13% del peso y de raquis (estopas) equivalente al 22% del peso. Estos datos, proporcionados por (Muñoz, 2006), reflejan las características y la productividad de la palma aceitera *Elaeis guineensis*, var. Tenera.

El aceite de palma se refina sin necesidad de disolventes químicos, por lo que se reduce el riesgo de contaminación por residuos. El aceite de palma contiene iguales proporciones de ácidos grasos no saturados, conteniendo alrededor del 40% de ácido oleico (no monosaturado), 10% de ácido linoleico (no polisaturado), 44% de ácido palmítico (saturado) y 5% de ácido esteárico (saturado). (Fajardo, 2006) Este aceite es una fuente natural de vitamina E, tocoferoles y tocotrienoles y este aceite sin refinar también es una fuente importante de vitamina A. El aceite de palma tiene un contenido glicérido sólido alto que lo hace semisólido normalmente se usa en estado natural, sin hidrogenar (Cartagenova, 2005).

Su mayor importancia como cultivo, se alcanzó como parte de las actividades de diversificación del programa de reforma agraria, impulsado principalmente por el Gobierno de Honduras en la década de los setenta. Posteriormente se han incorporado productores independientes que han contribuido, a que el cultivo sea hoy, uno de los de mayor crecimiento de la agricultura nacional. (Fajardo, 2006).

Naturalmente libre de grasas trans, el aceite de palma se convierte en una excelente opción para sustituir el uso de aceites parcialmente hidrogenados en la industria, principal fuente de ácidos grasos trans, reconocidos mundialmente por sus efectos negativos sobre la salud cardiovascular del consumidor. (Fedepalma, 2022) La producción mundial de aceite de palma en 2006 fue de 37 millones de toneladas, obtenidas en una superficie de 8,2 Mha. Actualmente se considera que es una posible fuente de energía renovable y de carburante líquido.

La superficie plantada con palma de aceite en Honduras es de 100.000 ha, de las cuales 70.000 están en producción (INE, 2003). El rendimiento medio en fruto fresco de palma de aceite, en 1361 fincas contabilizadas, fue de 17,5 Tn/ha, con un rango entre 16 y 20 t/ha. Honduras produce 0,13 MTn. de aceite (el 8% del total del aceite de América Latina. (Herrerros, Valderrama, & Hernández, 2008)

En 1929 la United Brands recibió semillas de palma africana de diferentes líneas genéticas, procedentes de Sumatra, Java, Sierra Leona, Congo Belga y de los Estados Federados de Malaya (Malasia). Estas primeras semillas se plantaron en el Jardín Botánico de Lancetilla ubicado en Tela, Honduras. También se sembraron pequeñas áreas de prueba en las localidades de Siguatepeque (1928), Guaruma 3, Amapa y Los Dragos entre otras (GÓMEZ, 2016). La palma africana es una especie productora de aceite y su expansión se debe a su adaptación y rendimiento alto (5.5 T /ha) (Fargione, Plevin, & Hill, 2010).

Para las plantaciones de palma aceitera existentes, se pueden identificar dos campos principales para una posible optimización: uno es mejorar la gestión de la plantación, el otro es aumentar la eficiencia de la utilización de productos de desecho como fibras y cáscaras o efluentes de molinos de aceite. (Reinhardt, 2008) (Johnston & Tracey, 2007).

### Estados fenológicos de la palma de aceite durante su desarrollo vegetativo

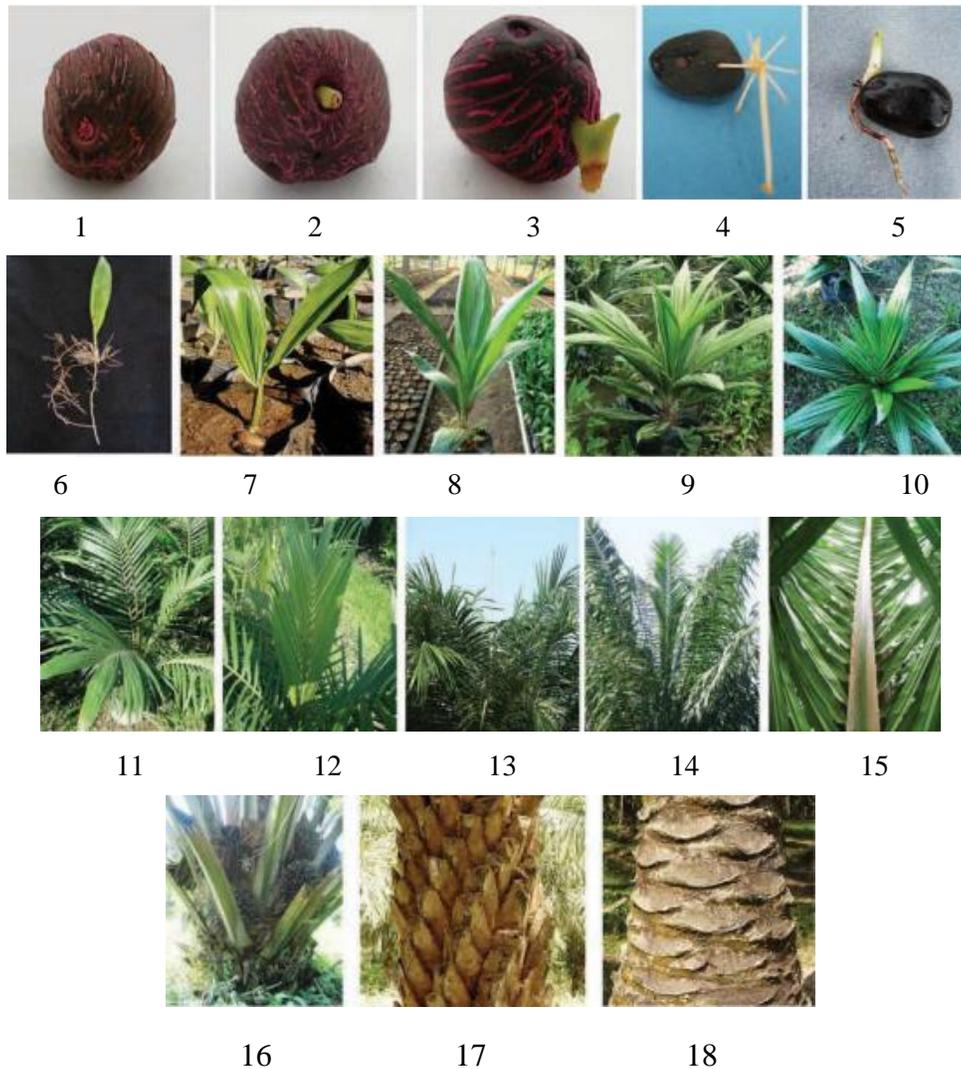


Figura 1. Fases de crecimiento de la palma. Principales fases del crecimiento, 1-5 germinación y surgimiento. 6-15 desarrollo de las hojas. 16-18 elongación de los tallos. Fuente: (Romero, Forero, & Hormaza, 2012)

Del procesamiento industrial del fruto de la palma aceitera, se obtienen tres tipos de productos comerciales: el aceite crudo de palma (proveniente del mesocarpio del fruto), el aceite de palmiste (que se obtiene de la almendra del fruto) y la torta de palmiste. De este procesamiento se generan tres subproductos: vástago, cáscara y fibra del mesocarpio. Éstos pueden ser utilizados para el cultivo de plantas en viveros, fertilizantes, materiales de relleno en vías rurales y la fabricación de productos utilizados en carpintería, entre otros. (Márquez, Márquez, & Verbel, 2016)

## Variedades de palma africana en Honduras

Variedades de palma africana más comunes en Honduras tenemos: Deli x Ekona, Deli x Avros, Deli x Compacta (Oleopalma, 2005)



Figura 2. Variedades de palma africana. Fuente (García, Altamiro, Aguilar, & Muñiz, 2016)

Deli x Ekona. Variedad estándar. Las líneas masculinas de Ekona se originaron en la Estación Experimental de Lobé en Camerún. La variedad presenta un crecimiento de tronco moderado, con un incremento anual de altura entre 60 y 70 cm. Su racimo es de tamaño mediano, oscilando entre 13 y 15 kg. (Figura 2-a)

Deli x Avros. Variedad estándar. Este material, que también es producido en Malasia, Indonesia y Papua-Nueva Guinea, proviene del cruzamiento de palmas duras Deli (Bogor, Java), con palmas pisíferas AVROS (Indonesia). Presenta un crecimiento del tronco vigoroso, con un incremento anual de altura superior a 70 cm. Su racimo es de tamaño grande, superando los 15 kg. El fruto que produce es grande, con un peso superior a 11 gramos. En cuanto al contenido de aceite en el racimo, es alto, oscilando entre el 26% y 28%. (Figura 2-b)

Compact x Nigeria. Esta variedad proviene del cruzamiento de palmas madres compactas (duras), originadas del retrocruzamiento sucesivo de un híbrido natural *E. oleifera* x *E. guineensis* de características excepcionales hacia líneas parentales *E. guineensis* con líneas paternas (pisífera), originadas de materiales introducidos de la Estación Experimental de Kade, Ghana, las cuales fueron desarrolladas por el NIFOR en Nigeria. Se caracteriza por un crecimiento del tronco lento, con un incremento anual de altura superior a 60 cm. Sus hojas tienen una longitud corta, en el rango de 7 a 7.5 cm. El racimo que produce es pequeño, con un peso de alrededor de 13 kg (Technoserve, 2009), (Figura 2-c).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque de esta investigación es cualitativo-cuantitativo de orden transversal. Dicho método es secuencial, es decir que cada etapa precede a la siguiente, parte de un problema concreto, definido, se trata de dar profundidad en la investigación, se realizó revisión literaria y se construye una perspectiva teórica, se hace uso de datos estadísticos; dada la razón este estudio es de tipo cuantitativo, se utilizará el método de observación no participante, en la cual se recabó información dentro de dos plantas agroindustriales de palma africana, que son AGROTOR S.A de C.V ubicada en San Alejo Tela Atlántida, y PALCASA S.A de CV, que está en carreta de EL Progreso a Tela, Honduras, con estas observaciones y entrevistas se construyó la descripción del proceso y el balance de materia en cada una de las etapas de dicho proceso.

Los resultados obtenidos en la evaluación de diferentes visitas que incluyen visitas mediante la recolección de datos e información con personal capacitado en la planta.

Se continuó con el siguiente procedimiento metodológico:

- ✓ Construcción de la descripción del proceso.
- ✓ Construcción e balance de materia del proceso.
- ✓ Revisión bibliográfica de las características de cada subproducto de palma para estimar la energía primaria.
- ✓ Cálculo de la energía primaria mediante el poder calorífico inferior (PCI) en KJ/Kg de cada subproducto del cultivo.
- ✓ Cálculo de la energía primaria por cada subproducto (MJ).
- ✓ Análisis de energía primaria de cada subproducto de la palma en equivalente a Toneladas Equivalentes de Petróleo TEP, Barriles equivalentes de Petróleo BEP, y Toneladas equivalentes de Ton. de CO<sub>2</sub>eq.

**Método de valoración energía primaria equivalente resultante del proceso de extracción de aceite de palma:**

- a- La energía contenida en una tonelada de aceite de palma africana lo calculamos por medio del PCI (Poder Calorífico Inferior) del aceite por la producción de aceite por una hectárea.
- b- El cálculo del Poder Calorífico Inferior (PCI) de los subproductos se desarrolló a partir de las fórmulas propuestas por el profesor Nogues, para el cálculo del poder calorífico inferior de los residuos agrícolas y forestales, y el cálculo de la energía de la biomasa, con el objetivo de ajustar la humedad del subproducto.

Lo haremos con (1) (Nogues & Garcia-Galindo., 2010):

$$PCI(x\%)[kJ / kg] = PCS(0\%)[kJ / kg] * \left( \frac{100 - x}{100} \right) - 24.49 * \left( x + 9 \frac{\%H}{100} * (100 - x) \right) \tag{1}$$

Donde:

X = Humedad de la biomasa.

PCI = Poder Calorífico Inferior [kJ /kg].

PCS = Poder Calorífico Superior [kJ /kg].

%H = % de hidrogeno contenido en la biomasa.

- c- Cálculo de la energía primaria

El cálculo del PCI es para hacer el ajuste de la humedad de los subproductos (kJ/kg), y la cantidad de subproductos generados por una hectárea, calculamos la cantidad de energía primaria (MJ/Ha. Año) por cada subproducto que se genera en el cultivo de palma africana en Ton/ha-año, adaptado la fórmula de Mejía. (Mejía F. T., 2021)

Cálculo de energía (MJ/año) de biomasa con (2),

$$E_{Biomasa} = PCI_{Biomasa} * \frac{Biomasa (Ton)}{ha.año} \tag{2}$$

Dónde:

$E_{\text{Biomasa}} = \text{Energía de biomasa (MJ/ha. año)}$

La cantidad de energía se calcula en base al balance de materia calculando la energía primaria de los tres subproductos de la palma africana que son el raquis, fibra, cascarilla y del cuesco.

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Descripción del proceso industrial de extracción del aceite de palma africana:

##### a. Recepción y Almacenamiento de Racimos:

La recolección de los racimos en las plantaciones debe seguir criterios óptimos, orientados a conseguir el compromiso más racional entre el rendimiento de extracción, calidad de aceite y los puntos de recolección. La fruta verde contiene menos porcentaje de aceite que la fruta madura, la fruta sobre madura genera aceite con alto porcentaje de acidez, por eso el rendimiento y la calidad del producto final son factores que se determinan en el campo.

El proceso inicia desde que la materia prima o racimos frescos de la palma, provenientes ya sea de las fincas del proyecto o de las fincas de los productores independientes, son ingresados a la planta. Estos racimos son pesados en dos básculas para saber la cantidad de fruta que ingresa y así programar las horas de proceso, luego estos racimos son analizados por el inspector de calidad. La fruta es procesada según cómo va ingresando a la planta, es en los meses pico o temporadas altas son septiembre y octubre. Los racimos son transportados a través de un transportador de cadena que moviliza la fruta hacia unas tolvas las cuales llenan las canastas y por medio de poleas eléctricas y rieles ingresan con todo y fruta a los esterilizadores.

##### b. Esterilización:

Los esterilizadores son calderas horizontales con vapor saturado a 42 psi y están equipados con un sistema de bloqueo de puerta, elementos de seguridad con un sistema automatizado. El objetivo en este proceso es neutralizar la acidez, aflojar la fruta del racimo, ablandar la pulpa del pericarpio, acondicionar las nueces por deshidratación, descomponer los materiales mucilaginosos para impedir la formación de materias coloidales facilitando la clarificación del aceite crudo de palma. Este conocimiento es a base de vapor directo proveniente de la caldera a una temperatura de 105 °C y a una presión de 40 psi. El tiempo de cocimiento oscila entre 45-60 minutos.

##### c. Desfrutación:

En esta operación se separa la fruta esterilizada del racimo o pinzote por medio de una jaula cilíndrica rotativa provista de unos ángulos en U, separado de tal manera que solo deja pasar la fruta suelta, impidiendo el paso del racimo vacío. Los racimos se levantan hacia arriba por efecto de la fuerza centrípeta, originada por la rotación del tambor, volviendo a caer por efecto de la gravedad y es aquí donde la fruta se separa del racimo.

##### d. Digestión y Prensado:

En esta etapa se realiza la maceración de la fruta en condiciones calientes realizadas con vapor directo, la digestión dura de 20 a 25 minutos en los digestores<sup>8</sup>, el objetivo de la digestión es aflojar el pericarpio de las nueces y romper las células oleíferas en la pulpa de la fruta y liberar el aceite. La fruta suelta que sale de las desfrutadoras mecánicas y es transportada por medio de tornillos tipo sin fin y elevadores metálicos a los digestores con el objetivo de que las prensas puedan realizar su trabajo eficientemente, es importante saber que a estos equipos se les alimenta vapor para poder hacer la mezcla más

consistente, manteniendo la temperatura entre 85 y 100 °C, de esta manera se facilita el desprendimiento del aceite de la pulpa o mesocarpio de la fruta.

Para el prensado se ocupan equipos provistos de 2 tornillos tipo sin fin, que trabajan en una caja perforada, los cuales giran en sentido contrario para hacer el exprimido de la pasta que proviene de los digestores.

En esta operación se da la separación de la materia sólida llamada torta de prensa y la materia líquida o jugo extraído de la fruta. Es aquí donde se observan las dos vías; los líquidos (agua, aceite, fibras) y los sólidos (fibra, almendras quebradas, nueces). Las nueces se separan de la fibra. La fibra es utilizada para la alimentación de la caldera y las nueces para el proceso de extracción de almendra.

**e. Clarificación:**

El jugo aceitoso que sale de las prensas consiste en una mezcla de aceite, agua, residuos celulares, materia fibrosa, arena del campo y otras impurezas, por lo que se somete a diferentes subprocesos con el objetivo final de que luego de un largo tiempo de retención tengan el reposo necesario para separar las dos sustancias realmente inmiscibles, el aceite y el agua, formando dos capas fácilmente distinguibles y mecánicamente separables.

**f. Palmistería:**

Se usan equipos neumáticos, en su mayoría destinados a separar las partículas más pesadas de las livianas. En esta área cae la torta de las prensas, la cual por medio de los equipos neumáticos es separada de la fibra de nuez. La fibra que sirve de combustible se transporta a la caldera. Posteriormente las nueces se quiebran en los molinos y se separa la almendra de la cascarilla por medios neumáticos. De la palmistería se obtienen almendras que se envían al área de palmiste donde se almacena en silos de secado provistos de un soplado de aire caliente (radiadores aire/vapor), para luego poderla procesar en una planta con capacidad de 120 toneladas/día donde se obtiene el aceite de almendra de palma africana (PKO) para exportación, y harina de almendra que se vende como suplemento alimenticio para ganado vacuno.

**g. Generación de vapor:**

En la industria de la palma, los desechos como la fibra y la cascarilla ofrecen excelentes propiedades como combustible para las calderas en las cuales se hace una combustión. En las calderas de biomasa se logra obtener en forma continua, vapor a una presión de 320 psi, el cual se usa en los procesos para cocer la fruta, mantener las temperaturas en el proceso y lo más importante para generar energía eléctrica, a través de una turbina para la movilización de todos los equipos de la planta, lo que significa que se tiene un aprovechamiento del 82-90%.

**h. Refinación de Aceite:**

El proceso industrial que comprende la planta refinadora de aceite crudo es el siguiente: se calienta el aceite crudo a una temperatura de 100-110 °C, luego se pasa a filtración y posteriormente a desodorización, donde se le sacan los ácidos grasos, los cuales son almacenados en un tanque destinado para ello. Después el aceite refinado pasa a un proceso de enfriamiento para almacenarlo en tanques.

**i. Tratamiento de Efluentes:**

Las lagunas son estanques construidos en tierra donde el agua residual es embalsada y sometida a procesos fisicoquímicos por medio de microorganismos (bacterias). Actualmente este sistema de remoción de efluentes está diseñado para captación de gas metano, que es utilizado como combustible en la Caldera Cleaver de la Refinadora 1 (instalación nueva), sustituyendo el consumo de bunker, además de generar electricidad con el biogás.

**3.2 Balance de Materia del proceso de extracción, pérdidas de producción y RBD de aceite en Honduras.**



Figura 3. Diagrama de proceso de palma africana

### 3.2 Balance materia del proceso por etapas.

En la etapa de la esterilización entra un total de 448 Tm de racimos de fruta fresca, la caldera a una temperatura de 105 °C y a una presión de 40 psi, entre 45-60 minutos. A las salidas se tiene un total de 53.78 Tm que lo conforman la evaporación 52.47 Tm y las pérdidas de aceite 1.31Tm. siguiendo el tratamiento que es el desfrutado entran racimos con un peso de 394.22 Tm, 110.13 son un subproducto de racimos vacíos y el 2.25 son perdidas de aceite.

En la extracción entran 281.84 Tm aquí se separan lo solidos de los líquidos de la parte del racimo de la palma, cabe resaltar hay perdidas en este proceso por aceite del fruto que absorbe el raquis durante el proceso de esterilización y desfrutado, los líquidos que representa el aceite tuvieron un valor de 141.87 Tm y los sólidos son 139.98 Tm. Seguidamente tenemos la clarificación se separan los líquidos inmiscibles y los residuos que queden en el aceite a este proceso entra solo la parte liquida del proceso anterior con un valor de 141.87 Tm conformado por 29.49 Tm de agua, 8.99 de sólido no aceitoso estos dos como subproducto, obtenemos 100 Tm de aceite listo para su refinado y 3.37 de pérdidas de aceite.(Figura 3)

Después se pasa al desfibrado, aquí se toma la parte solida del proceso de extracción que tiene un valor de 139.98 Tm y sale un producto utilizable para el siguiente proceso de un valor de 72.78 Tm conformados por subproductos de evaporación 17.26 Tm y fibra 53.94 Tm, también se tiene pérdidas de aceite 0.45 Tm y de almendra 1.12 Tm. Seguidamente pasa al proceso es la recuperación de la almendra consiguiéndose un valor total de salida de 24.19 Tm conformado por subproductos de evaporación 7.62 Tm y cascara 35.84 Tm también se tienen perdidas de aceite 0.45 Tm y perdidas de almendra 0.67 Tm, obteniéndose un producto que es la almendra de un valor de 22.4 Tm.(Figura 3 y 4)

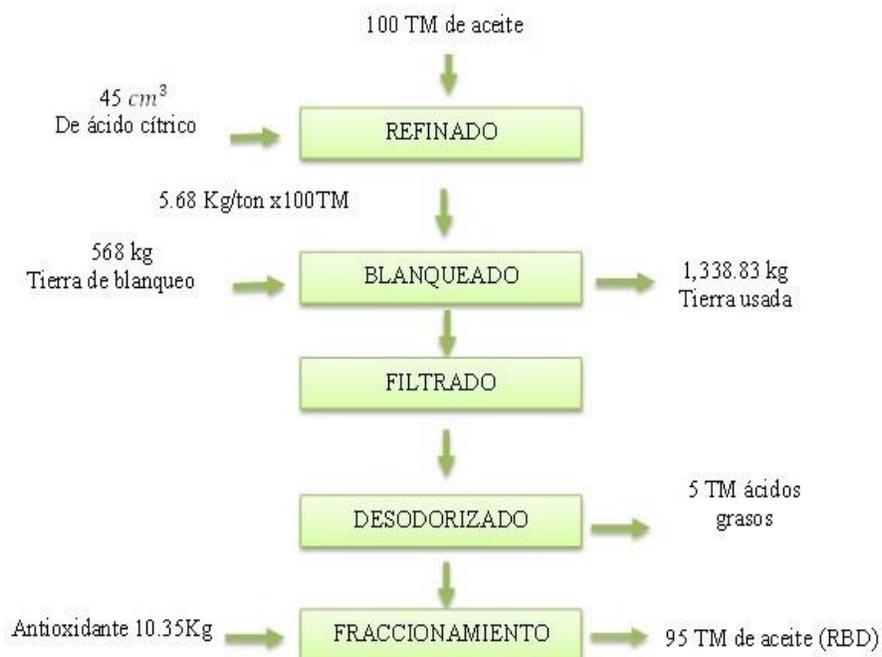


Figura 4. Diagrama de proceso de aceite refinado

Al proceso de refinado entran las 100 Tm de aceite crudo, al que se le procede a agregar  $45 \text{ cm}^3$  de ácido cítrico, que se trata el aceite mediante el blanqueo a este proceso entran 568 kg de tierra de blanqueo y salen 1338.38 kg de tierra usada, en este proceso se cambia el color amarillo pálido al color amarillo convencional que se encuentra en los aceites comercializados normalmente, que posteriormente se pasa al filtrado consiste en la descarga mecánica de la tierra utilizada en el blanqueo y la máxima recuperación del aceite. En el desodorizado sale una cantidad de 5 Tm de ácidos grasos. Y finalmente sigue la fase de fraccionamiento donde entran 10.35 kg de antioxidante para obtener 95 Tm de aceite RBD (figura 5). Los datos en este balance de materia fueron obtenidos y construidos en la planta AGROTOR Honduras.

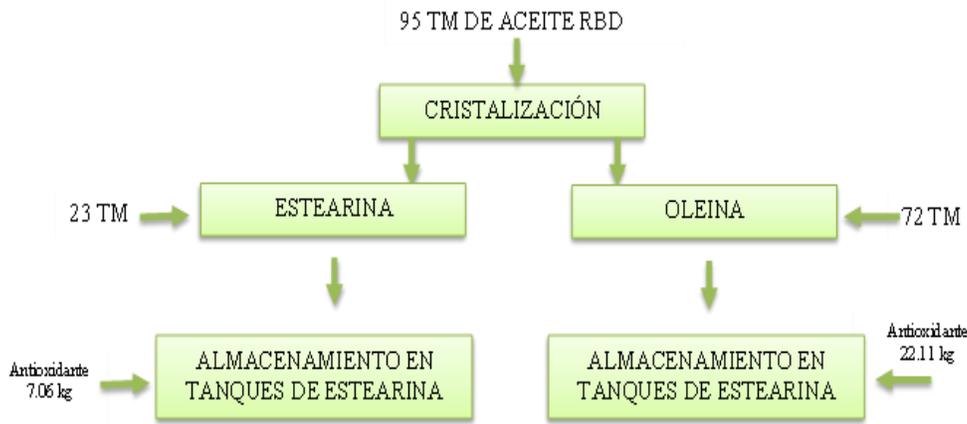


Figura 5 Fraccionamiento de RBD.

### 3.3 Caracterización de subproductos para el cálculo de energía primaria del cultivo palma africana

Energía contenida en una tonelada de aceite de palma africana: El poder calorífico inferior es 36,832 KJ/Kg según (Agudelo, Agudelo, & Cuadrado, 2006).

Torta de palmiste, según datos revisados, esta posee un PCS (poder calorífico superior) de 20,200 KJ/Kg (Parkar, y otros, 2010), su humedad está en un valor de 11.7% según (Siew, 1992) y el porcentaje de hidrógeno que posee es de 6% (Zárate & Ingrid Rocha, 2019).

El raquis es una parte importante de la palma africana, ya que es la parte donde se desarrollan los racimos de frutos que contienen el aceite de palma, que es utilizado en una amplia variedad de productos alimentarios y no alimentarios. Este posee un poder calorífico superior de 17,0003 KJ/Kg, (Sambo & Mustapha, 2006) una humedad es de 3.67% y el porcentaje de hidrogeno es de 4.99% (Urueta, y otros, 2012).

En el caso de la fibra de palma africana posee un PCS de 17,456 KJ/Kg (Carranza, 2015) y contiene una humedad de 3.7% (Urueta, y otros, 2012) y contiene hidrógeno en una cantidad de 6.3% (Lopez & Deluque, 2013). El cuesco o cascarilla de palma es otro subproducto que se obtiene del proceso después de la extracción del aceite de palma. El cuesco es la parte dura y fibrosa que se encuentra en el centro del fruto de la palma africana, y que representa alrededor del 5 al 7% del peso del fruto. Posee un PCS de 19,690 KJ/Kg (Urueta, y otros, 2012) la humedad de que contiene es de 3.7 (Urueta, y otros, 2012) y el porcentaje de hidrogeno es de un valor de 6.3% (Lopez & Deluque, 2013).



Figura 6. Productos del fraccionamiento de palma africana; (a) estearina, (b)aceite crudo no refinado, (c) aceite de palmiste, (d) oleína, (e) Acido graso. (PALCASA, Honduras)

En el proceso de extracción del aceite de palma, después de la cristalización del aceite RBD se suele obtener En el fraccionamiento del aceite crudo de palma, la fracción líquida y una fracción sólida, que corresponden a la oleína y la estearina, respectivamente. La oleína de palma es una fracción líquida que se utiliza principalmente en la industria alimentaria, mientras que la estearina de palma es una fracción sólida que se utiliza en la producción de velas, jabones y otros productos industriales.

Uno de los subproductos del proceso de desodorización es una mezcla de ácidos grasos que se conoce como ácidos grasos destilados de palma (PFAD, por sus siglas en inglés). Los ácidos grasos destilados de palma se componen principalmente de ácidos grasos saturados, como el ácido palmítico y el ácido esteárico, y tienen una amplia variedad de aplicaciones. En la industria alimentaria, los PFAD se utilizan como ingredientes para la fabricación de margarinas, chocolates, productos de panificación, helados, entre otros.

### 3.3.1 Resumen energético en el proceso

Tabla 1. Valoración Energía Primaria Equivalente por hectarea de palma africana.

Unidad Energía	Torta de Palmiste	Raquis	Fibra	Cascarilla	Cuesco	Total, Energía equivalente de Subproductos	Valoración energética del aceite.
Rendimiento Tn /Ha-año	1	5.48	3.33	0.5	1.50	-	5.29
PCI (1) kJ	16382.33	15229.63	15382.31	13891.91	17199.50	-	36832.00
Humedad de subproducto	11.70%	3.67%	3.70%	17.0%	5.91%	-	-
Energía MJ/ha (2)	16382.33	83382.22	51146.18	6945.96	25799.25	<b>183655.94</b>	194841.28
TEP	0.39	2.00	1.23	0.17	0.62	<b>4.41</b>	4.67
Ton CO2	1.21	6.18	3.79	0.51	1.91	<b>13.62</b>	14.44
BEP	2.83	14.42	8.84	1.20	4.46	<b>31.75</b>	33.68

Mediante el uso de las ecuaciones # 1 y # 2 hacemos las estimaciones de energía primaria de los subproductos de palma, en el caso de la energía del aceite solo multiplicamos la cantidad que se produce por una hectárea por el PCI de este; además partiendo de la energía en MJ, hacemos las comparaciones energéticas equivalente utilizamos las unidades de conversión de un TEP igual a 41680 MJ, y 7.2056 BEP, y 3.09 Ton CO<sub>2</sub>eq (Torres-Mejía, 2011).

Según cuadro 2 determinamos que en una hectárea de palma africana podemos obtener de torta de palmiste tiene 16,382.33 MJ/ha., lo que equivale a 0.39 TEP, 1.21 Ton CO<sub>2</sub> eq, y 2.83 BEP, del mismo modo el raquis obtenido de una ha. de palma africana representa el subproducto con la mayor cantidad de energía primaria con 83,382.22 MJ/ha., equivalente a 2 TEP, 6.18 Ton CO<sub>2</sub> eq, y 14.42 BEP, la fibra tiene un valor de 15382.31MJ/ha, equivalentes a 1.23 TEP, 3.79 Ton CO<sub>2</sub> eq y 8.84 BEP. La cascarilla de palma ofrece un valor energético de 6945.96 MJ/ha., equivalentes a 0.17 TEP, 0.91 Ton CO<sub>2</sub> Y 1.20 BEP. Finalmente, el cuesco de palma se obtiene un valor energético de 25,799.25 MJ/Ton, equivalentes a 0.62 TEP, 1.91 Ton CO<sub>2</sub> Y 4.46 BEP.

En lo que corresponde la valoración energética del aceite, con el fin de comparar y totalizar la energía, teniendo un promedio de 5.29T/ha. De rendimiento de aceite podemos obtener 194841.28 MJ/ha equivalentes a 4.67 TEP, 14.44 Ton CO<sub>2</sub> Y 33.68 BEP, energía que supera a la energía primaria que se pueden generar con el total de subproductos.

Existen un gran potencial energético de residuos agroindustriales de la palma de aceite, estos tipos de biomasa son los residuos de cuesco y raquis, fibra, y cascarilla en las plantaciones, se pueden utilizar para la generación de energía. Una de las fuentes de energía renovable es la biomasa, la cual es conocido por su alto potencial para satisfacer las necesidades de energía de la sociedad contemporánea.

En comparación con los combustibles fósiles, la biomasa posee un contenido energético de mayor relación de oxígeno e hidrogeno con respecto a los combustibles fósiles que justamente poseen una mayor cantidad de energía que se almacena en la relación carbono – carbono. (Lopez & Perez, 2019).

En el cálculo de la energía para los subproductos de fibra, cuesco y raquis es de 25,799.25 MJ/ton. Sin embargo, el trabajo realizado por (Quintero López, 2017) muestra que los resultados de la energía son de 30,300 MJ/ton. Es importante señalar que los datos de Rendimiento Biomasa en cada subproducto Ton /Ha.- año, pueden variar por diversos factores como ser, la variedad, la zona, manejo agronómico del cultivo, la bioquímica del biocombustible como ser el porcentaje hidrogeno y humedad, los cuales hacen variar al PCI, por lo que se puede generar algunas pequeñas diferencias, aunque los valores obtenidos son muy cercanos a los de este trabajo.

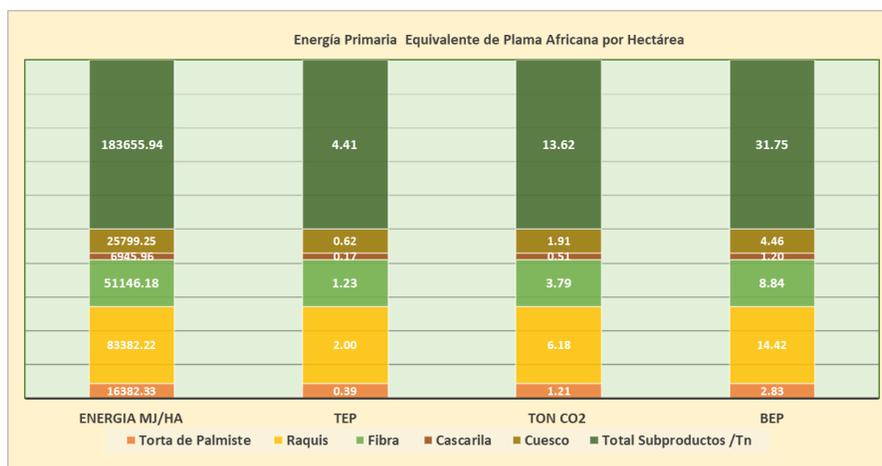


Figura 7. Resumen de energía primaria equivalente de palma africana.

El uso adecuado de los residuos agroindustriales como fuente de energía debe ser aprovechado en su totalidad en las propiedades energéticas en la que se destaca el poder calorífico que ha sido estudiado ampliamente para evaluar la calidad de la energía a partir de la producción de biomasa. (Torres & Quintero, 2019). Por otro lado, existen varios estudios que mencionan el adecuado tratamiento que debe tener la biomasa para su aprovechamiento energético en los que se menciona la importancia del porcentaje de humedad de los residuos agroindustriales, la investigación realizada por la Universidad de Colombia en 2018 determina que el poder calorífico de la tusa y la fibra de la palma de aceite se puede incrementar entre 2,5 y 3 veces si tiene un porcentaje de humedad adecuado. Al estar en un porcentaje de humedad adecuado (biomasa seca) se tiene un mayor poder calorífico (PC), ya que utiliza poca de su energía para evaporar la humedad. (Vergara & Richard, 2022)

Además de aporte de la biomasa seca de este cultivo, hay otro aporte energético significativo del cultivo, que corresponde a la biomasa residual húmeda, que son sus aguas, dado a que tiene una alta carga orgánica, Robert señala que los efluentes del procesamiento del aceite de palma se pueden utilizar para la producción de biogás. Se estima que se producen 14.4 m<sup>3</sup> de biogás por cada tonelada de fruto de palma. (Robert & Menon, 2006). En el caso de las dos empresas visitadas tienen sus propios sistemas de biogás, las cuales producen energía eléctrica de estos subproductos, reduciendo el impacto ambiental en la producción de aceite de palma africana.

En lo que corresponde al uso de valor agregado de los Racimos de frutos vacíos o RFV: se podrían fabricar briquetas y pellets de RFV compactado para co-combustión, (Dam, 2016) también se les puede usar como compostaje, se busca un uso para este ya que representa el 22-24% del peso total de racimo de palma aceitera. Para el valor agregado de la torta de palmiste: La torta de palmiste prensada se compone principalmente de carbohidratos de reserva y 15 % de proteínas. Por consiguiente, se usa principalmente en la elaboración de alimentos para animales (aves de corral y ganado vacuno) (Dam, 2016).

#### 4. CONCLUSIONES

Mediante la observación del proceso de palma se construyó la descripción del proceso de extracción de aceite de palma paso a paso en el orden correspondiente que se utiliza en las plantas agroindustriales,

asimismo se describió el balance de materia en cada etapa de proceso, observando todas las entradas y salidas de productos y subproductos de cada fase.

Para el mejor aprovechamiento de la energía de biomasa cuando estimamos la energía contenida en esta, es fundamental que esta se encuentre lo más seco posible, ya que tendrá más energía acumulada a la hora del aprovechamiento de los subproductos, igual si se aprovecha el secado solar será un biocombustible más sostenible porque se mejorará la eficiencia a la hora de ser utilizado.

En la valoración energética total realizada, se determina que la energía del aceite de palma representa el 51.48% de la energía primaria, y el resto corresponde a la energía primaria de los subproductos valorados como ser el raquis, fibra, cascarilla cuesco.

Considerando esta valoración energética y las 190000 hectáreas de palma sembrada en Honduras estimamos que se tiene un potencial de energía primaria disponible en el territorio nacional de 34895 TJ, de los cuatro principales subproductos de la palma africana, equivalente a 837 KTEP, y 2587 KTon CO<sub>2</sub> eq, y 6033 KBEP. De este cultivo se produce gran cantidad de biomasa como la torta de palmiste, raquis, fibra y cascarilla, los que pueden ser utilizados como fuentes de energía de biomasa, aportando a la soberanía energética nacional, con lo que viene a reducir el impacto ambiental, y lo que contribuye a la reducción de las importaciones de combustibles fósiles, por lo que la mayoría de las procesadoras de Honduras aprovechan toda la biomasa resultante del proceso de aceite de palma africana.

## REFERENCIAS

Agudelo, J., Agudelo, A., & Cuadrado, I. (2006, mayo 24). Análisis de primera y segunda ley de un motor operando con biodiesel de aceite de palma. Parte 1: balance energético global. *energetica*, 35, 1-8. Retrieved abril 23, 2023, from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/energetica/article/view/24052/24707>

Carranza, E. M. (2015, julio). *PIRÓLISIS DE LA FIBRA DE LA PALMA AFRICANA DE ACEITE*. Retrieved abril 13, 2023, from [https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12984/u713639.pdf?sequence=1#:~:text=El%20Poder%20Calor%C3%ADfico%20Superior%20\(HHV,15%2D21%20MJ%2Fkg](https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12984/u713639.pdf?sequence=1#:~:text=El%20Poder%20Calor%C3%ADfico%20Superior%20(HHV,15%2D21%20MJ%2Fkg).

Cartagenova, D. E. (2005, diciembre). *Análisis comparativo del proceso de producción de aceite de palma africana: El caso de Hondupalma y Coapalma de Honduras*. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a48777d7-af17-4fc1-9076-be75b8e149bb/content>

Cordero, J., Alemán, W., Torrellas, F., Ruiz, R., Nouel, G., Maciel, N., . . . Molina, E. (2009, Abril ). Características del fruto de la palma yagua (*Attalea burtyracea*) y su potencial para producción de aceites. *Scielo*, 21, 49-55. Retrieved 03 21, 2023, from [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612009000100006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612009000100006)

Dam, J. V. (2016). Subproductos de la palma de aceite como. *Palmas*, 37, 149-156. Retrieved 03 28, 2023, from [https://web.fedepalma.org/conferenciainternacional/wp-content/uploads/2022/09/M\\_2\\_15\\_-Subproductos-de-la-palma.pdf](https://web.fedepalma.org/conferenciainternacional/wp-content/uploads/2022/09/M_2_15_-Subproductos-de-la-palma.pdf)

Fajardo, B. (2006, diciembre). *Diagnóstico Situacional Económico Productivo del Sector de Palma Africana en Honduras*. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ab8aa09d-a689-4f98-bacc-cfb5f0a4b228/content>

Fargione, J., Plevin, R., & Hill, J. D. (2010, agosto 10). The Ecological Impact of Biofuels. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41:351-377, 351-377. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144720>

Fedepalma. (2022, septiembre 14). *Aceite de palma, bienestar, salud y vida: temas a tratar en el marco de la Conferencia Internacional*. Retrieved from <https://web.fedepalma.org/Aceite-de-palma-bienestar-salud-y-vida#:~:text=Cabe%20se%20B%20que%20el%20aceite,cuales%20tienen%20gran%20poder%20antioxidante>

García, A., Altamiro, C., Aguilar, J., & Muñiz, J. (2016). Caracterización química del aceite obtenido por métodos artesanales de tres variedades de palma africana. *SciELO México*, 39, 317-322. Retrieved 03 08, 2023, from Caracterización química del aceite obtenido por métodos artesanales de tres variedades de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.)

GÓMEZ, M. J. (2016, Marzo ). *ESTUDIO DEL MÉTODO DE RECOLECTA, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO PARA PROLONGAR LA VIABILIDAD DEL GRANO DE POLEN DE PALMA AFRICANA (Elaeis guineensis Jacq), LAS PALMAS S.A, LA GOMERA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.* Retrieved from <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5945/1/MAR%C3%8DA%20JOS%C3%89%20LAB%C3%8DN%20G%C3%93MEZ.pdf>

Grepalma. (2014). *Gremial de palmicultores en Guatemala* . Retrieved from [https://www.grepalma.org/?option=com\\_content&view=article&id=8&Itemid=11&lang=es](https://www.grepalma.org/?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=11&lang=es)

Herreros, A., Valderrama, J. M., & Hernández, C. (2008, mayo). *Modelo de simulación de palma aceitera (Elaeis guineensis) en Honduras*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/261044832\\_Modelo\\_de\\_simulacion\\_de\\_palma\\_aceitera\\_Elaeis\\_guineensis\\_en\\_Honduras](https://www.researchgate.net/publication/261044832_Modelo_de_simulacion_de_palma_aceitera_Elaeis_guineensis_en_Honduras)

Johnston, M., & Tracey, H. (2007, Octubre 24). A Global Comparison of National Biodiesel Production Potentials. *Environmental Science and Technology*, 7967-7973. Retrieved 03 06, 2023, from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es062459k>

Lopez, L., & Deluque, K. A. (2013, julio 30). *Determinación del poder calorífico de los residuos sólidos agroindustriales de palma de aceite, como alternativa de energías renovables en el departamento del Cesar*. Retrieved abril 20, 2023, from <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/view/1171>

Lopez, L., & Perez, C. (2019, febrero 11). Analisis de residuos solidos de palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energias renovables en el departamento del Cesar. *USBmed*, 10, 8-18. doi:10.21500/20275846.3662

Márquez, J., Márquez, L., & Verbel, J. (2016, noviembre 22). *Potencial económico de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq)*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/437/43750618016/html/>

Mejía, F. T. (2021). Energy Evaluation of the Mechanical Drying of the Grain of *Coffea arabica* from Honduras. *Asian Journal of Biology*, 8-14. doi:<https://doi.org/10.9734/ajob/2021/v11i130131>

Mejía, F. T. (2021). Yield Evaluation and Primary Energy Assessment of the *Jatropha curcas* Oil Extraction Process for Use as a Biofuel in Engines. *Asian Journal of Biology*, 13(3), 37-46. doi:[10.9734/ajob/2021/v13i330188](https://doi.org/10.9734/ajob/2021/v13i330188)

Mejia, F., & Rivera, C. (2022, Julio). *Proceso de plama africana en Honduras 2015*. Retrieved from <file:///F:/Omar/descargas/ProcesodePalmaAfricanaenHonduras2015.pdf>

Montenegro Contreras, F. A. (2021, marzo 10). *Cultivo de Palma Africana en Guatemala*. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/498238855/Trabajo-No-26-Rentabilidad-Agricola-Palma-Africana#>

Muñoz, B. J. (2006, Diciembre). *Diagnóstico Situacional*. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ab8aa09d-a689-4f98-bacc-cfb5f0a4b228/content>

Nogues, F. S., & Garcia-Galindo., D. (2010). *Energia de la Biomasa* (Vol. 1). Zaragoza, España. Retrieved 05 16, 2023

Oleopalma. (2005). *Tomados de la palma*. Retrieved 3 7, 2023, from <https://www.oleopalma.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Boletin-2020.2-Curvas-1.pdf>

Parkar, U., Traub, R., Vitali, S., Elliot, A., Levecke, B., Robertson, I., . . . Thompson, A. (2010, abril 19). Molecular characterization of Blastocystis isolates from zoo animals and their animal-keepers. *publmed*, 8-17. doi:[10.1016/j.vetpar.2009.12.032](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.12.032)

Parraga, M. N., Marcillo, S. Z., Z, S. W., Pizarro, M. R., Jaramillo, M. R., Puga, E. P., . . . Cedillo, D. O. (2020, junio). *Evaluación de la eficiencia de tres equipos de extracción de aceite con diferentes genotipos de palma aceitera (Elaeis sp.)*. Retrieved from [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422020000200021&lang=es#ref4](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422020000200021&lang=es#ref4)

Quintero López, L. A. (2017). *Evaluación de potencial energético de los residuos sólidos agroindustriales del proceso de extracción de aceite de palma africana como alternativa energética para el reemplazo de la leña en la zona norte del departamento del Cesar*. Retrieved from <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3286/Evaluaci%C3%B3n%20de%20potencial%20energ%C3%A9tico%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20agroindustriales%20del%20proceso%20de%20extracci%C3%B3n%20de%20aceite%20de%20palma%20african>

Reinhardt, G. R. (2008, mayo 16). Potenciales de optimización económica del aprovechamiento energético del aceite de palma. *Sprinder Open*, 180–188. doi:<https://doi.org/10.1007/s12302-008-0002-8>

Robert, C., & Menon, S. (2006). *Improving the Environmental Sustainability and the Export Competitiveness in the Food Sector: Case of the Malaysian palm oil industry*. Retrieved from <https://www.unescap.org/sites/default/d8files/Case%20study%20Palm%20oil%20Malaysia.pdf>

Romero, H., Forero, D., & Hormaza, P. (2012, mayo 30). Fedepalma. 33, 23-35. Retrieved 03 06, 2023, from Estadios Fenológicos de crecimiento de palma de aceite africana (*Elaies Guineensis*): <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F10772%2F10762&psig=AOvVaw2S1QJxApccLhtY9OywrTIK&ust=1678247613708000&source=images&cd=vfe&ved=2ahUKEwi3rpPY9cj9AhVubDABHXQzDIMQr4kDeg>

Sambo, S., & Mustapha, A. I. (2006). Energy potentials of oil palm wastes in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 192-204. doi:10.1016/j.rser.2016.04.021.

Siew, W. (1992). Características y usos de la torta de palmiste en Malasia . 13, 77-81. Retrieved april 18, 2023, from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/346/346>

Technoserve. (2009, abril). *MANUAL TECNICO DE PALMA AFRICANA*. Retrieved 03 08, 2023, from <https://palma.webcindario.com/manualpalma.pdf>

Torres, C., & Quintero, L. (2019). Análisis de residuos sólidos de palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energías renovables en el departamento del Cesar. *Ingenierías USBMed*, 10, 8-18. doi:<https://doi.org/10.21500/20275846.3662>

Torres-Mejía, F. (2011). Evaluation of the energy potential of the waste generated in the Coffee processing in Honduras. *Univerisidad de Zaragoza*.

Urueta, J., Urbina, J., Weber, A., Silvera, A., Sanjuán, M., Alvarez, A., . . . Pérez, J. (2012). *Valoración energética de los residuos del proceso de extracción de aceite de palma africana mediante gasificación*. Retrieved from [https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Presentaciones-RT/30\\_Valoracion\\_energetica\\_de\\_los\\_residuos\\_del\\_proceso\\_de\\_extraccion\\_de\\_aceite\\_de\\_palma\\_africana\\_mediante\\_gasificacion.pdf](https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/Presentaciones-RT/30_Valoracion_energetica_de_los_residuos_del_proceso_de_extraccion_de_aceite_de_palma_africana_mediante_gasificacion.pdf)

Vergara, C., & Richard, G. (2022, febrero 16). *Caracterización física y energética del residuo fibroso proveniente del procesamiento de la palma africana variando el porcentaje de humedad para aprovechamiento bioenergético en la empresa Quevepalma*. Retrieved mayo 02, 2023, from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28641/1/T-ESPE-050971.pdf>

Zárate, L., & Ingrid Rocha, K. (2019). *Evaluación de la torta de Palmiste en la obtención de Biogás, mediante el uso del estiércol vacuno como fuente de bacterias anaeróbicas*. Retrieved abril 19, 2023, from [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2183&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2183&context=ing_ambiental_sanitaria)

## SEMBLANZA DE LOS AUTORES



**Fredy Torres Mejía:** Obtuvo el grado de Ingeniero Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, actualmente es profesor titular II, mentor, investigador. Desarrolló sus estudios de Maestría en Energías Renovables en la Universidad de Zaragoza, España. Premio Nacional de Tecnología e Innovación UNAH 2011. Trabaja en líneas de investigación vinculadas con agroindustria, conservación de alimentos, y energía de biomasa. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0560-0166>



**Juan Alexander Torres Mejía:** Obtuvo el grado de Ingeniero Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Regional Universitario de Occidente, actualmente Profesor Titular II, Coordinador de carrera de Ingeniería Agroindustrial, desarrolló estudios en Avances de Seguridad Alimentaria en la Universidad de Jaén, Jaén España, Master en gestión de proyectos de la Universidad Católica de Honduras, trabaja actualmente en líneas de investigación vinculadas con agroindustria, seguridad alimentaria, métodos de conservación y procesamiento de cultivos. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8041-8700>.



**Laura Mariela Cantarero Reyes:** Obtuvo el grado de Ingeniero Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Regional Universitario de Occidente, UNAH-CUROC, trabaja en líneas de investigación asociadas a cultivos agroindustriales y valor agregado. <https://orcid.org/0009-0002-9062-4994>