

DISEÑO DE UNA FICHA TÉCNICA SOBRE LOS SUBPRODUCTOS DERIVADOS DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS, PROCEDENTES DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE
PALMA EN COLOMBIA.



JULIAN ANDRES PLATA ROJAS
SANTIAGO ZAPATA GAMEZ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO

2024

DISEÑO DE UNA FICHA TÉCNICA SOBRE LOS SUBPRODUCTOS DERIVADOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS, PROCEDENTES DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA EN COLOMBIA.

JULIAN ANDRES PLATA ROJAS
SANTIAGO ZAPATA GAMEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Asesor
Mg. JHON ADEMIR PALOMINO PARRA
Magister en teleinformatica

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO

2024

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O. P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O. P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Rodrigo GARCIA JARA, O. P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBON

Secretaria General Seccional Villavicencio

Mg. HECTOR MANUEL AVILA SIERRA

Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial

Dedicatoria

Quiero agradecer a mis padres por el apoyo tanto económico como emocional a lo largo de mi carrera, por motivarme a no dejar de luchar por mis sueños, gracias a este apoyo, he logrado alcanzar mis metas, asimismo he logrado superar cualquier adversidad en mi camino como ser humano y estudiante de ingeniería industrial.

Julian Andres Plata Rojas

Quiero agradecer principalmente a Dios por brindarme la vida y la salud, a mis padres por guiarme y apoyarme a lo largo de este proceso tan importante en mi vida, porque fueron mi motor e inspiración durante los momentos más difíciles y no me dejaron desistir en ningún instante e impulsarme a convertirme en el profesional que tanto sueño.

Santiago Zapata Gamez

Tabla de Contenido

	Pág
Resumen	10
Abstract.....	11
Linea de Investigación.....	12
1. Introducción.....	13
2. Planteamiento del Problema.....	15
2.1. Pregunta Problema.....	17
3. Justificación.....	18
4. Objetivos	20
4.1. Objetivo General.....	20
4.2. Objetivo Especifico.....	20
5. Alcance.....	21
6. Marco Referencial	23
6.1. Marco Conceptual.....	23
6.2. Marco Normativo.....	25
6.3. Estado del Arte.....	26
7. Marco Metodológico	32
7.1. Tipo de Investigación.....	32
7.2. Enfoque de Estudio	32
7.3. Población.....	32
7.4. Muestra	32
7.5. Recolección de Datos.....	33
7.6. Técnicas e Instrumentos.....	33
7.7. Fases de la Investigación	34
8. Cronograma de Actividades	37
9. Desarrollo de la Investigación.....	38
9.1. Extracción de Aceite de Palma	38
9.2. Proceso de Extracción de Aceite de Palma.....	39
9.2.1 Esterilización.....	39

9.2.2	Desfrutado.....	39
9.2.3	Prensado.....	40
9.2.4	Centrifugado	40
9.2.5	Extracción del Pericarpio.....	40
9.2.6	Secado.....	40
9.2.7	Trituración.....	41
9.3.	Residuos del Proceso de Extracción de Aceite de Palma	41
9.3.1	Racimos de Fruto Vacío.....	41
9.3.2	Lodos.....	41
9.3.3	Fibra de Mesocarpio.	41
9.3.4	Cuesco de Palma.	42
9.3.5	Torta de Palma.	43
9.4.	Disposición de los Residuos Obtenidos en el Proceso de Extracción de Aceite de Palma.	
	45	
9.4.1	Disposición de los Racimos de Fruta Vacíos.....	45
9.4.2	Disposición de los Lodos.	45
9.4.3	Disposición de la Fibra de Mesocarpio.....	45
9.4.4	Disposición del Cuesco de Palma	46
9.4.5	Disposición de la Torta de Palma	47
9.5.	Aprovechamiento de los Residuos Sólidos para la Generación de Subproductos.....	48
9.5.1	Compost obtenido a través de fibra de mesocarpio.	48
9.5.2	Carbón activado obtenido a través de cuesco de palma.....	55
9.5.3	Disposición de los racimos de fruta vacíos.....	61
9.5.4	Biodiesel Obtenido A Través De Torta De Palma.....	61
10.	Fichas Técnicas Sobre los Subproductos Obtenidos Mediante el Uso de Residuos Sólidos del Sector Palmero.....	65
11.	Impactos Identificados en la Investigación.....	67
12.	Conclusiones	68
13.	Recomendaciones	70
14.	Referencias Bibliográficas	71
15.	Anexos	81

Lista de Tablas

Pág

Tabla 1. Cronograma de Actividades Ejecutadas en el Desarrollo de la Investigación.....	37
--	----

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Histórico de Producción de Aceite de Palma en Colombia (2018-2023).....	13
Figura 2. Proceso de Extracción de Aceite de Palma.	38
Figura 3. Residuo Solido; Fibra de Mesocarpio	42
Figura 4. Residuo Solido; Cuesco de Palma.....	43
Figura 5. Residuo Solido; Torta de Palma.....	44
Figura 6. Disposición de la Fibra de Mesocarpio.	46
Figura 7. Disposición del Cuesco de Palma.	47
Figura 8. Disposición de la Torta de Palma.....	48
Figura 9. Comportamiento de la Fibra de Mesocarpio en la Elaboración de Compost Orgánico.	51
Figura 10. Diagrama de Flujo, Proceso de Obtención de Compost.....	54
Figura 11. Diagrama de Flujo, Proceso de Obtención de Carbón Activado.....	57
Figura 12. Diagrama de Flujo, Proceso de Obtención de Biodiesel.	63
Figura 13. Subproductos Derivados de los Residuos Sólidos Generados en el Proceso de Extracción de Aceite de Palma.	66

Lista de Anexos

Pág.

Anexo 1. Ficha técnica Compost Orgánico, Elaborado con Fibra de Mesocarpio.....	81
Anexo 2. Ficha técnica Carbón activado, Elaborado con Cuesco de Palma.	82
Anexo 3. Ficha técnica, Biodiesel elaborado con Torta de Palma.	83

Resumen

La producción de aceite de palma genera diversos residuos sólidos, los cuales se logran considerar aprovechables debido a su procedencia, asimismo estos residuos sólidos cuentan con una gran carga nutricional, lo cual los cataloga como aprovechables. La siguiente investigación se basa en el análisis de estos residuos sólidos, identificando subproductos y sus beneficios contribuyentes al pueblo colombiano, ya que las industrias palmeras se favorecen de estos residuos sólidos, pues hay que tener en cuenta que Colombia ocupa el quinto puesto en producción de aceite de palma a nivel mundial y el primer puesto en América latina.

La finalidad de este proyecto es contribuir en futuras investigaciones e impulsar el uso de estos residuos sólidos del pueblo colombiano para beneficios propios; se debe recalcar que estos residuos sólidos contribuyen en actividades agrícolas, asimismo se contribuye a la disminución de impactos ambientales generados por estas organizaciones.

Teniendo en cuenta la finalidad de estas industrias; producción y comercialización del aceite de palma, se busca que a través de esta investigación se evidencie como el aprovechamiento de estos residuos sólidos lograrían un impacto positivo; ambiental, económico y social.

Palabras Clave: Palmi-cultura, residuos sólidos, contaminación, impacto ambiental, gestión, aprovechamiento, fichas técnicas.

Abstract

The production of palm oil generates various solid wastes, which can be considered usable due to their origin. Likewise, these solid wastes have a great nutritional content, which classifies them as usable. The following research is based on the analysis of this solid waste, thus identifying its benefits and possible alternatives contributing to the Colombian people, since the palm industries benefit from this solid waste, since it must be taken into account that Colombia occupies fifth place in palm oil production worldwide and first place in Latin America.

The purpose of this project is to contribute to future research and promote the use of these solid waste of the Colombian people for their own benefits; It should be emphasized that this solid waste contributes to agricultural activities, and also contributes to the reduction of environmental impacts generated by these organizations.

Taking into account the purpose of these industries; production and marketing of palm oil, it is sought that through this research it is evident how the use of this solid waste would achieve a positive impact; environmental, economic and social.

Key Word- Palmi-culture, solid waste, pollution, environmental impact, management, utilization, datasheets.

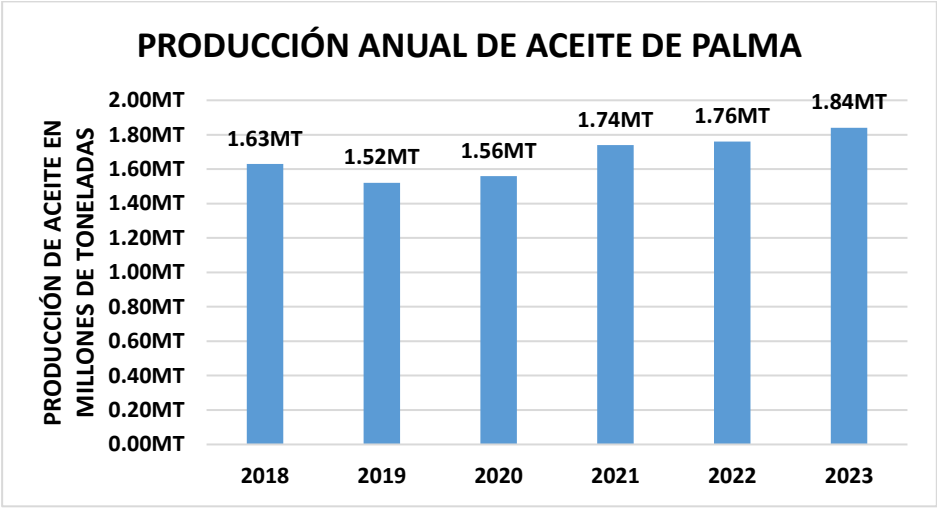
Linea de Investigación

- La presente investigación comprende el foco de mejoramiento de procesos para la optimización de recursos.

1. Introducción

La producción de aceite de palma se basa en la práctica de cultivo de la palma *Elaeis Guineensis*, de la cual brota un fruto (Nuez de palma) para así, ser procesada extrayendo su Aceite y finalmente pasarlo por un proceso de transformación, del cual surgen diversos productos comerciales, entre los cuales se encuentran, Aceites, Margarinas, entre otras. Colombia se posiciona dentro del top mundial de países que aportan a la producción de aceite de palma crudo, con una producción en el 2022 que alcanzó una cifra histórica de 1,77 millones de toneladas de Aceite Crudo de Palma (ACP) y un valor de \$9,71 billones. (Agronet, 2023), Colombia ocupa el 4 puesto a nivel mundial en producir aceite de palma y el primero en América latina, este posicionamiento en cuanto a la producción se debe a los diversos cultivos de palma que existen en el territorio nacional, que se encuentran en 155 municipios y 20 departamentos. Para el 2023, en un rango del mes de enero al mes de octubre, se estima una producción de 1.84 Millones de toneladas de aceite de palma, aproximadamente 72.000 toneladas más que en el 2022 indicando un crecimiento del 4.1 % (Quiroga, 2024).

Figura 1. Histórico de Producción de Aceite de Palma en Colombia (2018-2023)



Nota: La gráfica anterior, representa la producción anual de aceite de palma, en millones de toneladas producidas en Colombia, adaptado de (FAOSTAT).

Esta producción de aceite de palma ha contribuido en cuanto a la generación de empleo en zonas rurales del territorio nacional, contribuyendo así en el desarrollo de las comunidades locales. (allo O, Hawkins D, Luna-García J. E, Torres-Tovar M. 2020) generando aproximadamente 191.000 empleos, entre directos e indirectos, donde el 85% del total son trabajos formales. (Murcia, 2023) Por otro lado, a pesar de las grandes producciones de aceite de palma, dicho proceso ha generado diversos impactos ambientales tales debido a los residuos resultantes del mismo como:

- Líquidos: Como los efluentes o lixiviados provenientes de la percolación del agua durante el proceso productivo.
- Sólidos: Como las fibras, cáscaras del fruto, racimos vacíos y residuos de la prensa.
- Gases: Como el dióxido de carbono y metano generados por la quema de los mismos residuos sólidos para la generación de energía térmica.

Cada actividad produce desechos (sólidos, líquidos, gaseosos o una combinación de estos) que deben ser tratados y dispuestos de manera que su impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana sea lo más reducido posible. (Bonomie & Reyes, 2012)

Por lo cual se puede deducir que entre mayor producción haya, como la que se ha presentado en los últimos años, se va a presentar mayor generación de residuos lo que repercute en la biodiversidad colombiana, dichas repercusiones se manifiestan de diferentes formas como lo son la contaminación los suelos y cuerpos de aguas cercanos a las diferentes plantas de producción de aceite de palma en Colombia.

La biomasa resultante de este proceso es considerada como un residuo por parte de las industrias palmeras, pero, al ser procedentes de la palma *Elaeis Guineensis*, cuentan con una carga nutricional, la cual tiene una variabilidad teniendo en cuenta las condiciones en la producción del fruto, Estos residuos pueden ser aprovechados para la elaboración de nuevos subproductos con valor agregado, como la elaboración de biocombustibles, fertilizantes de origen orgánico, energías renovables, entre otros.

Por esto es de gran importancia la generación de nuevos conocimientos que aporten al desarrollo de estrategias que garanticen el aprovechamiento y gestión total o parcial de estos residuos que garanticen la sostenibilidad ambiental y que así mismo permitan el crecimiento del sector palmero y su industrialización.

2. Planteamiento del Problema

La producción de aceite de palma es una actividad industrial intensiva que implica la manipulación de grandes cantidades de frutas de palma, dicha obtención de aceite se realiza mediante procesos de extracción mecánica o química, según (Fedepalma, 2023) la producción de aceite de palma en Colombia en los últimos años ha tenido un incremento significativo, alcanzando un tope de producción que según la FAO corresponde a aproximadamente a 8 millones de toneladas de fruto fresco de palma africana para el 2022, de los cuales se obtuvieron aproximadamente 1.76 millones de toneladas de aceite crudo de palma, y para el 2023 se alcanzó un tope de producción de 1.84 millones de toneladas de aceite crudo de palma, reflejando así un incremento nunca antes visto de aproximadamente 4.1%, dichos datos también han sido corroborados con la base de datos de producción de la FAOSTAT, según Oviedo Gil, Y. M., & Olivera González, M. (2021). Gracias a estos resultados de producción obtenidos, Colombia se posiciona como país número 1 en cuanto a la producción de aceite crudo de palma a nivel Latino América, y número 4 a nivel mundial, representando así un poco menos del 2% en cuanto al aporte en la producción de aceite crudo de palma a nivel mundial, sin embargo, según (Montoya. C, 2023) aproximadamente el 78% del producto cosechado o fruto fresco de palma se convierte en residuos, tomando como referencia el dato obtenido en el 2022 por la FAO esto corresponde aproximadamente 6.2 millones de toneladas de residuos con respecto a las toneladas de fruto fresco, como consecuencia la producción de aceite de palma conlleva a la alta generación de residuos y biomasa residual lignocelulósica como los racimos de fruta vacía (RFV), fibras de mesocarpio, cuesco de palma; además, de producirse emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y efluentes con alta carga orgánica (Escudero. A, 2019), según (Sridhar & AdeOluwa, 2009) durante la extracción del aceite de palma se generan estos desechos frecuentemente, los cuales se acumulan y se manejan de forma inadecuada, lo que puede generar un impacto negativo para el medio ambiente, así como también pueden generar repercusiones para la salud humana y para la sostenibilidad de la industria, los principales problemas asociados con la producción de desechos en las industrias extractoras de aceite de palma son la contaminación del agua ya que los desechos como los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales y los efluentes de las operaciones de lavado y limpieza, pueden contaminar los cuerpos de agua cercanos, causando eutrofización y deterioro de la calidad del agua, también las emisiones de gases de efecto invernadero ya que la descomposición de los desechos orgánicos

generados durante la producción de aceite de palma puede liberar gases de efecto invernadero, como metano y dióxido de carbono, contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático, así mismo se ve afectada la pérdida de biodiversidad ya que la acumulación de desechos orgánicos, como las cáscaras de fruta de palma y los racimos vacíos, en las áreas de producción de aceite de palma puede alterar los ecosistemas locales, reducir la biodiversidad y afectar la vida silvestre, por otro lado también se ve comprometida la salud humana, considerando que la gestión inadecuada de los desechos puede representar un riesgo para la salud de los trabajadores y las comunidades locales, como la exposición a productos químicos tóxicos y la propagación de enfermedades transmitidas por vectores y finalmente la pérdida de recursos, debido a que al no gestionarse adecuadamente, los desechos de la producción de aceite de palma pueden representar una pérdida de recursos potenciales, ya que algunos de estos desechos con buenas prácticas en los sistemas de producción podrían ser implementados y valorizados como subproductos o utilizados para la generación de energía renovable, sin embargo, se ha evidenciado con el paso del tiempo la falta de estrategias de gestión y aprovechamiento de estas materias primas resultantes de los procesos de producción por parte de las organizaciones a nivel nacional debido al desconocimiento del potencial que estos poseen para su aprovechamiento.

2.1. Pregunta Problema

¿Cuáles son las guías técnicas que proporcionan información sobre los subproductos derivados de los residuos sólidos obtenidos en el proceso de extracción de aceite de palma, que a su vez incentiven a la adopción de técnicas de aprovechamiento de dichos residuos para la optimización de procesos y recursos?

3. Justificación

Colombia y la industria palmera se encuentran liderando la producción de aceite en América latina, y ocupando el cuarto puesto a nivel mundial, para el 2022, el territorio nacional contaba con aproximadamente 596.000 hectáreas de cultivo de aceite de palma, para este mismo año, la industria palmera representó el 16.5 del PIB agrícola nacional (Mendoza, 2022), En Colombia se tiene planteado un reto el cual se establece en la renovación del cultivo de palma, enfocándose en pequeños productores, con aproximadamente 61.000 hectáreas entre el 2023 y 2030 (Agronet, 2023) por lo cual se puede proyectar una mayor producción de aceite en Colombia.

Como todo proceso industrial, se generan residuos, la extracción de aceite de palma no es la excepción, dado que la cantidad de residuos sólidos son proporcionales a su producción, se debe tener en cuenta que todo proceso industrial genera diferentes residuos tanto sólidos como líquidos, que al igual que las aguas cloacales están compuestas por contaminantes (Bioingepro, 2021). En el proceso de extracción de aceite de palma se generan lodos los cuales son centrifugados con la finalidad de recuperar el aceite que este contiene y posteriormente es enviado a unas piscinas de la industria palmera, dicho lodo al ser depositado de manera a cielo abierta, genera grandes cantidades de metano y dióxido de carbono, la práctica de verter este lodo en estas piscinas, presentaba problemas tanto sociales como ambientales, ya sea con generación de malos olores o daños en las propiedades del suelo (Avendaño & Martinez, 2015) por otro lado se tienen los residuos sólidos entre los que se encuentra la fibra de mesocarpio, racimos de fruto vacío, cuesco de palma y torta de palma.

La disposición del cuesco de palma y de la fibra es la incineración para así generar más flama en el proceso industrial, esto conlleva a una consecuencia, la cual es la generación emisiones de gases de efecto invernadero (Vanegas, 2018) otro residuo generado son los racimos de fruta vacío (RFV), resultantes del proceso de desfrutado, una vez completado este proceso, estos racimos son incinerados y utilizados en la planta como beneficio, pero conlleva a una problemática la cual es la formación de depósitos de ceniza en las superficies de transferencia de calor. Estos depósitos pueden causar una disminución en la eficiencia de transferencia de calor, lo cual puede llevar a un rendimiento desigual de la caldera y a paradas no programadas debido a la acumulación de cenizas. Además, la formación de capas de ceniza en las paredes de intercambio de calor puede aumentar la temperatura de los gases circundantes, lo que reduce la eficiencia del proceso de transferencia

energética y puede propiciar problemas corrosivos de altas temperaturas en los componentes metálicos de la caldera.

Esta problemática de formación de depósitos de ceniza no solo afecta la eficiencia de la caldera, sino que también puede provocar inestabilidad en la llama de combustión y afectar la distribución de los gases, lo que a su vez puede generar depósitos de escoria en lugares de alta temperatura y afectar la integridad de la parrilla de la caldera. (Bayona. R, García. N, Gacha. J & Ricaurte, H. 2023).

El último residuo sólido de la producción de aceite de palma es la torta de palma, esta cuenta con propiedades fisicoquímicas que ha evidenciado el sector ganadero, entre estas su alto contenido en fibra y contenido de proteínas, alrededor de 14 y 15%, este residuo cuenta con características compatibles al alimento fibroso, por lo cual se le da uso como concentrado para ganado vacuno y aves de corral, a pesar de esto, también se asegura que se han realizado estudios en los que cuando se implementa el uso de esta torta, se obtienen resultados decrecientes para la ingesta de materia seca, esto debido a los altos niveles de lignina, calidad y concentración de la proteína.(Contexto ganadero, 2022)

En los últimos años se ha evidenciado diferentes métodos para el aprovechamiento de los residuos del sector palmero, específicamente en la fibra de mesocarpio, el cuesco de palma y la torta de palma, en donde se asegura que la fibra de mesocarpio cuenta con características excepcionales para la elaboración de compost orgánico, mediante el cual se poder realizar una mejora estructural del suelo, otro aprovechamiento es el cuesco de palma, donde hay diversos estudios en donde se asegura que por su composición lignocelulosa y al ser alto en lignina es perfecto para la elaboración de carbones activados.(Robalino & Zambrano, 2022) Finalmente otro residuo que se considera aprovechable es la torta de palma, debido a su gran cantidad de humedad y grasa, se puede utilizar para la elaboración de biodiesel, utilizando el método de transesterificación (Velásquez. B, 2021).

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Desarrollar fichas técnicas sobre los subproductos derivados de los residuos sólidos del sector palmero en Colombia, que documenten de forma precisa sus características con el fin de promover su aprovechamiento sostenible y contribuir al desarrollo social, económico y ambiental.

4.2. Objetivo Especifico

- Analizar y recopilar información precisa sobre los residuos sólidos resultantes del proceso de extracción de aceite de palma y los subproductos derivados de los mismos, considerando aspectos como sus características físicas y químicas
- Determinar los subproductos de mayor potencial para estos residuos sólidos generados en el proceso de extracción de aceite de palma.
- Desarrollar fichas técnicas completas y visualmente atractivas para los subproductos seleccionados, las cuales proporcionen información detallada sobre sus propiedades y usos, con el fin de que presente de manera efectiva la información relevante sobre cada uno.

5. Alcance

La investigación se centrará en el diseño de fichas técnicas para tres subproductos en Colombia: el carbón activado a base de cuesco de palma, el compost a base de fibra de mesocarpio y el biodiesel a base de la torta de palma, la investigación se basará en fuentes confiables y relevantes para obtener información precisa y actualizada sobre el diseño de fichas técnicas para estos subproductos en Colombia. Se analizarán estudios científicos, informes técnicos y publicaciones especializadas para recopilar datos y establecer pautas claras sobre las características y usos de estos subproductos.

El desarrollo de estas fichas técnicas contribuye a la gestión de residuos sólidos en el sector palmero en Colombia de varias maneras como lo es en proporcionar información detallada sobre las características, propiedades y usos de estos subproductos, esto permite a las empresas y organizaciones del sector palmero comprender mejor cómo aprovechar y valorizar estos subproductos, en lugar de considerarlos como residuos sin valor, al conocer las propiedades y aplicaciones de estos subproductos, se pueden identificar oportunidades para su reutilización, reciclaje o transformación en productos de valor agregado.

Además, las fichas técnicas también pueden ayudar a promover prácticas sostenibles de gestión de residuos sólidos en el sector palmero. Al proporcionar información sobre los beneficios ambientales y económicos de utilizar estos subproductos, se fomenta la adopción de prácticas de economía circular y se reduce la dependencia de los métodos tradicionales de eliminación de residuos.

El público objetivo de estas fichas técnicas incluye a los productores de aceite de palma, empresas agroindustriales, investigadores, instituciones académicas, autoridades ambientales y cualquier persona interesada en la gestión sostenible de residuos sólidos en el sector palmero en Colombia.

Para promover el uso efectivo de estas fichas técnicas entre los interesados, se pueden implementar diversas estrategias, algunas posibles acciones incluyen la difusión y divulgación por medio de plataformas en línea, redes sociales, boletines informativos y eventos relacionados con el sector palmero, esto permitirá que un amplio público tenga acceso a la información y pueda utilizarla en sus actividades, otra opción incluye la capacitación y talleres ya que pueden organizar capacitaciones y talleres dirigidos a los actores del sector palmero para brindarles información

detallada sobre el contenido y el uso de las fichas técnicas, estas actividades también pueden servir como espacios de intercambio de experiencias y buenas prácticas, finalmente alianzas y colaboraciones ya que al trabajar en conjunto con asociaciones del sector palmero, instituciones académicas y autoridades ambientales puede ayudar a promover el uso de las fichas técnicas, por otro lado la presente investigación aporta al manejo de los residuos sólidos en el sector palmero ya que incentiva a la transformación los desechos en productos comercializables.

De esta manera, se logra reducir la cantidad de residuos que terminan en los vertederos y se promueve la economía circular. Además, al desarrollar fichas técnicas para diversos subproductos como carbón activado, compost y biodiesel, se logra una mayor diversificación de los productos en el sector, lo que resulta en un aumento de los ingresos y una mayor sostenibilidad.

Este enfoque también aprovecha recursos renovables, disminuyendo así la dependencia de materias primas no renovables y mitigando el impacto ambiental ya que la producción de subproductos contribuye a reducir la huella ambiental al ofrecer una alternativa sostenible.

Además, el desarrollo de tecnologías para la producción de estos subproductos fomenta la innovación tecnológica, con posibles aplicaciones en otros sectores industriales. Esto a su vez contribuye al avance tecnológico en general.

6. Marco Referencial

6.1. Marco Conceptual

La palmi-cultura es la actividad agrícola relacionada con el cultivo de palmas de aceite. En el contexto de Colombia, se destaca por ser el segundo cultivo en área sembrada en el país, con un alto valor de producción y un papel importante en las exportaciones no tradicionales. La palmi-cultura se ha expandido a varias regiones, convirtiéndose en una actividad económica formal y un motor de progreso para las áreas rurales. Pérez Marulanda, N. (2022) una vez cultivada la palma y con un desarrollo significativo de esta, se procede a realizar el proceso de extracción de aceite de palma en donde a través de diferentes procesos, se obtiene el aceite de palma crudo y el aceite de palmiste, y posteriormente ser comercializado (Induagro, 2023), según Fedepalma (2018) la palma de aceite contiene unos frutos los cuales al ser procesados en diversas etapas se obtiene como resultado un aceite vegetal, el cual se caracteriza por su balance en composición (50 % de ácidos grasos y 50 % ácidos grasos insaturados). Al ser esto un proceso industrial, genera diversos residuos tanto sólidos como líquidos, bioingepro (2022) afirma que la mayoría de estos residuos se encuentran contaminados, logrando compararlos con las aguas cloacales, estos residuos al ser procedentes de la palma de aceite, contienen partículas los cuales los cataloga como aprovechable, debemos recordar que al ser aprovechables, se puede recordar que este es el proceso de reutilización, reciclaje, para generar energía, compostaje o cualquier otra forma que beneficie la salud, el medio ambiente o la economía al reintegrar los desechos sólidos al ciclo económico y productivo mediante el manejo adecuado. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) en la última década se han llevado a cabo diferentes investigaciones acerca de la viabilidad de estos residuos sólidos del sector palmero, en donde los evalúan para diferentes usos, cabe recalcar que estos estudios se enfocan en la fibra de mesocarpio, el cuesco de palma y la torta de palma, los principales residuos en la extracción de aceite de palma, en diferentes investigaciones se han realizado compost orgánico con la fibra de mesocarpio, El compost es un producto orgánico originario de los desechos vegetales, animales e incluso sintéticos resultantes de las actividades productivas y domésticas del ser humano, este producto tiene como finalidad aportar beneficios al suelo como lo son el incremento de nutrientes entre otros. (Docampo, 2013) por otro lado se tiene el cuesco de palma, que es la cáscara que recubre la nuez, existen diversos estudios en donde se

asegura que por su composición lignocelulosa y al ser alto en lignina es perfecto para la elaboración de carbones activados. (Robalino & Zambrano, 2022) el carbón activado, también conocido como carbón activo, es un material poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, en un gas o un líquido. Es tan efectivo que se ha convertido en el purificador más usado por la humanidad. (Carbotecnia, 2023) finalmente, el último residuo que se considera aprovechable es la torta de palma, cuya disposición es ser utilizada como concentrado para ganado vacuno y aves de corral (Contexto ganadero, 2023) pero este al tener un alto contenido en humedad y grasa, es el perfecto para la elaboración de biodiesel, El biodiesel es un combustible líquido hecho de recursos renovables como aceites vegetales o grasas animales. Actualmente se utiliza para reemplazar parcial o completamente el Diesel de petróleo en los motores Diesel. (Ramírez. I, Vela. C, & Rincón, J. 2012)

6.2. Marco Normativo

En Colombia, tanto la extracción de aceite de palma como el manejo de residuos sólidos de este proceso se encuentran regulados por distintas leyes y normas, de las cuales se pueden resaltar las siguientes:

LEY 138 DE 1994: Por la cual se establece la cuota para el fomento de la Agroindustria de la Palma de Aceite y se crea el Fondo del Fomento Palmero. (Poder Legislativo de Colombia, 1994)

RESOLUCIÓN 62151 DEL 2020: Mediante la cual se establecen requisitos para el registro ante el ICA de los predios productores de palma de aceite (ICA,2020).

RESOLUCIÓN 395 DE 2005: Por la cual se adoptan normas de carácter fitosanitario y de recursos biológicos para la producción, distribución y comercialización de plantas de palma de aceite en vivero (ICA, 2005).

LEY 9 DE 1979; ARTÍCULO 43: Las normas de emisión de sustancias contaminantes de la atmósfera se refieren a la tasa de descarga permitida de los agentes contaminantes, teniendo en cuenta los factores topográficos, meteorológicos y demás características de la región. (Congreso de la República de Colombia, 1979).

LEY 9 DE 1979; ARTÍCULO 22: Las actividades económicas que ocasionen arrastre de residuos sólidos a las aguas o sistemas de alcantarillado existentes o previstos para el futuro serán reglamentadas por el Ministerio de salud. (Congreso de la República de Colombia, 1979).

RESOLUCIÓN 1045 DE 2003: Esta resolución plantea implementar mejoras metodológicas para el manejo de residuos sólidos (tratamientos, recolección, procesos y disposiciones finales) con la finalidad de minimizar los impactos ambientales, promover la reutilización de residuos como insumos para la producción de nuevos bienes que logren restaurar la estructura en los suelos. (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2003).

DECRETO 1076 DE 2015; ARTÍCULO 2.2.3.2.20.5: En esta se establece la prohibición en cuanto al vertimiento de residuos sólidos en aguas sin un previo tratamiento que puedan causar daño o poner en riesgo la salud humana, afectar el desarrollo de la flora y fauna u obstaculizar el empleo para otros. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

6.3. Estado del Arte

La producción de aceite de palma se establece como una operación estructurada por un conjunto de procesos, entre los cuales se encuentra, esterilizado, desfrutado, prensado, centrifugado, secado y triturado, esto con la finalidad de obtener APC (Aceite de palma crudo) y aceite de palmiste para posteriormente ser comercializado para la elaboración de nuevos productos (Induagro.2023), en este proceso se obtienen diferentes residuos tanto sólidos como líquidos, estos residuos tienen partículas ricas en nutrientes, de igual manera, llegan a ser contaminantes al igual que las aguas cloacales (Bioingepro,2021), debido a que estos residuos llegan a ser ricos en nutrientes, existen diferentes investigaciones donde se evalúan los residuos de la producción de aceite de palma para ser aprovechados, como la de (Claudia Loboguerrero A.2007) que realizó una exploración de la factibilidad del aprovechamiento de los residuos de la extracción de aceite de palma, esto con la finalidad de convertirlos en azúcares fermentables, En esta investigación se llevó a cabo estudios experimentales en cuanto a la factibilidad del aprovechamiento de los residuos sólidos del sector palmero, entre los cuales encontramos El cuesco de Palma y la Fibra, como resultado obtuvo un 95% de confianza que los resultados para el porcentaje de humedad muestran que la tusa tiene el contenido más alto de humedad frente a los otros dos tipos de desechos, que el cuesco tiene el menor porcentaje de humedad de todas las muestras y que la humedad presente en todas las muestras es significativamente diferente. El alto contenido de humedad de la tusa se debe a la falta de tratamiento durante el proceso de extracción del aceite. Sin embargo, debido al pretratamiento de secado, los resultados de la humedad de todas las muestras fueron muy diferentes de los esperados. En el proceso de centrifugación se retira el aceite que aún contienen los lodos generados en la producción y finalmente su disposición es en piscinas de la industria palmera, lo cual genera malos olores y causa contaminación en las propiedades del suelo, por tal motivo (Bonomie & Reyes, 2012).

Planteó una Estrategia Ambiental en el manejo de efluentes en la extracción de aceite de palma. Este documento de carácter investigativo, donde se tiene como propósito realizar un análisis sobre la gestión que se le está brindando a los efluentes resultantes del proceso de extracción de aceite de palma, del cual también se propone una estrategia de mitigación que se desarrolla por medio de la producción más limpia, la cual tiene como objetivo minimizar todos los impactos negativos que puedan ser generados en el medio ambiente, así como también evitar las pérdidas a

la empresa por posibles sanciones por la disposición de desechos peligrosos al ambiente, finalmente planteó como estrategia final la utilización de los lixiviados como tipo de abono para las plantaciones, donde se demostró que se podían aprovechar al máximo los recursos y promover a la disminución de residuos, producto de este proceso de transformación de materia orgánica, obteniendo así como conclusión que el manejo adecuado de los recursos en esta industria, como modelo de producción más limpia puede mitigar e incluso evitar los posibles impactos negativos, así como también evitar las sanciones legales en la empresa por la mala disposición de desechos en el medio ambiente. Ampliando la problemática de los residuos líquidos y sólidos, para el (Montoya. C, 2023) llevó a cabo alternativas ambientales para el aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos agroindustriales provenientes de la palma de aceite (*Elaeis Guineensis*) en donde plantea un análisis sobre las diversas alternativas de aprovechamiento para los residuos agroindustriales de la palma de aceite, por lo que realizaron una recopilación de información en bases de datos académicas confiables para corroborar la efectividad y viabilidad de los diversos usos que se le pueden dar a estos residuos describiendo los impactos generados, entre otros aspectos. Finalmente pudieron determinar el uso para 3 residuos que son las hojas de palma de aceite, los troncos de la hoja de palma, los racimos de fruto vacíos entre otros, concluyendo así que existe un gran potencial de aprovechamiento de estos residuos, no sólo sólidos sino también líquidos, ya que existe un amplio contenido de investigaciones que respalden los usos de estos residuos para generar valor agregado a la cadena de producción, mediante diferentes métodos que sean capaces de mitigar los impactos ambientales generados.

Para el 2019 Torres. P & Quintero. L, llevaron a cabo un análisis de residuos sólidos palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energías renovables en el departamento del cesar, cuyo objetivo era brindar información sobre el uso potencial de los residuos generados por el proceso de extracción de aceite de palma como una alternativa de uso de energía, a partir de la biomasa, ya que Colombia es un país con gran potencial en cuanto a la producción de biomasa y residuos agroindustriales que no se ven aprovechados de la mejor manera, y por medio de investigaciones se puede llegar a la conclusión de que es posible implementar estos residuos como materia prima para la generación de energías limpias en el país. En el proceso de extracción de aceite de palma, genera residuos sólidos, fibra de mesocarpio, cuesco de palma y torta de palma, la fibra de palma es obtenida mediante la extracción del pericarpio y se han realizado estudios para la elaboración del compost haciendo uso de esta, por tal motivo (Lucero. A, 2022) llevó a cabo un

estudio técnico – financiero para la elaboración de compost, a base de residuos de la extracción de aceite de la fruta fresca de palma. Esta investigación abarca la problemática ambiental causada por la industria palmera, cuyo objetivo general es reutilizar los residuos generados para así darle una nueva vida a estos y mitigar la contaminación generada por la misma organización, para esto tendrá en cuenta diversos residuos sólidos, entre estos la fibra de mesocarpio, finalmente los resultados de esta investigación son gratamente positivos, pues se expresa que; el uso de estos residuos sólidos contribuye de gran manera en la elaboración de un compost factible, así mismo, mediante un estudio financiero, aclara que es viable en cuanto a su costo-beneficio, mientras que (Espinoza, 2021) realizó la producción de compost utilizando el subproducto agroindustrial de fibra de fruto de palma aceitera (*Elaeis Guineensis*) y microorganismos eficientes en el centro poblado el Boquerón distrito y provincia de Padre Abad departamento de Ucayali 2019. Donde desarrolló un estudio experimental para determinar cuál es la factibilidad de los microorganismos eficientes, los parámetros físicos y el tiempo requerido para la desintegración de la materia prima, para finalmente evaluar la cantidad de compost obtenido de la fibra de palma de aceite a través de este proceso, brindando así un valor agregado a los restos de fibra de la palma de aceite.

Estos resultados fueron considerados positivos puesto que la investigación demostró tener viabilidad técnica y operativa ya que se demostró la facilidad para la preparación del compost por medio de microorganismos eficientes, su elaboración y manejo es sencilla ya que puede ser llevada a cabo por cada agricultor y/o empresa que posea un área de cultivo, y finalmente la aplicación del compost con fibra de palma de aceite permitirá cosechar un producto sano, cumpliendo estándares de calidad lo que es aceptable para la promoción en el mercado.

El segundo residuo sólido obtenido es el cuesco de palma, el cual es aquel que cubre la nuez de palma, al ser de origen natural, aseguran que tiene propiedades excepcionales, por lo cual (Barreto. M & Álvarez. F 2022) realizaron la obtención de biocarbón a partir del cuesco de la palma africana (*Elaeis guineensis*) para su potencial uso como remediación de suelos y fuente energética, una vez puesta en marcha este proyecto, probó el potencial del cuesco de palma africana (*Elaeis guineensis*) para la producción de biocarbón mediante un proceso de pirólisis lenta y se utilizó para limpiar tierras agrícolas. Para la obtención de biocarbón el proceso de pirólisis se realiza a 500°C y 600°C con un tiempo de retención de una hora en ambos casos. Para su aplicación se utilizaron fracciones de biocarbón de 5% y 10%, % para biocarbón obtenido a 500 °C y 600 °C, finalmente pudieron concluir que el Cuesco de palma africana es una materia óptima para la elaboración de

biocarbón, esto debido a su alto contenido lignocelulósico, dureza, propiedades fisicoquímicas y térmicas que presenta, su propiedad en cuanto a dureza y densidad otorgan una mejor estructura al biocarbón, logrando que este sea más robusto en cuanto al proceso de adsorción en el momento de su aplicación, por otro lado, (Escobar. 2023), ingeniero Civil de la universidad Santo Tomás del municipio de Villavicencio, investigó los usos del desecho agroindustrial (cuesco) de la palma de aceite africana en la ingeniería civil, el objetivo de esta investigación se basa en investigar las propiedades del material conocido como cuesco, residuo agroindustrial de la palma africana, en varios campos de la ingeniería civil. Para lograr esto, se desarrolló una metodología basada en la revisión de la bibliografía relacionada con el planteamiento del problema, el análisis de las áreas en las que se ha utilizado y la determinación de las ventajas, desventajas y viabilidad del material. Finalmente identificó que el uso del cuesco en diferentes áreas de la ingeniería civil sigue siendo incierto, pero se ha demostrado que el material tiene buenas propiedades para su uso en varios marcos evaluados.

Mientras que (Robalino & Zambrano. 2022) aseguran que tiene una composición lignocelulosa y al ser alto en lignina es perfecto para la elaboración de carbones activados.

Según (Rashidi, N & Yusup, S. 2017) el carbón activado se destaca por su capacidad en cuanto a la purificación del agua, adsorción de gas, tratamiento de aguas residuales, eliminación de contaminantes, olores y almacenamiento de hidrógeno. Teniendo en cuenta esta información y así mismo, contando con la disponibilidad del cuesco de palma, (Mejía .M & otros. 2018) analizaron potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de carbón activado, en donde el artículo hace una revisión acerca del aprovechamiento de ciertos residuos agroindustriales y el uso potencial para la generación de carbón activado, esto gracias a los altos contenidos orgánicos que poseen estos residuos, lo cual representa un gran beneficio a la hora de activación bien sea física o química, y también se abarcan los beneficios que generan el uso de estos carbones en diferentes cosas como la remoción de metales pesados, potabilización del agua, entre otras, finalmente lograron identificar que los carbones activados derivados de los residuos de la palma de aceite han demostrado una tener una gran extensión de aplicaciones, y también han demostrado tener buena relación en costo, finalmente se logró evidenciar el gran potencial del uso de los residuos agroindustriales que pueden ser ampliamente utilizados en la síntesis de carbón activado, (Girón R & Grisales L .2015) más allá de sólo analizar, optaron por caracterizar y producir carbón Activado a partir de cuesco de palma para la adsorción de compuestos carbonatados y sulfurados. Donde su objetivo se establecía en

determinar la capacidad de adsorción de sales de sodio derivadas de H_2S y CO_2 (como $NaHS$, $NaHCO_3$ y Na_2CO_3) sobre carbón activado. Para sintetizar carbón se utiliza como sustrato el cuesco de palma (PC) procedente de la extracción del aceite de palma. Este se impregnó en soluciones acuosas de agentes alcalinos y ácidos (para ello prepara soluciones de KOH y H_3PO_4 al 10% y 60% p/p, respectivamente). Asimismo, se realizó una impregnación con vapor de agua (agente neutro) Posteriormente, el material se carboniza a $800^\circ C$ en atmósfera inerte (ausencia de O_2), finalmente la composición fisicoquímica del cuesco de palma CP permitió determinar la efectividad del material como agente adsorbente dada la presencia de microporos y mesoporos, los cuales se logran evidencias en la microscopia electrónica de barrido (SEM) y la estabilidad térmica y química del carbón activado, lo mencionado anteriormente, permite establecer una relación directa entre el tamaño de los poros y el contenido de volátiles, concluyendo esta investigación se logra observar una mejora en las propiedades de adsorción en los poros y área superficial del material.

Finalmente, Mejía, O & otros. (2006) Aprovecharon los residuos de la industria palmera mediante la obtención de carbón activado a escala de laboratorio, donde obtuvo resultados positivos mediante el uso de la activación física, relacionando su resultado con el de Agudelo.B (2017) donde asegura que estos procesos son una forma efectiva de gestionar los residuos agroindustriales que contienen altos niveles de carbono en su estructura es aprovecharlos para crear productos de alto valor añadido, como el carbón activado. Estos materiales se consideran desechos, por lo tanto, al elaborar el carbón activado, es importante tener en cuenta que sus características y calidad están estrechamente vinculadas a variables de operación como la temperatura, el tiempo de residencia y el flujo del agente activador durante la fase de activación para su producción.

Concluyendo como último residuo sólido en la producción de aceite de palma, se tiene la torta de palma. Obtenida en el proceso de trituración, donde se obtiene el aceite de palmiste (Induagro, 2023) la torta de palma contiene una gran humedad y grasa, por lo cual (Velasquez.B, 2021) asegura que mediante el proceso de transesterificación se logra obtener biodiesel, pero según (Kheang. L. 2016) , asegura que no es muy viable encaminarse a la generación de biocombustibles debido a sus altos costos, contradiciendo esto (Cardenas B. 2023) investigó el modelo de economía circular para la valoración de residuos y subproductos del sector palmicultor de Casanare, para este estudio, se identificaron los procesos que generan residuos y subproductos en la transformación del Racimo de Fruto Fresco (RFF) en el sector palmicultor, como el Racimo de Fruta Vacía (EFB),

fibra, cascarilla y ceniza. Se compararon las características de estos residuos con investigaciones anteriores para establecer una línea base. Además, se determinaron los enfoques de valoración de los residuos y subproductos, como biocombustibles, actividad enzimática, fuente de nutrientes y construcción. Se estimó el costo de cuatro alternativas de incorporación o reducción de los residuos y subproductos. Por último, se construyó un modelo de economía circular basado en indicadores de flujo de materiales y huella de carbono para evaluar el nivel actual y el grado de mejora en la reincorporación de residuos y subproductos.

Según Buraglia. O (2021) afirma que las políticas de implementación de economía circular en Colombia, donde han priorizado el aprovechamiento de recursos de la agroindustria, esto con la finalidad de dar un valor agregado a estos residuos no aprovechados, esto se puede apoyar en lo mencionado por Romero (2022) donde afirma que los residuos agroindustriales pueden llegar a contribuir de manera importante en la economía circular, puesto que pueden llegar a ser insumos en diferentes procesos de producción. Por otro lado, según Van. H (2018). El sector palmero en Colombia ha avanzado en temas como el aprovechamiento de la biomasa, pero se aseguran de que es necesario que las demás empresas comprendan los beneficios sobre el aprovechamiento.

7. Marco Metodológico

7.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es considerada tipo descriptiva, debido a que, se enfoca en la elaboración de fichas técnicas para los subproductos identificados, tomando como referencia 3 estudios experimentales sobre el aprovechamiento de residuos sólidos generados en el proceso de extracción de aceite de palma desarrollados en Perú, Ecuador y Colombia.

7.2. Enfoque de Estudio

Mixto: La presente investigación cuenta con un enfoque mixto, puesto que se basa en comprender y describir los fenómenos naturales obtenidos mediante la gestión de residuos sólidos, asimismo se tendrá en cuenta datos cuantitativos como lo son: toneladas de producción, existencias de cultivos, entre otros.

7.3. Población

La población de estudio incluye los residuos sólidos obtenidos mediante el proceso de extracción de aceite de palma, los cuales son: Racimos de fruto vacío, Fibra de mesocarpio, Cuesco de palma y Torta de palma.

7.4. Muestra

La muestra de esta se establece como un muestreo no probabilístico, específicamente por conveniencia ya que estas son las muestras convenientemente disponibles de las cuales se quiere estudiar sus características durante el desarrollo de la investigación, en donde se tendrá en cuenta la fibra de mesocarpio, cuesco de palma y torta de palma, residuos sólidos obtenidos mediante el proceso de extracción de aceite de palma.

7.5. Recolección de Datos

La recolección de datos se considera punto clave en la ejecución de una investigación, en este caso, la recopilación de datos se realiza mediante revisiones documentales detalladas, sobre los estudios experimentales, los cuales se tomarán como referencia estudios como lo son: Espinoza (2021) titulado como Producción de compost utilizando el subproducto agroindustrial de fibra de fruto de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis*) y microorganismos eficientes en el centro poblado el Boquerón distrito y provincia de Padre Abad departamento de Ucayali 2019, Agudelo. B, (2017) titulado como Estandarización de proceso de producción de carbón activado por activación física a partir de cuesco de palma a escala industrial y por último Velázquez, B. (2021) titulado como Obtención de biodiesel a partir de residuos de la industria extractora de aceite de palma africana, *Elaeis guineensis*, puesto que identifican los diferentes subproductos obtenidos mediante la gestión de residuos sólidos generados en el proceso de extracción de aceite de palma.

7.6. Técnicas e Instrumentos

Para el inicio de una investigación es de gran relevancia contar con un respaldo de información científica, la cual contribuye en gran parte la ejecución de un proyecto, por tal motivo el enfoque principal en esta investigación es la revisión literaria, análisis de datos y estudios experimentales, sin embargo, consideramos como técnicas e instrumentos de recolección la búsqueda bibliográfica utilizando motores de búsqueda académica como lo es Google Scholar, Pubmed, páginas especializadas como el CID palmero (Centro de Información y Documentación Palmero) entre otros, para así, lograr identificar estudios experimentales, asimismo se tuvo en cuenta documentos relacionados con residuos sólidos del sector palmero y la gestión de estos mismos

7.7. Fases de la Investigación

La presente investigación se considera descriptiva, pues para la ejecución y culminación de esta, se tendrán en cuenta investigaciones, estudios y análisis experimentales. Posterior a la recopilación de la información, se llevarán a cabo 7 fases, las cuales especifican puntualmente cada ítem para el desarrollo de esta investigación, cumpliendo así el objetivo general.

- **Fase 1 Investigación de la producción de aceite de palma:**

Para la ejecución de esta fase, se llevará a cabo una investigación acerca de la producción de aceite, por parte de la industria palmera colombiana, asimismo se planea evidenciar el proceso de obtención de aceite de palma.

- **Fase 2 Identificación de los residuos sólidos obtenidos del proceso de extracción de aceite de palma:**

Para lograr cumplir esta fase, se tendrá en cuenta artículos científicos y/o publicaciones por parte de Fedepalma, la cual brinda información tanto de producción como de residuos, de igual manera, la implementación visual del proceso de extracción de aceite de palma indicará los procesos en los cuales se generan los respectivos residuos sólidos.

- **Fase 3 Análisis acerca de los residuos obtenidos en el proceso de extracción de aceite de palma:**

Con el objetivo de culminar esta fase, se dispondrá de publicaciones de Fedepalma, dichas publicaciones dan a conocer cuáles son los residuos generados por este sector, lo cual contribuye en esta investigación.

- **Fase 4 Identificación de la disposición actual que se le otorga a estos residuos:**

Esta información es considerada como una de las más difícil de hallar, puesto que no todas las organizaciones realizan la misma disposición, para esto se tendrán en cuenta investigaciones realizadas sobre el sector palmero y la disposición final de cada residuo sólido generado.

- **Fase 5 Identificación de subproductos de mayor potencial a través de la gestión de los residuos sólidos:**

Para esto, se realizará un análisis a estudios experimentales realizados acerca del aprovechamiento de los residuos sólidos y sus respectivos beneficios los cuales deberán tener un respaldo experimental argumentado para así, incluirlos en la presente investigación, esto se realizará bajo un criterio el cual se basa en los resultados que puedan mitigar las principales

problemáticas ambientales, como lo es, contaminación de agua y suelos y emisiones de gases de efecto invernadero.

La identificación de los subproductos de mayor potencial en el sector palmero, como el carbón activado de cuesco de palma, el biodiesel de torta de palma y el compost de fibra de mesocarpio, se basan en varios criterios como los siguientes:

- **Valor económico:** Los subproductos que tengan un mayor valor económico podrían considerarse de mayor potencial. Por ejemplo, el carbón activado de cuesco de palma se utiliza en diversas industrias, como la alimentaria, farmacéutica y de tratamiento de aguas, debido a sus propiedades de adsorción. El biodiesel de torta de palma, por su parte, es un biocombustible renovable que puede ser utilizado como alternativa al combustible fósil en motores diésel. El compost de fibra de mesocarpio puede ser utilizado como fertilizante orgánico en la agricultura.
- **Sostenibilidad y medio ambiente:** Los subproductos que contribuyen a la sostenibilidad y al cuidado del medio ambiente podrían considerarse de mayor potencial. Por ejemplo, el biodiesel de torta de palma es una alternativa más limpia y renovable en comparación con los combustibles fósiles, lo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye a la mitigación del cambio climático. El compost de fibra de mesocarpio, al ser utilizado como fertilizante orgánico, puede ayudar a mejorar la calidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.
- **Disponibilidad y viabilidad técnica:** Los subproductos que sean fácilmente disponibles y que puedan ser procesados de manera técnica y económicamente viables podrían considerarse de mayor potencial. Por ejemplo, en el caso del carbón activado de cuesco de palma, el cuesco es un residuo abundante en la industria palmera y su procesamiento para obtener carbón activado es factible desde el punto de vista técnico y económico.
- **Fase 6 Evidenciar los métodos de obtención de los subproductos:**

En este punto se plasmará un diagrama de flujo el cual evidencie el proceso de obtención de cada subproducto mediante la gestión de residuos sólidos del sector palmero, para esto, se tendrá como referencia estudios experimentales que proporcionan información sobre el aprovechamiento de dichos residuos sólidos.

- **Fase 7 Diseñar una ficha técnica acerca de cada subproducto:**

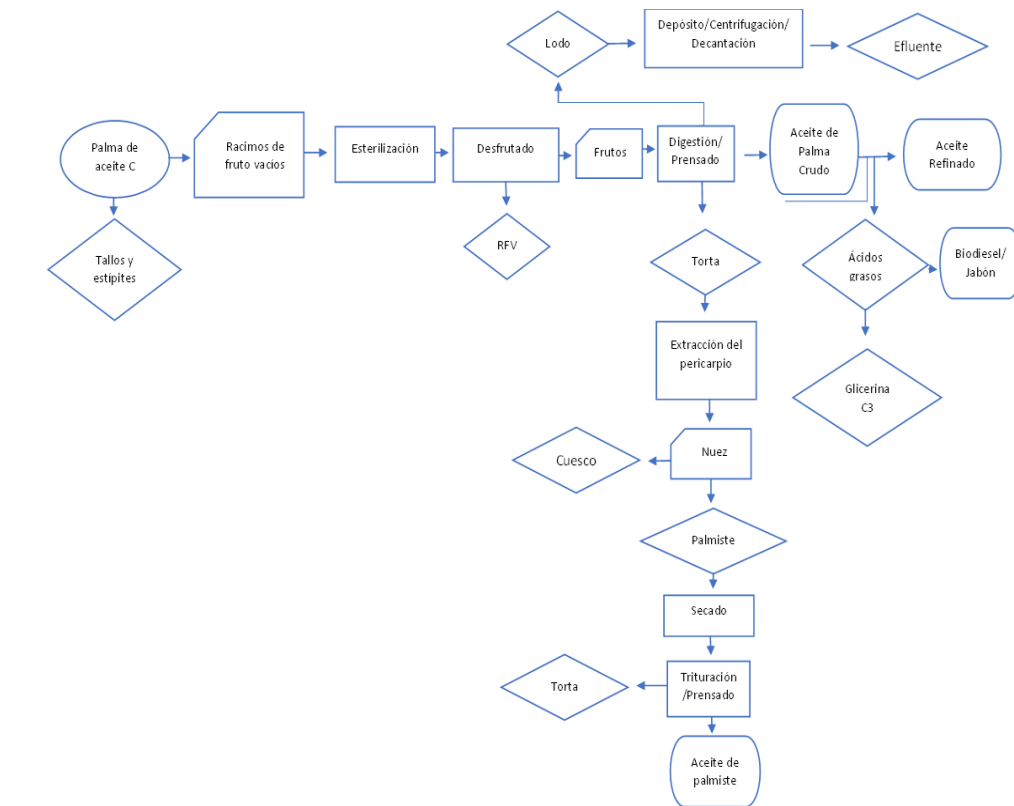
Diseñar una ficha técnica según los lineamientos proporcionados por la entidad GQSP Colombia (Global Quality Standards Programme o Programa Global de Calidad y Normas) con base en las investigaciones recopiladas, en las cuales se llevaron a cabo estudios experimentales para determinar el potencial de aprovechamiento de dichos residuos y los subproductos derivados de los mismos, permitiendo así complementar dichas investigaciones con información práctica y teórica recopilada de los estudios que fueron seleccionados anteriormente, teniendo en cuenta también aspectos tales como riesgos, precauciones, especificaciones, entre otros.

Actividades	Meses																			
	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Investigación de la producción de aceite de palma						x														
Identificación de los residuos obtenidos del proceso de extracción de aceite de palma									x	x										
Análisis acerca de los residuos obtenidos en el proceso de extracción de aceite de palma.										x	x									
Identificación de la disposición de los residuos obtenidos mediante el proceso de extracción de aceite de palma.													x	x						
Identificar los subproductos obtenidos mediante la gestión de residuos sólidos generados por el sector palmero.																	x	x		
Identificar y analizar los procesos experimentales en la obtención de los subproductos obtenidos mediante la gestión de residuos sólidos del proceso de extracción de aceite de palma.																		x	x	
Diseñar una ficha técnica acerca de cada subproducto de mayor potencial bajo los parámetros establecidos por GQSP Colombia (Global Quality Standards Programme), sobre la elaboración de fichas técnicas.																				x

9. Desarrollo de la Investigación

9.1. Extracción de Aceite de Palma

Figura 2. Proceso de Extracción de Aceite de Palma.



Nota: En el diagrama anterior se evidencia el proceso de extracción de aceite de palma, de igual manera se identifica el proceso mediante el cual se generan los diversos residuos sólidos, adaptado de (Van Dam, j, 2016).

El sector palmero tiene como finalidad cultivar la palma *Elaeis Guineensis* y posterior a esto someter el fruto en un proceso mediante el cual se obtienen el aceite de palma y así, comercializarlo para la generación de nuevos productos, para esto, se debe tener en cuenta el proceso que se evidencia en la figura 2.

9.2. Proceso de Extracción de Aceite de Palma

Lo primero que se lleva a cabo es la recepción de la palma de aceite, excluyendo sus hojas y estípites, dejando solamente los racimos de fruto de la palma para así, iniciar con los procesos de obtención de aceite de palma.

9.2.1 Esterilización

Este proceso es considerado como uno de los más importantes en la producción del aceite, puesto que acá se somete el fruto a la acción del vapor para así lograr inactivar la lipasa puesto que esta se inactiva a temperaturas relativamente bajas, del orden de los 60°C. Por ello, se podría pensar que el tratamiento de esterilización de los racimos es posible efectuarlo mediante el uso de agua caliente simplemente, pero para cumplir con los demás objetivos de esta primera etapa se requieren temperaturas mayores. Por esta razón se utiliza vapor saturado. Esto con la finalidad de contribuir en el desprendimiento de los frutos, ablandar los tejidos de la pulpa, calentar y deshidratar las almendras contenidas en las nueces para para facilitar su posterior recuperación y coagular las proteínas presentes. (Induagro, 2023).

9.2.2 Desfrutado

En este proceso se lleva a cabo la separación del fruto del raquis, este se lleva a cabo en un tambor desfrutador, donde se separa el fruto del raquis. El fruto es transportado al digestor mediante transportadores sinfín y una columna elevadora de cangilones. (Induagro, 2023).

9.2.3 Prensado

Los frutos son macerados hasta formar una masa homogénea y blanda, de la cual se extrae el aceite utilizando prensas de tornillo sinfín. El licor de prensa resultante se bombea a un tanque clarificador para separar el aceite de las impurezas. Durante el proceso de prensado, se produce una torta compuesta por fibra y nueces, la cual se seca y se envía a una columna de separación de fibra-nuez. Las nueces se envían al área de palmistería y secan en un silo utilizando aire caliente. La fibra seca se utiliza como combustible en la caldera, que genera el vapor de agua necesario para la planta, posterior a este prensado se obtienen tres resultados donde el primero es un lodo como resultado, el cual pasa por un proceso de centrifugación, el segundo es la torta de palma, que posterior a esto pasa por el proceso de extracción del pericarpio y por último se obtiene el APC (Aceite de Palma Crudo). (Induagro, 2023).

9.2.4 Centrifugado

El proceso de centrifugación se basa en la recuperación del aceite que aún se contiene en este lodo. (Induagro, 2023)

9.2.5 Extracción del Pericarpio

El proceso de extracción del pericarpio de la torta de palma consiste en separar la mezcla compuesta por fibra y nueces. Primero, la mezcla se seca hasta alcanzar la humedad requerida. Luego, se utiliza un proceso neumático en el que se utiliza una columna vertical a través de la cual pasa un flujo de aire ascendente a una velocidad determinada. Debido a la diferencia de densidad, la fibra se sube mientras que las nueces caen al fondo de la columna de separación. De esta manera, se logra separar el pericarpio de las nueces de palma. (Induagro, 2023).

9.2.6 Secado

El proceso de secado se lleva a cabo con la finalidad de como su nombre lo indica “Secar” las nueces de palma, para así llegar a ser trituradas.

9.2.7 Trituración

En este proceso se tritura la nuez con la finalidad de obtener el aceite de palmiste, la cascarilla que recubre está, también conocida como Cuesco, es enviada directamente a las calderas de la planta, esto con la finalidad de generar más vapor. (Induagro, 2023).

9.3. Residuos del Proceso de Extracción de Aceite de Palma

9.3.1 Racimos de Fruto Vacío.

Los racimos de frutos vacíos es el residuo sólido resultante del desfrutado, el racimo primero pasa por un proceso de esterilización en donde se aplica vapor y/o agua caliente para posteriormente retirar el fruto, teniendo como residuo sólido, el racimo de fruto vacío. (Induagro, 2023).

9.3.2 Lodos.

Los lodos resultantes del proceso de extracción de aceite de palma son considerados como un residuo líquido, el cual cuenta con una mezcla de partículas obtenidas a través del prensado del fruto, una vez obtenido este lodo, se realiza un proceso de centrifugado en donde se recupera el aceite que contiene este lodo, y finalmente lo restante del lodo es enviado a una piscina realizada por la industria palmera. (Induagro, 2023).

9.3.3 Fibra de Mesocarpio.

La fibra de mesocarpio es una biomasa luminosa, esta es proveniente del fruto de la palma africana, está proviene de la torta del prensado de los frutos de palma, pues al instante que las fibras se separan de las nueces (extracción de pericarpio) aún están contaminadas con aceite residual, por tal motivo este residuo se considera subproducto (Palmagro, 2020).

Figura 3. Residuo Solido; Fibra de Mesocarpio



Nota: En la figura anterior se logra evidenciar la fibra de mesocarpio, un residuo sólido obtenido mediante el proceso de extracción del pericarpio, adaptado de (Fedepalma, 2016).

Anualmente se producen aproximadamente 20 millones de toneladas de fibra a nivel mundial, en donde, en Colombia existen cerca de las 400.000 toneladas de fibra de mesocarpio, provenientes de la extracción del pericarpio en el proceso de extracción de aceite de palma, representando así, cerca del 2% de la producción mundial de aceite de palma.

La finalidad de estas fibras es ser utilizadas como un combustible económico para las calderas, generando así un incremento de calor en la producción. (Palmagro, 2020).

9.3.4 Cuesco de Palma.

El cuesco de palma es un residuo generado a través del proceso de extracción de aceite de palma, este cuesco son partículas lignocelulósicas duras y compactas que rodean la almendra del fruto de aceite de palma, la obtención del cuesco es mediante la separación de la almendra en el proceso de extracción de aceite de palma. (Van Dam, J, 2016).

Figura 4. Residuo Solido; Cuesco de Palma



Nota: La figura 4, hace referencia a un residuo sólido obtenido de la nuez del fruto, adaptado de (Fedepalma, 2016)

Al igual que la fibra de mesocarpio, se realiza uso de este como combustible para las calderas de vapor, pues a este se le ha prestado poca atención sobre un análisis para darle un valor agregado, así mismo se cree que mediante un proceso de tecnologías de Bio Refinamiento termoquímico se pueden obtener subproductos como lo son: Carbón activado y Agregado liviano para cementos. (Van Dam, J, 2016)

9.3.5 Torta de Palma.

La torta de palma es considerada como un residuo en la industria palmera, pues este surge a través del prensado del palmiste en la última fase, esta torta es granular con una textura seca y un color café oscuro. Esta posee unas características fisicoquímicas, las cuales contribuyen en la alimentación de animales, como los bovinos y las aves de corral. (Extractora sicarare, 2022)

Figura 5. Residuo Solido; Torta de Palma.



Nota: La imagen presentada anteriormente, se ilustra la torta de palma y/o palmiste, un residuo sólido obtenido en el proceso de trituración, adaptado de (Extractora sicarare, 2022.)

En los últimos años se han llevado a cabo diversas investigaciones acerca del aprovechamiento de estos residuos sólidos, estos estudios se enfocan en la obtención de biodiesel a partir de la torta de palma debido a su contenido de azúcar y almidón, los cuales han sido positivos, proyectando un futuro prometedor para este residuo sólido. (Cardona, 2013)

Actualmente esta torta se encuentra en disposición de concentrado para ganado vacuno y aves de corral, debido a su carga nutricional y su precio económico. (Van Dam, J, 2016)

9.4. Disposición de los Residuos Obtenidos en el Proceso de Extracción de Aceite de Palma.

9.4.1 Disposición de los Racimos de Fruta Vacíos

Actualmente no se ha evidenciado un segundo uso para el uso del racimo de fruto vacío, pero, se ha identificado que estos cuentan con un alto contenido de humedad, por lo cual, se cree que pudiese tener un gran valor agregado, sin embargo, no existe un aprovechamiento actual sobre este residuo sólido. (Palmagro, 2020)

9.4.2 Disposición de los Lodos.

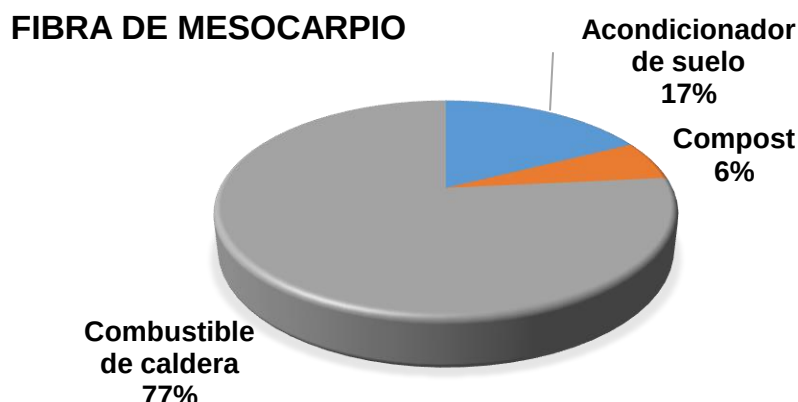
Los lodos generados en el proceso de prensado tienen como disposición atravesar un proceso de centrifugación en donde se recupera el aceite de palma que este contiene y finalmente es enviado a una piscina de efluentes del sector palmero. (Induagro,2023)

9.4.3 Disposición de la Fibra de Mesocarpio

En la actualidad la fibra de mesocarpio es considerada como un combustible económico, puesto que estas se usan para generar más fuego en las calderas y así contribuir como suministro de energía térmica en el proceso de las plantas de extracción. (Induagro, 2023)

Del 100% de la fibra de mesocarpio se divide en distintas funciones las cuales son:16,9 % Campo Uso como acondicionador de suelos en plantaciones; 5,7% Compost; 73,9% Uso en la caldera; 3,5%Otros. (Ramírez, N., Arévalo, A. & Garcia-Nunez, J. A., 2015)

En la siguiente gráfica 1; se evidenciará la disposición porcentual de la fibra de mesocarpio obtenida a través del proceso de extracción de aceite de palma.

Figura 6. Disposición de la Fibra de Mesocarpio.

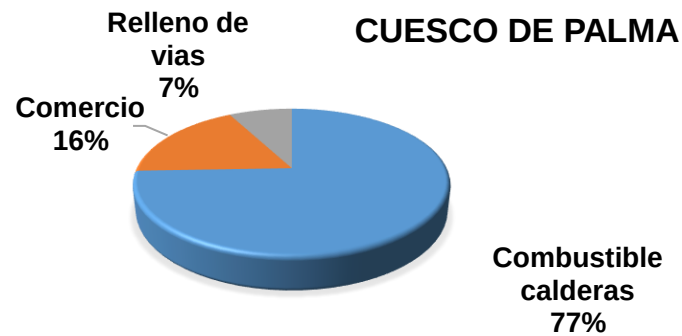
Nota: La gráfica plasmada anteriormente, representa la disposición que se le otorga a la fibra de mesocarpio, residuo sólido del sector palmero, adaptado de (Ramírez, N., Arévalo, A. & Garcia-Nunez, J. A., 2015)

9.4.4 Disposición del Cuesco de Palma

En un estudio realizado por Abnisa, Wan. D & Sahu (2011), titulado como posibilidades de utilización de la cáscara de palma como fuente de energía de biomasa en Malasia mediante la producción de bioaceite en proceso de pirólisis, la disposición que se le da al cuesco de palma era para la combustión en calderas, pero, asimismo se evidencio que presentaba un inconveniente; su ceniza llegaba a obstruir tuberías y ductos debido a su alto contenido en sodio y potasio en forma de óxidos que contiene.

Más allá de representar con un 77% su función como combustible para su mismo proceso de extracción, el 16% de este cuesco se comercializa con el fin de sustituir el carbón vegetal, el 7% restante de este Cuesco contribuye en el relleno de vías de acceso dando a esto una disposición en el ambiente debido a sus propiedades mecánicas (Álvarez & Fernando, 2020)

A continuación, en el gráfico 2; se plasmará la disposición al cuesco de palma obtenido en el proceso de extracción de aceite de palma.

Figura 7. Disposición del Cuesco de Palma.

Nota: la gráfica anterior, evidencia la disposición actual del cuesco de palma, residuo sólido del sector palmero, adaptado de (Álvarez & Fernando, 2020)

9.4.5 Disposición de la Torta de Palma

“La torta de palmiste prensada se compone principalmente de carbohidratos de reserva y proteínas. Por consiguiente, se usa principalmente en la elaboración de alimentos para animales (aves de corral y ganado vacuno)” (Van Dam, J, 2016). Este uso se debe a su bajo costo, contenidos nutricionales y disponibilidad.

Figura 8. Disposición de la Torta de Palma.

Nota: La gráfica plasmada, demuestra la disposición de la torta de palma, residuo sólido obtenido, posterior al prensado de la almendra, adaptado de (Van Dam, J, 2016.)

9.5. Aprovechamiento de los Residuos Sólidos para la Generación de Subproductos

En el proceso de identificación de los subproductos de mayor potencial, se realizaron análisis sobre las investigaciones recopiladas que abarcan el tema del aprovechamiento de los residuos sólidos del sector , donde la tendencia de aprovechamiento de cada residuo sólido apunta hacia la elaboración de compost mediante la fibra de mesocarpio, carbón activado con cuesco de palma y biodiesel con torta de palma, hasta la fecha se han realizado diversos estudios sobre el aprovechamiento de estos residuos sólidos, mediante estos análisis se logran identificar los subproductos con gran potencial esto gracias al aprovechamiento de los residuos sólidos de la palma *Elaeis guineensis*.

9.5.1 *Compost obtenido a través de fibra de mesocarpio.*

El **compost** elaborado con la fibra de mesocarpio de la palma de aceite es un tipo de abono orgánico, pues al compostar este residuo, se transforma en un material orgánico compuesto de nutrientes, los cuales pueden mejorar la estructura y fertilidad de los suelos cuando se utiliza como una enmienda. (Espinoza, 2021)

Análisis

Según la investigación realizada por Espinoza (2021) titulada como Producción de compost utilizando el subproducto agroindustrial de fibra de fruto de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis*) y microorganismos eficientes en el centro poblado el Boquerón distrito y provincia de Padre Abad departamento de Ucayali. (2021). Al analizar los macronutrientes presentes en el abono orgánico a base de fibra de fruto de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) producido por Microorganismos Eficientes en el centro poblado El Boquerón, se observa que los porcentajes de cada nutriente son los siguientes: el nitrógeno representa el 2,74% del abono y es responsable de la formación de ácidos nucleicos, nucleótidos, aminoácidos, clorofila y cenizas, el óxido de fósforo (P_2O_5) representa el 0,50%, el potasio representa el 0,18% y es necesario para la ósmosis y el equilibrio iónico, así como para la apertura y cierre de los estomas, también activa numerosas enzimas, el magnesio representa el 0,16% y es el elemento central de la molécula de clorofila y activa una gran cantidad de enzimas, el calcio representa el 0,11% y es un cofactor de enzimas y componente de la pared celular.

Participa en la permeabilidad de las membranas celulares y forma parte de la calmodulina, que regula actividades enzimáticas y las membranas y el sodio representa el 0,02%. Estos resultados fueron obtenidos a través de un análisis realizado en el laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología.

Los micronutrientes presentes en el abono orgánico producido utilizando la fibra de fruto de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) por los Microorganismos Eficientes en el centro poblado El Boquerón se han evaluado y se encuentran los siguientes: Cobre: 26 partes por millón (ppm) y este es un activador o elemento de algunas enzimas involucradas en las reacciones de oxidación y reducción, el hierro: 1346 ppm y es necesario para la síntesis de la clorofila; es un componente de los citocromos y de la nitrogenasa, el zinc: 12 ppm es un activador o elemento esencial en numerosas enzimas, y el manganeso: 67 ppm que acelera las enzimas necesarias para mantener la integridad de la membrana cloroplástica y para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis.

Siguiendo la investigación se pudieron identificar los siguientes elementos fundamentales:

Materiales orgánicos: Estos son los ingredientes principales del compost, estos elementos son la base de la descomposición y se convierten en nutrientes valiosos para las plantas.

Microorganismos activos: En el corazón del proceso de compostaje se encuentran los microorganismos, como bacterias y hongos, que trabajan en conjunto para descomponer los materiales orgánicos en el compost, estos pequeños seres realizan una labor vital al descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes esenciales para las plantas.

Oxígeno: El oxígeno es un elemento crucial en la formación del compost. Permite que los microorganismos realicen su trabajo de manera eficiente y evita la acumulación de olores desagradables, un suministro adecuado de oxígeno favorece la descomposición aeróbica, asegurando un compost de calidad.

Humedad equilibrada: La presencia de agua es esencial para mantener una humedad adecuada en el compost, un nivel de humedad equilibrado proporciona un ambiente favorable para los microorganismos y ayuda a acelerar la descomposición, es importante encontrar el equilibrio correcto, evitando el exceso de agua que puede llevar a la falta de oxígeno y malos olores, así como la sequedad que ralentiza el proceso de descomposición.

Temperatura óptima: La temperatura también desempeña un papel vital en la formación del compost. Un rango de temperatura adecuado permite que los microorganismos descomponen los materiales orgánicos de manera eficiente. La temperatura ideal varía dependiendo de los microorganismos y el tipo de compostaje utilizado.

En un estudio realizado por Espinoza (2021), se elaboró compost con fibra de mesocarpio, una vez finalizado este, se evidenciaron los siguientes datos: 47,15% Humedad, 46,46% materia orgánica, 6,42% Ceniza.

Microorganismos eficientes (EM): Al obtener un 47,12% de humedad de la fibra de fruto de palma aceitera, los microorganismos eficientes han demostrado ser eficientes. Esto demuestra que estos microorganismos pueden retener una gran cantidad de agua, lo que es esencial para el proceso de descomposición y para la creación de un entorno ideal para la actividad microbiana.

Riqueza en Materia Orgánica: El 46,46% de la fibra de mesocarpio contiene materia orgánica. Dado que proporciona nutrientes esenciales para las plantas y alimenta a los microorganismos descomponedores, esta riqueza en materia orgánica es esencial para la producción de compost de alta calidad.

Presencia de Ceniza: la presencia de ceniza en la fibra de mesocarpio, aunque en menor proporción (6,42%), indica la presencia de minerales que pueden ser beneficiosos para el suelo.

Las cenizas pueden proporcionar nutrientes como el fósforo y el potasio, que son necesarios para el crecimiento de las plantas.

En resumen, estos datos indican que la fibra de mesocarpio de la palma aceitera es una fuente prometedora de materia prima para la elaboración de compost. Puede ser una fuente rica en nutrientes y microorganismos beneficiosos para el suelo debido a su alto contenido de humedad y materia orgánica, así como a la presencia de cenizas.

Figura 9. Comportamiento de la Fibra de Mesocarpio en la Elaboración de Compost Orgánico.



Nota: La gráfica presentada, evidencia el comportamiento de la fibra de mesocarpio, una vez finalizada la elaboración de compost orgánico, adaptado de (Espinoza, 2021)

En el estudio de Espinoza, (2021) se llevaron a cabo cálculos como Análisis de varianza (ANOVA): Se utilizó ANOVA para comparar las medias de diferentes tratamientos y determinar si existían diferencias significativas entre ellos en términos de contenido de nutrientes, temperatura, humedad, pH y otros parámetros relevantes.

Cálculo de promedios y desviaciones estándar: Se calcularon los promedios y desviaciones estándar de los datos recolectados para evaluar la variabilidad y la tendencia central de las muestras analizadas.

Análisis de frecuencias: Se realizó un análisis de frecuencias para evaluar la distribución de los datos en diferentes categorías, como rangos de temperatura, niveles de pH, contenido de nutrientes, etc.

Interpretación de resultados de laboratorio: Se llevaron a cabo cálculos para interpretar los resultados de los análisis de laboratorio, como la determinación de la concentración de nutrientes, metales pesados, y otros parámetros químicos y físicos.

Para el análisis de resultados se tuvieron en cuenta datos como Parámetros físicos: Se recolectaron datos relacionados con la temperatura, humedad, pH y otros parámetros físicos relevantes durante el proceso de compostaje.

Contenido de nutrientes: Se analizaron los datos sobre el contenido de nutrientes, tanto macro como micronutrientes, en el compost producido a partir de la fibra de palma aceitera, con y sin la influencia de los microorganismos eficientes.

Cantidad de compost producido: Se registraron datos sobre la cantidad de compost orgánico producido con la influencia de los microorganismos eficientes, así como la proporción de materia orgánica y ceniza en el compost.

El análisis de datos en esta investigación se llevó a cabo utilizando técnicas estadísticas y de procesamiento de la información. Se aplicaron métodos cuantitativos para medir la cantidad de nutrientes, la eficiencia del compost y otros parámetros relevantes.

Interpretación de datos: Se llevó a cabo la interpretación de los resultados numéricos y estadísticos, con el fin de evaluar la eficacia de los microorganismos eficientes en la producción de compost a partir de la fibra de palma aceitera.

En resumen, se utilizó un enfoque cuantitativo para el análisis de datos, con el objetivo de evaluar la eficiencia de los microorganismos eficientes en la producción de compost a partir de la fibra de palma aceitera.

Basándonos en la información proporcionada en la investigación, algunos de los datos más concretos incluyen:

Contenido de nutrientes: Se analizó el contenido de nutrientes, tanto macro como micronutrientes, en el compost producido a partir de la fibra de palma aceitera. Se obtuvieron valores específicos para nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, sodio, cobre, hierro, zinc, manganeso, entre otros.

Cantidad de compost producido: Se registraron datos específicos sobre la cantidad de compost orgánico obtenido a partir de la fibra de palma aceitera, con y sin la influencia de los microorganismos eficientes.

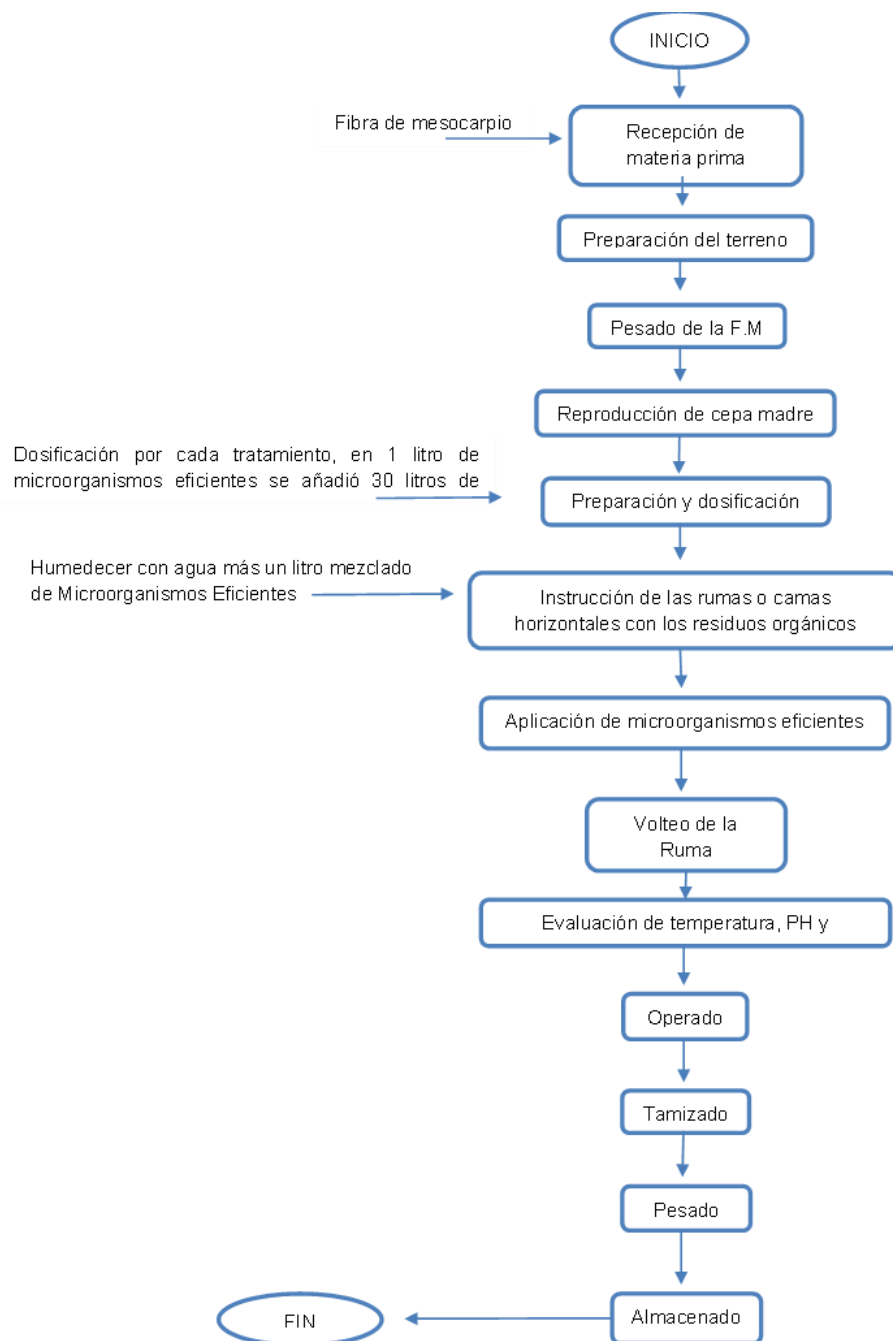
Parámetros físicos: Se recolectaron datos concretos sobre parámetros físicos como temperatura, humedad, pH, y otros factores relevantes durante el proceso de compostaje.

Resultados de análisis de laboratorio: Se obtuvieron resultados específicos de los análisis de laboratorio realizados para evaluar la calidad del compost, incluyendo el contenido de nutrientes, metales pesados y otros parámetros relevantes.

Estos datos concretos fueron recolectados, procesados y analizados para evaluar la eficacia de los microorganismos eficientes en la producción de compost a partir de la fibra de palma aceitera, y para determinar la factibilidad de este método en términos de contenido de nutrientes, degradación de la materia orgánica y producción de abono orgánico.

Los porcentajes de los macronutrientes y micronutrientes fueron obtenidos a través de análisis químicos realizados en laboratorio sobre las muestras de compost producido a partir de la fibra de palma aceitera. Estos análisis permiten determinar la composición química del compost, incluyendo la concentración de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, sodio, cobre, hierro, zinc, manganeso, entre otros.

Para obtener los porcentajes de los macronutrientes y micronutrientes, se utilizan métodos de análisis químico estándar, como la espectroscopía, cromatografía, y otros métodos de laboratorio que permiten cuantificar la presencia de estos elementos en las muestras de compost. Los resultados de estos análisis proporcionan los valores porcentuales de cada nutriente en relación con el peso total de la muestra, lo que permite determinar la composición química del compost y evaluar su calidad como abono orgánico.

Figura 10. Diagrama de Flujo, Proceso de Obtención de Compost.

Nota: En la figura número 10, se plasma el proceso de compostaje haciendo uso de la fibra de mesocarpio, un residuo sólido del sector palmero obtenido a través de la extracción del pericarpio, adaptado de (Espinoza, 2021).

Beneficios

Propiedades bio-estimulantes: El uso del compost mejora la germinación, el crecimiento y el desarrollo de las semillas. También tiene efectos positivos sobre la población microbiana en el suelo, disminuye el tiempo de floración y fructificación, aumenta el tamaño de los frutos y reduce la incidencia de enfermedades en los cultivos. Además, disminuye la población parasitaria de nematodos. (Cajamar, 2018)

Mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo: El compost contribuye a mejorar la estructura del suelo, lo que facilita la retención y el drenaje del agua. Además, aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y promueve la actividad microbiana en el suelo. Estos beneficios se traducen en un mayor rendimiento de los cultivos. (Sembralia, 2022)

Reducción de emisiones de CO₂: El compostaje de residuos orgánicos contribuye a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al secuestrar carbono en el suelo. Esto ayuda a mitigar el cambio climático y promueve la sostenibilidad ambiental. (BBVA, 2023)

Estos beneficios hacen que el compost de fibra de mesocarpio de la palma de aceite sea una buena opción para los agricultores y jardineros porque ayuda a mantener el medio ambiente sostenible y saludable.

9.5.2 Carbón activado obtenido a través de cuesco de palma.

El carbón activado obtenido mediante el uso de cuesco de palma es un material negro poroso, resultante de la carbonización del cuesco, este proceso se refiere a la degradación térmica de la materia prima, haciendo énfasis en la formación del carbonizado y sus propiedades, se realiza llegando a una temperatura de carbonización de menos de 800°C, (Gómez, A., Rincón, S., Klose, W., 2010).

En un estudio realizado por Agudelo. B (2017), se realizó el proceso de obtención de carbón activado, mediante el proceso de activación física, esto debido a que la activación química ocasiona daños al ambiente por el uso de agentes químicos activantes, asimismo por el alto costo de la activación química, Durante el proceso de carbonización se generan distintos gases volátiles entre los cuales encontramos:

Monóxido de carbono, Dióxido de Carbono y Metano, resultantes de la descomposición térmica del cuesco de palma, estos gases son conducidos a una cámara de combustión donde son quemados y así poder aprovechar su potencial energético y mejorar la eficiencia térmica en el proceso de activación, asimismo otro agente activante en este proceso es el vapor de agua, para así poder conocer su influencia sobre las características del producto final, El oxígeno juega un papel crucial puesto que contribuye a la oxidación del material carbonoso, generando sitios porosos en la estructura del carbón activado.

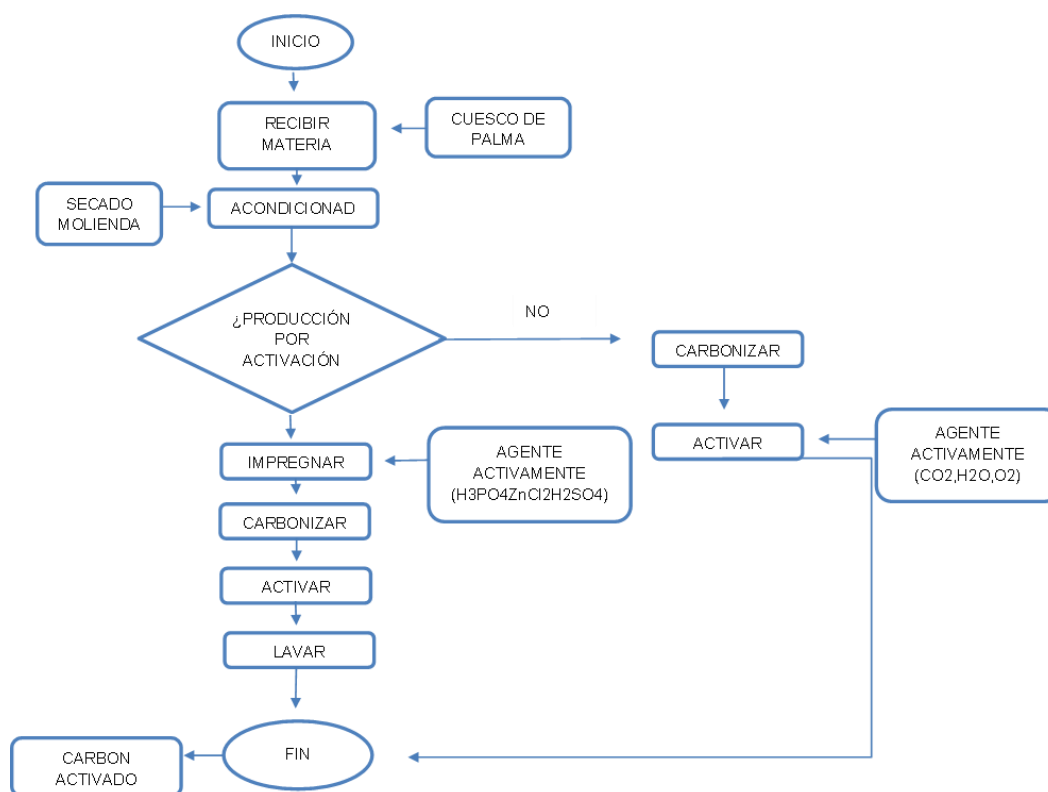
Posterior a la Activación Física, el carbón activado obtiene ciertas propiedades fisicoquímicas, entre las cuales encontramos un índice de yodo que varía entre (734,23-1152,7 mg Yodo/ mg C.A), el índice de Yodo se define como la cantidad de miligramos **mg** de Yodo adsorbido por el carbón activado, este índice da un valor estimado del área superficial del carbón activado que a la vez indica las propiedades de adsorción de dicho material, pues entre mayor sea el área superficial de este, mayor será su capacidad de adsorción.

Otra característica que se evidencia en este estudio experimental es la humedad, previamente al proceso de carbonización, el cuesco pasa por un secado y posteriormente a la carbonización en donde reduce su humedad, siendo inferior al 5% de presencia, casi que eliminando por completo, finalmente se obtiene la densidad aparente la cual es de 0,76 g/cm³, esta variable es considerada como la “base” para lograr determinar el volumen de la cama necesaria para contener cierta masa de carbón activado granular, este carbón activado se puede obtener en diferentes partículas, entre las cuales se encuentran: Granular, en donde su tamaño llega a ser inferior de 0.1 mm, otra partícula es en polvo, donde su tamaño oscila entre 0.5-5 mm y finalmente el Pelletizado, con una variación de sus partículas entre 5-10 mm. (Espinoza. B, 2017)

Otro proceso de activación del Carbón Activado haciendo uso del Cuesco de palma de aceite, es el proceso de activación química, en donde lo primero que se lleva a cabo es impregnar de componentes químicos activantes a la materia prima (Cuesco de palma) de esta manera durante la descomposición térmica se degrada todo el material inorgánico, los materiales activantes utilizados en este proceso son: Hidróxido de sodio y potasio, ácido fosfórico, cloruro de zinc y ácido sulfúrico. Posterior a esto, se deja actuar al material activante por un determinado tiempo en la materia prima (Cuesco de palma) y luego se ejecuta un proceso térmico en ausencia de aire, en donde se desarrolla la carbonización y activación. La porosidad en el material se forma mediante una descomposición térmica de 350 a 900°C, en esta fase, la impregnación química que se llevó a

cabo al inicio llega a deshidratar el precursor carbonoso, logrando así, incrementar el grado de aromatización de la matriz carbonosa y generando una estructura porosa tridimensional rígida, la cual es “favorecida” por el entrecruzamiento de la matriz del carbón activado. Posteriormente el producto pirolizado (Carbón Activado) se enfría y se lleva a un proceso de lavado para así eliminar los excesos de agentes activantes. (Agudelo. B, 2017).

Figura 11. Diagrama de Flujo, Proceso de Obtención de Carbón Activado.



Nota: El diagrama de flujo que se evidencia en la figura 11, plasma el proceso de obtención del carbón activado, este proceso se encuentra respaldado experimentalmente, adaptado de (Agudelo.B, 2017).

El estudio realizado por Agudelo.B (2017) proporciona datos específicos sobre la composición química del cuesco de palma, incluyendo el contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno, obtenidos mediante análisis elemental según las normas ASTM. También presenta resultados de análisis termogravimétrico para determinar el contenido de

carbono fijo en muestras carbonizadas, con gráficos que ilustran el comportamiento de las muestras con el tiempo. Además, se detallan aspectos de la producción de carbón activado, como las variables críticas del proceso, la selección del tiempo de residencia y la temperatura, así como los resultados de la experimentación en carbonización y activación, que incluyen el rango de temperaturas, el flujo de agente activante y la determinación del índice de yodo de las muestras de carbón activado.

En el presente estudio utilizaron varios métodos y técnicas para analizar los resultados. Se realizó un análisis elemental del cuesco de palma según las normas ASTM, que es la sociedad americana para pruebas y materiales, utilizando un equipo analizador CHN Exeter CE-440. Además, se empleó un equipo termogravimétrico de Industrias Tecsol Ltda. para determinar el contenido de humedad, material volátil, cenizas y carbono fijo en muestras de cuesco de palma.

Para evaluar cómo influyen las variables críticas en la carbonización y activación, se realizaron experimentos variando la temperatura, tiempo de residencia y flujo de agente activante. Se tomaron muestras de carbonizado y carbón activado para realizar análisis termogravimétricos y determinar propiedades como el porcentaje de carbono fijo y el índice de azul de metileno.

Los resultados de estos análisis se compararon y evaluaron en relación con las variables del proceso de producción, como temperatura, tiempo de residencia y flujo de agente activante, con el objetivo de determinar la eficiencia del proceso de producción de carbón activado a partir de cuesco de palma.

En la investigación se llevaron a cabo diferentes cálculos para analizar los resultados obtenidos, los cuales son:

1. Se calculó el porcentaje másico de humedad en la muestra de cuesco de palma siguiendo la ecuación correspondiente según la norma ASTM.
2. Se determinó el rendimiento másico de la carbonización para evaluar la proporción entre la masa alimentada y la masa de carbonizado producido.
3. Se realizaron cálculos de balance de masa y energía en el horno de carbonización y activación, considerando las entradas y salidas de energía.
4. Se calculó el índice de yodo de las muestras de carbón activado utilizando ecuaciones específicas para determinar la cantidad de yodo adsorbido por gramo de carbón activado.
5. Se llevaron a cabo cálculos de concentración y absorbancia en el análisis de isoterma de Freundlich y azul de metileno para determinar las propiedades de adsorción de las muestras.

Para el 2022 Robalino Jara, C. D. & Zambrano Chiliquinga, L. A. llevaron a cabo un estudio experimental titulado como “Obtención de carbón activado a partir del cuesco de palma africana como propuesta de utilización de residuo en la industria aceitera”. Un caso de economía circular se basa en la obtención de carbón activado a partir del cuesco de palma africana como propuesta de utilización de residuo en la industria aceitera. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del carbón activado obtenido a partir del cuesco de palma, comparándolo con carbones activados comerciales, con el fin de revalorizar este residuo y disminuir la contaminación generada por la industria aceitera.

La metodología incluyó el pretratamiento del cuesco, la activación química con H_3PO_4 a diferentes concentraciones, la carbonización a $500^{\circ}C$, y la caracterización del carbón activado según las normas de calidad del INEN. Se obtuvo un rendimiento entre el 30%-40%, y se realizaron pruebas de adsorción de ácido acético, adsorción de azul de metileno y poder decolorante, obteniendo resultados altamente competitivos con los carbones comerciales. Además, se realizó un análisis económico que demostró la viabilidad de la producción a gran escala de este carbón activado.

En conclusión, el estudio experimental logró obtener carbón activado de calidad a partir del cuesco de palma africana, con resultados competitivos en pruebas de adsorción y viabilidad comercial a gran escala. Se identificaron áreas de mejora, como la optimización de la activación química y la exploración de nuevas tecnologías para la producción a mayor escala y menor costo.

Beneficios del Carbón Activado

Los beneficios del carbón activado incluyen su amplia disponibilidad, buen desempeño de sorción, capacidad de interactuar con otros heteroátomos en su superficie o dentro de su estructura, flexibilidad para modificaciones posteriores, elevada área superficial y estructura de poros bien desarrollada. Además, se destaca su capacidad para la purificación del agua, tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, desalinización, almacenamiento de gas, purificación y separación de gas, eliminación de contaminantes y olores, soporte de catálisis, aplicaciones médicas, y almacenamiento de hidrógeno. (Rashidi, N. A., & Yusup, S, 2017).

Riesgo

Según la clasificación de los 7 tipos de riesgos laborales, lo mencionado anteriormente sobre el uso del carbón activado se encuentra asociado principalmente al riesgo de riesgos químicos. Los riesgos químicos se refieren a la exposición a sustancias químicas peligrosas que pueden tener efectos adversos en la salud de los trabajadores. En el caso del carbón activado, su capacidad de interactuar con otros heteroátomos y su estructura porosa pueden implicar la manipulación y exposición a sustancias químicas potencialmente peligrosas. Los carbones activados también son considerados como un riesgo inflamable, esto debido a que, al realizar la activación, se usan diferentes químicos, por lo cual debido a su capacidad para reaccionar con el oxígeno y liberar energía en forma de calor y luz. (Químicas.net, 2015).

Transporte

El transporte de los carbones activados debe realizarse al interior de contenedores, esto debido a que estos contenedores proporcionan protección física y evitan derrames o fugas en el transporte, así mismo, estos contenedores permiten clasificar mediante etiquetas el producto que se está transportando (Contyquim, 2019)

La elección adecuada de los elementos de protección personal momento de realizar la movilización de productos elaborados con químicos es crucial, por lo cual se debe realizar usos de elementos de protección personal, puesto que estos protegen a los empleados contra peligros en sus ojos, rostros, pies, manos y sistema respiratorio, por lo cual se recomienda hacer uso de gafas de seguridad, tapabocas, ropa de seguridad, botas de seguridad y guantes de nitrilo (Spulindustrial, 2021)

Almacenamiento

Se recomienda realizar el almacenamiento del carbón activado en condiciones secas, ya que es crucial para así lograr una integridad y eficacia en el producto, puesto que la humedad puede llegar a afectar su calidad en cuanto a sus propiedades de absorción (Fedepalma, 2017) Asimismo es recomendable etiquetarlo con su respectivo nombre, con la finalidad de mantener un orden en el almacén.

9.5.3 Disposición de los racimos de fruta vacíos.

Actualmente no se ha evidenciado un segundo uso para el uso del racimo de fruto vacío, pero, se ha identificado que estos cuentan con un alto contenido de humedad, por lo cual, se cree que pudiese tener un gran valor agregado, sin embargo, no existe un aprovechamiento actual sobre este residuo sólido. (Palmagro, 2020)

9.5.4 Biodiesel Obtenido A Través De Torta De Palma.

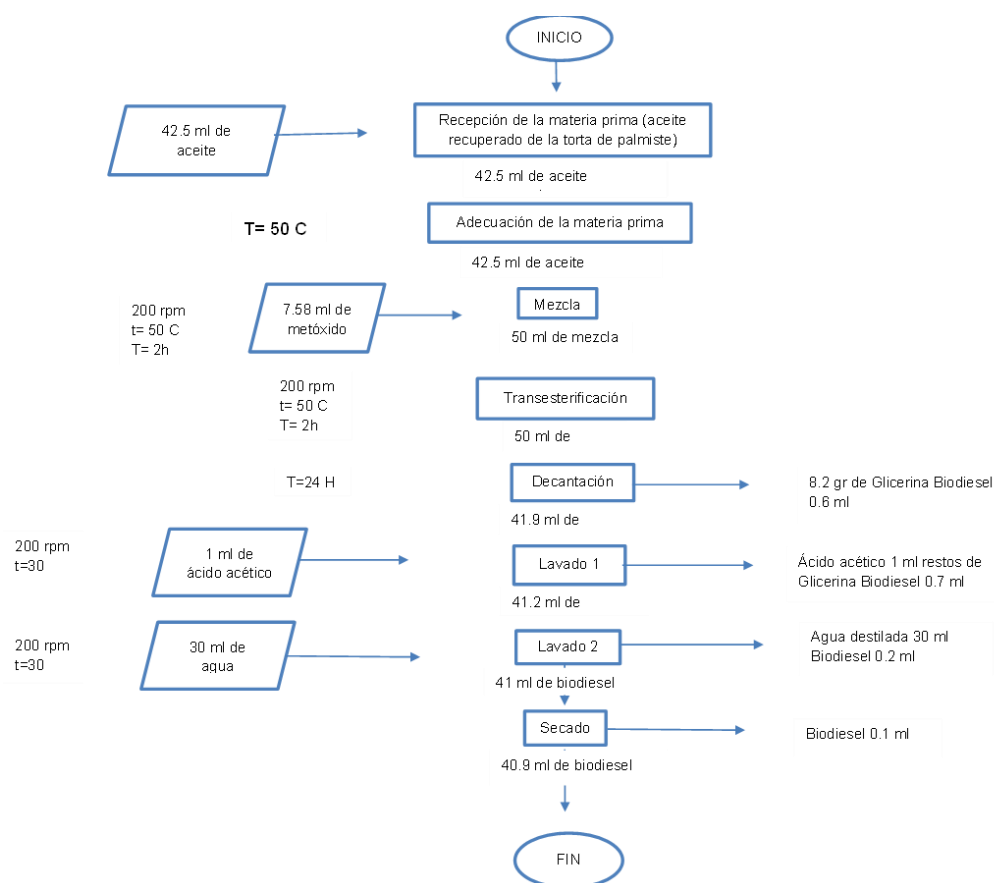
Actualmente la disposición que se le otorga a la torta de palma es el concentrado para ganado vacuno y aves de corral, en los últimos años se ha llevado a cabo estudios sobre este residuo sólido y se ha evidenciado que esta torta porta almidón y azúcares fermentables, El proceso implica la fermentación de estos azúcares por microorganismos, como levaduras, para producir biodiesel. (Cardona, 2013), dicho aporte es respaldado por Velázquez. B, (2021) en donde reafirma que la torta de palmiste es un subproducto resultante del proceso de extracción de aceite de palma africana, el cual está destinado principalmente como alimento para animales debido a su alto contenido energético, a las fibras y proteínas que este posee.

Para producir Biodiesel, la torta de palma, que consiste en hacer uso de los restos de la pulpa de la fruta después de la extracción del aceite, se puede fermentar y destilar. Dado que este tipo de Biodiesel se produce a partir de materiales orgánicos, se considera una fuente de energía renovable y ayuda a reducir la dependencia de los combustibles fósiles. (Velasquez. B, 2021).

Para la identificación de la composición de las materias primas fundamentales en la producción de este subproducto, se basó en análisis químicos y fisicoquímicos para garantizar la

calidad y eficiencia en la producción de biodiesel a partir de los residuos de la industria extractora de aceite de palma como lo son la torta de palma, se identificó una composición principalmente de materias primas tales como metanol, hidróxido de sodio, aceite recuperado el cual es utilizado en el proceso de transesterificación para la obtención del biodiesel.

Para la obtención de resultados se realizaron procedimientos como determinación de características fisicoquímicas de la torta de palma, como el contenido de grasa y humedad mediante métodos específicos como la norma AOAC 925.10 y AOAC 945.16, que es la Association of Analytical Communities, o en español la asociación científica dedicada a la excelencia analítica, el proceso de transesterificación, donde se establecieron factores de estudio como el porcentaje de hidróxido de sodio y la relación aceite/metanol, y se aplicó un diseño experimental con arreglo factorial AxB, se realizó un análisis de varianza para evaluar la influencia de los factores estudiados en el rendimiento de biodiesel, se realizó la prueba de Tukey para identificar las interacciones que presentaron mejores resultados y finalmente un análisis de costos de producción para compararlos con los reportados a nivel industrial.

Figura 12. Diagrama de Flujo, Proceso de Obtención de Biodiesel.

Nota: En la figura 12, se evidencia el proceso de obtención de Biodiesel, haciendo uso de la torta de palma, mediante la transesterificación, adaptado de (Velasquez.B, 2021).

Beneficios del Biodiesel

El uso de biodiesel contribuye en la reducción de emisiones de CO₂, así mismo reduce la dependencia de los combustibles fósiles, otro aspecto beneficioso es el impulso de la economía local mediante la generación de empleos y producción de cultivos de palma, al hacer uso de la torta de palma, llega a reducir la contaminación de residuos sólidos por parte del sector palmero colombiano. (Dispetrocom, 2023).

Riesgo

El biodiesel producido con torta de palma logra representar un riesgo inflamable, esto debido a que, en el proceso de obtención de biodiesel, se hace uso de metóxido de sodio el cual es altamente inflamable, lo cual puede llegar a provocar incendios y/o explosiones.

Por otra parte importante se recomienda hacer uso de elementos de protección personal para la manipulación de combustibles, en este caso biodiesel, los cuales son, máscara con filtros de respiración, uniforme de algodón u overoles de seguridad, guantes de nitrilo, gafas de seguridad y calzado que evite la penetración de esta sustancia (Dispetrocom, 2020).

Transporte

Según el decreto 1135 de 2022, artículo 2.2.1.1.2.2.3.86 transporte terrestre, establece que el transporte de combustibles líquidos, biocombustibles y/o mezclas, que realicen su movilización por vía terrestre, sólo podrán realizar en vehículos de carrocería tipo tanque. De igual manera es recomendable que este cuente con la señalización del líquido que transporta y al interior de la cabina contar con un kit antiderrame.

Almacenamiento

La seguridad es uno de los aspectos más importantes al momento de almacenar combustibles, por lo cual se recomienda almacenar el biodiesel en recipientes de plásticos en un lugar protegidos del sol o a las bajas temperaturas, mantenerlos alejados de lugares eléctricos o fuentes de ignición, Asimismo deben estar señalizadas con su respectivo nombre y pictograma de riesgo inflamable, se debe tener en cuenta un equipo de extinción de incendios en dicho almacén. (Dispetrocom, 2023).

10. Fichas Técnicas Sobre los Subproductos Obtenidos Mediante el Uso de Residuos Sólidos del Sector Palmero.

Las fichas técnicas permiten conocer la información de un producto, evidenciando sus características técnicas, material, composiciones. Los contenidos y/o estructuración varían dependiendo el producto o servicio, las fichas técnicas se pueden realizar siguiendo los parámetros establecidos en la NTC (Norma Técnica Colombiana), esta guía se emplea con la finalidad de informar a un cliente acerca del producto. (Icontec, 2021)

Como producto final de esta investigación, se llevó a cabo la elaboración de 3 fichas técnicas, las cuales se encuentran fundamentadas bajo la guía implementada por el programa GQSP Colombia, por lo cual estas fichas de seguridad contienen la siguiente información:

1. Identificación de la información básica: En donde se evidencia una breve descripción del producto.
2. Datos y características fisicoquímicas del producto: En este apartado se encuentra la composición fisicoquímica del producto final, evidenciando así, cantidades presentes y el elemento químico con su respectivo símbolo.
3. Identificación de la clase o categoría del producto: Se establece el riesgo que contiene cada producto, acompañado de su respectivo pictograma.
4. Información a medidas a tener en cuenta: Información establecida como precauciones, en donde se sugiere los diferentes tipos de elementos de protección personal para la manipulación de este.
5. Otra información: se plantea como debe ser el transporte, el almacenamiento y así mismo cuenta con los respectivos beneficios de cada subproducto. (GQSP, 2020)

Estas fichas técnicas se encuentran soportadas bajo información científica, así mismo, cada composición fisicoquímica se encuentra respaldada por los diferentes procesos experimentales que llegaron a ser realizados por su respectivo autor.

Las fichas técnicas se evidencian como anexos al finalizar la presente investigación.

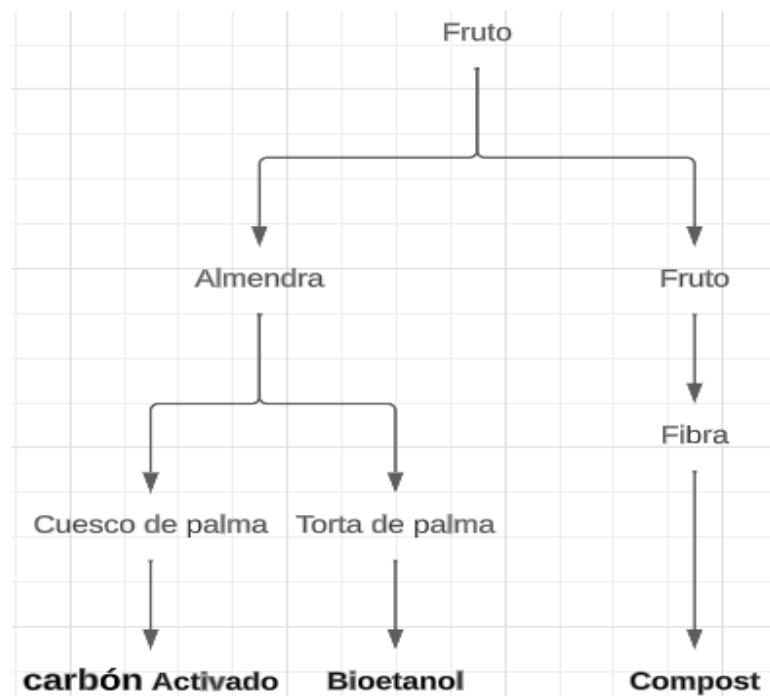
Anexo 1: Ficha técnica de Compost obtenida mediante el uso de fibra de mesocarpio

Anexo 2: Ficha técnica de Carbón Activado, mediante el uso de Cuesco de Palma

Anexo 3: Ficha Técnica de Biodiesel obtenido mediante el uso de la Torta de palmiste

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, podemos evidenciar en la siguiente ilustración los subproductos de mayor potencial a estos residuos sólidos.

Figura 13. Subproductos Derivados de los Residuos Sólidos Generados en el Proceso de Extracción de Aceite de Palma.



11. Impactos Identificados en la Investigación

Una vez finalizada esta investigación cuyo objetivo se establecía en elaborar fichas técnicas acerca de los subproductos obtenidos del aprovechamiento de residuos sólidos del sector palmero, podemos evidenciar diversos impactos, entre los cuales encontramos:

- **Gestión sostenible de residuos:** Al aprovechar los residuos sólidos generados en el proceso de extracción de aceite de palma, se contribuye en la reducción de cantidad de desechos que terminan en vertederos causando contaminación, asimismo se promueven las prácticas ambientales responsables.
- **Promoción de tecnologías verdes:** Mediante la elaboración de estas fichas, se está evidenciando el desarrollo y promoción de tecnologías que hacen uso de los residuos sólidos, para la elaboración de productos valiosos, fomentando la adopción de prácticas ecológicas esto puede inspirar a otras empresas en cuanto la gestión de residuos.
- **Contribución a la economía circular:** La elaboración de estas fichas técnicas evidencian cómo estos materiales, como lo son los residuos sólidos, pueden circular nuevamente en la economía, creando un ciclo cerrado, en donde estos residuos sólidos, se convierten en recursos valiosos generando también sostenibilidad ambiental.
- **Impacto ambiental positivo:** A través de estas fichas técnicas se evidencia como la disposición de estos residuos en procesos de optimización, contribuye a la reducción de residuos y a la generación de nuevos productos.

Finalmente, se logra evidenciar que esta investigación ha demostrado cómo las buenas gestiones de residuos sólidos causan un impacto positivo a la ecología del país, por otro lado, también se logra observar que, mediante estas fichas técnicas, se respaldan estos subproductos, puesto que cada uno, cuenta con un apoyo experimental positivo.

12. Conclusiones

- Al proporcionar información precisa y detallada sobre los residuos, se puede aumentar su valorización, ya que pueden convertirse en recursos útiles para otras industrias o procesos con el fin de desarrollar nuevos subproductos, generando nuevas oportunidades económicas, así como también contribuir con la mitigación de impactos ambientales.
- Estos residuos sólidos tienen un futuro prometedor debido a sus aportes, pues si las industrias del sector palmero produjeran nuevos productos, eso impactaría positivamente de las siguientes maneras:

Ambiental: se reduce los desechos de los residuos sólidos, por otro lado, estos subproductos contribuyen de la siguiente manera: Bioetanol, disminución de Dióxido de Carbono; Compost: Mejora estructural del suelo, otorga microorganismos en las plantaciones; Carbón activado, mitiga la presencia de gases de efecto invernadero.

Social: Teniendo en cuenta que se implementarán nuevos procesos para la elaboración de nuevos productos mediante residuos sólidos, se incrementa el trabajo, por lo cual, será necesario nuevos empleados en las plantas de producción, lo cual generaría vacantes de empleo.

Económico: La finalidad de estas industrias es producir aceite de palma, al implementar nuevos productos y teniendo en cuenta que estos residuos se consideran suministros, no habría gastos en insumos, al implementar nuevos productos, generarían ingresos extras en la venta de estos mismos.

- Se puede evidenciar la contribución al campo de la ingeniería industrial en cuanto a la optimización de procesos y mejora de la eficiencia, ya que el desarrollo de fichas técnicas para subproductos derivados de los residuos sólidos del sector palmero puede ayudar a identificar oportunidades de mejora en los procesos industriales. Al tener información detallada sobre los subproductos y su potencial de reutilización, se pueden implementar
- La investigación y el desarrollo de la tesis contribuyen a la generación de conocimiento en el campo de la ingeniería industrial aplicada a la industria palmera. y la difusión de los resultados a través de publicaciones científicas, conferencias y otros medios puede beneficiar a la comunidad académica, a los profesionales del sector y a la sociedad en general.

- Las fichas técnicas proporcionan una base sólida para la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector palmero y en industrias relacionadas, ya que la información detallada sobre los subproductos puede inspirar nuevas ideas y soluciones para la creación de productos, procesos y servicios innovadores.

13. Recomendaciones

- Realizar estudios completos de los subproductos derivados de los residuos sólidos del sector palmero, ya que es importante para comprender en detalle los diferentes subproductos que se obtienen de los residuos sólidos del sector palmero, esto permitirá identificar todas las oportunidades y posibilidades de aprovechamiento.
- Identificar las propiedades y características de cada subproducto, ya que conocer las propiedades y características de cada subproducto es esencial para comprender su potencial y sus limitaciones, esto ayudará a determinar qué aplicaciones y usos son más adecuados para cada subproducto.
- Analizar las posibles aplicaciones y usos de los subproductos en diferentes industrias: Al explorar las posibles aplicaciones y usos de los subproductos en diferentes industrias, se podrá identificar oportunidades de valorización y generación de nuevos productos, esto contribuirá a la economía circular y al aprovechamiento sostenible de los recursos.
- Realiza pruebas y experimentos para determinar la viabilidad técnica y económica de cada subproducto, puesto que permitirá determinar si los subproductos pueden ser utilizados de manera efectiva y rentable en diferentes procesos industriales.
- Recopila información sobre normativas y regulaciones relacionadas con los subproductos y su uso, debido a que es importante tener en cuenta las normativas y regulaciones relacionadas con los subproductos y su uso, esto podrá garantizar que los subproductos se utilicen de acuerdo con las leyes y regulaciones vigentes.

14. Referencias Bibliográficas

- Acevedo Corredor, S. A. (2014). Preparación y caracterización de carbón activado granular obtenido a partir de cuesco de palma africana (*Elaeis Guineensis*) para la adsorción de CO₂. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51880>
- Agronet. (2023). La palma de aceite colombiana en cifras, balance 2022 y retos 2023. Agronet.gov.co. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-palma-de-aceite-colombiana-en-cifras,-balance-2022-y-retos-2023.aspx>
- Agudelo Álvarez, B. L. (2017). Estandarización de proceso de producción de carbón activado por activación física a partir de cuesco de palma a escala industrial. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América]. Repositorio. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6583/1/6112759-2017-2-IQ.pdf>
- Alvarez Alvarez, O. F (2020). Remoción de paraquat diluido en agua mediante carbón activado de cuesco de palma de aceite. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79381>
- Álvarez Fosoriero, Á. A., & Barreto Morales, H. (2022). Obtención de biochar a partir del cuesco de la palma africana (*elaeis guineensis*) para su potencial uso como remediación de suelos y fuente energética. [Trabajo de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0840773e-e129-4f06-9807-c4b2ac64822a/content>
- Autino, J. C., Romanelli, G., & Ruiz, D. M. (2013). Introducción a la química orgánica. Series: Libros de Cátedra. (1a ed.) Editorial de la Universidad de la Plata (EDULP). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/31664>
- Avellaneda Vargas, F. A. (2010). Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso discontinuo y un proceso continuo con un reactor helicoidal. [Tesis doctoral, Universidad Rovira i Virgil Tarragona]. Repositorio. <http://hdl.handle.net/10803/8588>

- Avendaño Cárdenas, F. A. & Martínez González, J. A. (2015). Recuperación de lodos de las lagunas de oxidación provenientes del proceso de extracción de aceite de palma, para usar como abono en cultivos de palma africana. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3823/91530880.pdf;jsessionid=427B2E5F47854F49ED33B388C4F166C6.jvm1?sequence=3>
- Bioingepro. (2021). ¿Qué son los efluentes industriales y cuál es su importancia ambiental? Bioingepro.com.ar. <https://bioingepro.com.ar/2021/09/15/que-son-los-efluentes-industriales-y-cual-es-su-importancia-ambiental/>
- Bonomie, M. E., & Reyes, M. (2012). Estrategia ambiental en el manejo de efluentes en la extracción de aceite de palma. *Telos*. 14(3). 323–332. <https://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/2030/3194>
- Buraglia Osorio, M. (2021). El diseño como estrategia de circularidad en el aprovechamiento de residuos agroindustriales. *Designia*. 8(2) 131–151. <https://doi.org/10.24267/22564004.634>
- Cajamar Caja Rural. (2018). Los beneficios del compost. Cajamar.es. <https://www.cajamar.es/es/agroalimentario/innovacion/investigacion/bioeconomia/noticias/los-beneficios-del-compost/>
- Carbotecnia. (2023) ¿Qué es el carbón activado y para qué sirve? Carbotecnia.info. <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>
- Cardenas Bejarano, P. A. (2022). Modelo de economía circular para la valoración de residuos y subproductos del sector palmicultor de Casanare. [Tesis de posgrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/30158>
- Communications BBVA. (2023). ¿Qué es el compost y cuáles son sus fases? El poder del suelo vivo. BBVA.com. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-compost-y-cuales-son-sus-fases-el-poder-del-suelo-vivo/>
- Congreso de la República de Colombia. (1979). Ley 9 de 1979; Artículo 43. Por el cual se reglamentan emiten las en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1564714>

- Congreso de la República de Colombia. (1979). Ley 9 de 1979; Artículo 22 de residuos sólidos. Por el cual se determina que las actividades económicas que ocasionen arrastre de residuos sólidos a las aguas o sistemas de alcantarillado existentes o previstos para el futuro serán reglamentadas por el Ministerio de Salud. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1564714>
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 138 de 1994. por la cual se establece la cuota para el fomento de la Agroindustria de la Palma de Aceite y se crea el Fondo del Fomento Palmero. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1649449>
- Contyquim. (2019). Contenedores para químicos ¿Hay distintos? Contyquim.com. <https://contyquim.com/blog/contenedores-para-quimicos-hay-distintos>
- Dispetrocom. (2020). Elementos de protección personal en la manipulación de combustibles. Dispetrocom.com. <https://dispetrocom.com/elementos-proteccion-personal-necesarios-la-manipulacion-combustibles/>
- Dispetrocom. (2023). Historia del biodiesel. Dispetrocom.com. <https://dispetrocom.com/historia-del-biodiesel/>
- Docampo, R. (2013). Compostaje y compost. INIA. 35(64). 63-67. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>
- Escobar Rojas, J. (2023). Usos del desecho agroindustrial (cuesco) de la palma de aceite africana en la ingeniería civil. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomas]. Repositorio. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/52314>
- Espinoza Huerto, M. E. (2021). Producción de compost utilizando el sub producto agroindustrial de fibra de fruto de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis*) y microorganismos eficientes en el centro poblado el Boquerón distrito y provincia de Padre Abad departamento de Ucayali 2019. [Trabajo de grado, Universidad de Huanuco]. Repositorio. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3198;jsessionid=4023BB3950D1D980409116A747FC77F4>
- Extractor y Palma Sicarare SAS (2022). Torta de Palmiste. Extractorasicarare.com. <https://extractorasicarare.com/torta-de-palmiste/>
- Fedepalma. (2018). Aceite de palma, bienestar, salud y vida: temas a tratar en el marco de la Conferencia Internacional. Fedepalma.org. <https://fedepalma.org/noticias/aceite-de-palma-bienestar-salud-y-vida/>

- Fedepalma. (2023). Buen comportamiento en producción de aceite de palma y récord de ventas en mercado local caracterizan palmicultura colombiana en agosto de 2023. Fedepalma.org. <https://fedepalma.org/noticias/buen-comportamiento-en-produccion-de-aceite-de-palma-y-record-de-ventas-en-mercado-local-caracterizan-palmicultura-colombiana-en-agosto-de-2023/>
- Flórez Ramos, D. F., Barco Burgos, J., & Rincón Prat, S. L. (2016). Análisis comparativo de la carbonización de cuesco de palma de aceite en reactores de lecho fijo. *Tecnura*. 20(49). 45-58. <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v20n49/v20n49a03.pdf>
- Girón Rodríguez, C. A. & Grisales Lopez, J.C. (2015). Caracterización y producción de carbón activado a partir de cuesco de palma para la adsorción de compuestos carbonatados y sulfurados. [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/de9b8b48-6e1e-4d7b-8339-02ca579bdb0e/content>
- Gómez, A., Klose, A & Rincón, S. (2008). *Pirólisis de Biomasa: Cuesco de palma* (1a ed.). Kassel University Press. https://books.google.at/books?id=2Pa8EGyKFE8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Gómez, A., Klose, W., Rincón, S. L., & Wiest, W. (2004). Proceso de producción de carbón activado a partir de cáscaras de palma de aceite en un horno rotatorio y su aplicación en la limpieza de NO. *Palmas*. 25(especial tomo II). 461-471. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1113/1113>
- Gómez, A., Rincón, S., & Klose, W. (2010). *Carbón activado de cuesco de palma: Estudio de termogravimetría y estructura*. Kassel University Press. https://books.google.at/books?id=_3iIfEXtdRwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Icontec. (2020). Guía para la elaboración de fichas de datos de seguridad (fds). Icontec.org. https://www.icontec.org/wp-content/uploads/2020/03/Onudi-Colombia_Digital_02_compressed.pdf
- Icontec. (2021). Portafolio Normalización. Icontec.org. <https://www.icontec.org/portafolio-normalizacion/#:~:text=La%20ficha%20t%C3%A9cnica%20informa%20y,permite%20hacer%20seguimiento%20de%20indicadores>

- Induagro. (2023). Proceso Productivo. Induagro.com
<https://www.induagro.com.mx/HOMEAP/ProcProductAP/ProcProductAP.html>
- Información. (2017). ¿Qué alimentos se elaboran con aceite de palma? Información.es.
<https://www.informacion.es/salud/2017/04/11/alimentos-elaboran-aceite-palma-5950478.html>
- Instituto Colombiano Agropecuario (2020) Resolución No. 62151 del 17 de febrero de 2020. Por la cual se establecen los requisitos para el registro ante el ICA de los predios productores de palma de aceite. Ica.gov.co. <https://www.ica.gov.co/getattachment/d9606516-6da3-4773-ba48-b5ed7331421d/2020R62151.aspx#:~:text=Minagricultura-,Por%20la%20cual%20se%20establecen%20los%20requisitos%20para%20el%20registro,dem%C3%A1s%20que%20le%20sean%20contrarias>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2005). Resolución 395 del 10 de febrero de 2005. Por la cual se adoptan normas de carácter fitosanitario y de recursos biológicos para la producción, distribución y comercialización de plantas de palma de aceite en vivero. Ica.gov.co <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/2005/395-1>
- Kheang, L. S. (2017). Biocombustibles de segunda generación de la biomasa de palma de aceite. Palmas. 37(Especial Tomo II). 137–148.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11929>
- Lobo Guerrero, C. (2007). Exploración de la factibilidad del aprovechamiento de los residuos de la extracción de aceite de palma para convertirlos en azúcares fermentables. [Trabajo de grado, Universidad de Los Andes]. Repositorio.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/90664d49-6dad-42cc-a27b-f4f8d135ed79/content>
- López Zapata, R. A., & Mesías Narváez, J. C. (2020). Elaboración y caracterización de tableros de partículas a partir del cuesco de la palma africana con adhesivo biodegradable. [Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20622>

- Lucero Arroyo, D. E. (2022). Estudio técnico - financiero para la elaboración de compost, a base de residuos de la extracción de aceite de la fruta fresca de palma. [Tesis de posgrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12089>
- Medina Ramírez, I. E., Chávez Vela, N. A., Jáuregui Rincón, J. (2012). Biodiesel, un combustible renovable. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 1(55). 62–70. <https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/view/4064>
- Mejia, O., Patiño, S., Alvarez, M., & Abreu, L. (2010). Aprovechamiento de los residuos de la industria palmera mediante la obtención de carbón activado a escala de laboratorio. UIS. 20(1). 1-5. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/397/653>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003) Resolución 1045 del 3 de octubre de 2003. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones. Suin-juriscol.gov.co. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/30030207>
- Montoya Centeno, M. M. (2023). Alternativas ambientales para el aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos agroindustriales provenientes de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*). [Tesis de posgrado, Universidad Libre]. Repositorio. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/26899/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morillo, O., Fernández, S., Hernández, H., Castillo, G., & Marquina, G. (2010). Optimización de los parámetros de extracción de aceite de palma africana utilizando co2 supercrítico. Bioagro. 22(2). 89–94. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000200001
- Ng Wing Keong. (2005). Investigación sobre el uso de la torta de palmiste en alimentos para la acuicultura. Palmas. 26(3). 79–83. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1141>
- Oviedo Gil, Y. M., & Olivera González, M. (2021). El salario mínimo colombiano en el contexto del sector palmicultor. Palmas. 41(4). 27–42. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13185>

- Oviedo-G., Y. M. & Olivera-G., M. (2020). El salario mínimo colombiano en el contexto del sector palmicultor. Palmas. 41(4). 27-42.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13185/13107>
- Palmagro. (2020). Fibra de mesocarpio de aceite de palma. Palmagro.com
<https://palmagro.com/fibra-de-mesocarpio-de-aceite-de-palma/>
- Pérez Marulanda, N. (2022). Cosechando historia, sembrando futuro. Palmas. 43(3). 8–11.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13912>
- Pertuz Martínez, A. P., & Santamaría Escobar, Á. E. (2014). La palmicultura colombiana: sostenibilidad económica, social y ambiental. Tendencias. 15(1). 173-186.
<http://www.scielo.org.co/pdf/tend/v15n1/0124-8693-tend-15-01-00173.pdf>
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial 49.523
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62511>
- Presidencia de la República de Colombia. (2022) Decreto 1135 de 2022. por el cual se modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía 1073 de 2015, respecto del sector de hidrocarburos y se dictan otras disposiciones. Diario oficial 52.082
<https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30044379>
- Químicas. (2015). Ejemplos de sustancias inflamables. Químicas.net
<https://www.quimicas.net/2015/10/ejemplos-de-sustancias-inflamables.html>
- Quintero López, L. A. (2018). 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. [Trabajo de posgrado, Universidad de Manizales]. Repositorio.
<https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/3286>
- Rafael Avila, M. D. P. (2015). Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga–Huancayo. [Trabajo de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ramírez, N., Arévalo, A. y Garcia-Nunez, J. A. (2015). Inventario de la biomasa disponible en plantas de beneficio para su aprovechamiento y caracterización fisicoquímica de la tusa en Colombia. Palmas. 36(4). 41-54
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11644/11636>
- Rashidi, N. A., & Yusuf, S. (2017). Revisión sobre avances tecnológicos recientes en la producción de carbón activado a partir de residuos de la palma de aceite. Palmas. 38(2). 86-118.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12126>
- Repsol. (2023). ¿Qué es el bioetanol y para qué sirve? Repsol.com.
<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/bioetanol/index.cshtml>
- Roa, C. A. B., Navarro, J. G. G., Jeisson, G., & Ricaurte, H. (2023). Hacia el aprovechamiento energético de los raquis de palma en calderas de biomasa. Palmas. 44(1). 51-64.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13806/13611>
- Robalino Jara, C. D. y Zambrano Chiliquinga, L. A. (2022). Obtención de carbón activado a partir del cuesco de palma africana como propuesta de utilización de residuo en la industria aceitera. Un caso de economía circular. [Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/41148d47-308c-430c-9362-4583130f3a3e/T110492%20CARLOS%20ROBALINO%20LUIS%20ZAMBRANO.pdf>
- Romero-Sáez, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. Tecnológicas. 25(54). 1-4. <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v25n54/2256-5337-teclo-25-54-e100.pdf>
- Sembralia. (2022). 7 ventajas del compost para tus cultivos. Sembralia.com.
<https://sembralia.com/blogs/blog/7-beneficios-compost>
- Spul Industrial. (2021). ¿Qué equipo de protección personal se recomienda en la industria química? Spulindustrial.com. <https://www.spulindustrial.com.mx/equipo-de-seguridad-epp/que-equipo-de-proteccion-personal-se-recomienda-en-la-industria-quimica/>
- Sridhar, M. K. C., & AdeOluwa, O. O. (2009). Palm oil industry residues. En *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*. (págs. 341–355). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7_18

- Torres Pérez, C. I., & Quintero Lopez, L. A. (2019). Análisis de residuos sólidos de palma africana, como alternativa de aprovechamiento de energías renovables en el departamento del Cesar. *Ingenierías USBMed*. 10(1). 8–18. <https://doi.org/10.21500/20275846.3662>
- Van Dam, J. (2017). Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa. *Palmas*. 37(Especial tomo II). 149-156. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11930/11923>
- Van Hoof, B., Sánchez, C., & Saer, A. (2018). Generación del valor ambiental: oportunidades en plantas de beneficio del sector palmicultor colombiano. *Palmas*. 39(3). 61-74. <https://botsonic.s3.amazonaws.com/b8ca03a1-39cf-46a9-8a48-fa62acfe8a9b.Palmas%20393%20baja.pdf?AWSAccessKeyId=AKIA273UCI6PCFJSSD4D&Signature=CjENF63Bf2BxJ9vELLeBDEwyjtM%3D&Expires=1708660021>
- Vanegas Escudero, A. L. (2019). Alternativas ambientales para el aprovechamiento de la biomasa residual de palma aceitera (*elaeis guineensis*) en procesos industriales y agrícolas. *Publicaciones e investigación*. 2(13). 77-90. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/3467/3409>
- Vargas Corredor, Y. A. & Pérez Pérez, L. I. (2016). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Facultad de Ciencias Básicas*. 14(1). 59-72. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108>
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. 1(1). 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Velasquez Borja, R. V. (2021). Obtención de biodiesel a partir de residuos de la industria extractora de aceite de palma africana, *Elaeis Guineensis* Jacq. [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11520/1/03%20EIA%20531%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Vidal Mejía, M. V. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. *Scientia et technical*. 23(3). 411–419. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6760221>

Zuluaga Cardona, L. V. (2013). Inmovilización de una mananasa en un soporte a base de quitina y/o quitosano para la hidrólisis de torta de palmiste. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11906>

15. Anexos

Anexo 1. Ficha técnica Compost Orgánico, Elaborado con Fibra de Mesocarpio.

Ficha Técnica			
Descripción del Producto			
Fecha de elaboración	9/11/2023		
Nombre del producto	Compost		
Aspecto	Granular, Color Café		
Insumo Principal	Fibra de Mesocarpio		
Composición			
Macronutrientes	Formula/Símbolo	Porcentaje Presente	
Nitrógeno	N	2.74%	
Oxido de Fosforo	O ₁₀ P ₄	0.50%	
Calcio	Ca	0.11%	
Magnesio	Mg	0.16%	
Potasio	K	0.18%	
Sodio	Na	0.02%	
Micronutrientes en el Abono Orgánico		Formula/Símbolo	PPM (Partes Por Millón)
Zinc		Zn	12
Manganeso		Mn	67
Cantidad de Abono Orgánico		Porcentaje	
Materia Orgánica		87.86%	
Ceniza		12.14%	
Beneficios y Usos			
Mejora estructural en el suelo	Aumento en la capacidad en cuanto a retención de agua y mejora la aireación del suelo.		
Fertilizantes Orgánico	Proporciona nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas de manera natural.		
Estimulación de Actividad Microbiana	Fomenta la presencia de Microorganismos beneficiosos en el suelo.		
Reducción de Residuos Solidos	Utiliza la Fibra de mesocarpio como material base, contribuyendo así a la gestión sostenible de residuos agrícolas		
Precaución			
El Compost se cataloga como un riesgo Biológico, esto debido a la presencia de microorganismos, como bacterias hongos y otros patógenos potenciales que pueden estar presentes en los residuos orgánicos		RIESGO BIOLÓGICO 	
No Ingerir			
En el momento de realizar la manipulación de este abono orgánico, se recomienda hacer uso de Elementos de protección personal, como lo es: Guantes de Nitrilo, Mascara facial, Gafas de protección, Ropa protectora			
Transporte			
El transporte del Compost Orgánico debe realizarse de una manera segura y eficiente para mantener su calidad, por lo cual se recomienda utilizar contenedores adecuados para así evitar posibles derrames, asimismo se recomienda cubrir los contenedores mediante el uso de lonas u otro material y así evitar la posible dispersión de partículas, en este proceso de transporte se debe tener en cuenta proteger este material contra la intemperie como lo pueden ser lluvias, asimismo, debe contar con su respectivo etiquetado acerca del material que se encuentra en proceso de movilización			
Almacenamiento			
El almacenamiento del Compostaje debe realizarse de una manera correcta, por lo cual lo recomendado es: Almacenarlo en contenedores los cuales cuenten con una buena cobertura, asimismo deben tener su respectiva señalización, ubicarlos en un área donde no se expongan a la intemperie y gestionar adecuadamente los lixiviados generados en el proceso de compostaje para así evitar una posible contaminación de suelo u agua			

Nota: La Ficha técnica evidenciada en el Anexo 1, referencia el estudio experimental realizado, adaptado de (Espinoza, 2021).

Anexo 2. Ficha técnica Carbón activado, Elaborado con Cuesco de Palma.

Ficha Técnica		
Descripción del Producto		
Fecha de Elaboración	8/11/2023	
Nombre del Producto	Carbón Activado	
Aspecto	Granular, Polvo Color Negro	
Insuno Principal	Cuesco de palma	
Composición Activación Química		Formula/Símbolo
Hidróxido de Sodio		NaOH
Potasio		K
Ácido Fosfórico		H3PO4
Cloruro de Zinc		ZnCl₂
Ácido Sulfúrico		H₂SO₄
Composición Activación Física		Formula/Símbolo
Monóxido de Carbono		CO
Dióxido de Carbono		CO₂
Metano		CH₄
Agua en Estado Gaseoso		H2O Estado Gaseoso
Oxígeno		O
Características Físico Químicas		
Índice de Yodo	734,23-1152,7 (mg Yodo/mg CA)	
Humedad	>5%	
Densidad Aparente	0,76 g/cm3	
Tamaño de Partículas	Granular	< 1 mm
	Polvo	0,5 - 5 mm
	Pelletizado	5 - 10 mm
Beneficios y Usos		
Purificación de Agua	Eliminación de contaminantes orgánicos, Cloro, Colorantes y Compuestos químicos	
Tratamiento de Gases	Adsorción de gases tóxicos y contaminantes del aire	
Precauciones		
El Carbón Activado en si mismo no es inherentemente inflamable, ya que es un material carbonoso que ha pasado por el proceso de activación para el desarrollo de su estructura porosa, sin embargo, existen factores que podrían presentar riesgos de inflamabilidad, así mismo, debido a sus partículas, estas pueden ocasionar dificultad en las vías respiratorias en caso de inhalar, por tal motivo se recomienda hacer uso de los siguientes Elementos de Protección Personal: Guantes de nitrilo, Mascarilla facial, Gafas de Seguridad y Ropa Protectora.		RIESGO INFLAMABLE
		
		RIESGO QUÍMICO
		
Transporte		
En el proceso de transporte de este material se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones: El Carbón Activado debe ir en un embalaje adecuado haciendo uso de contenedores con su respectiva etiqueta acerca del material que se está movilizando, el personal que este a cargo de este transporte debe portar los elementos de protección personal indicados en Precauciones, Asimismo, debe portar la respectiva información del Carbón Activado		
Almacenamiento		
Se recomienda almacenar este material en un ambiente seco en un entorno donde no se evidencie contaminantes, para esto se debe tener en cuenta contenedores sellados, asimismo, dicho contenedor debe portar su respectiva etiqueta y estar ubicado en un área con ventilación		

Nota: La Ficha técnica evidenciada en el Anexo 2, referencia el estudio experimental realizado, adaptado de (Agudelo. B, 2017)

Anexo 3. Ficha técnica, Biodiesel elaborado con Torta de Palma.

Ficha Técnica			
Descripción Producto			
Fecha de Elaboración	2/11/2023		
Nombre del Producto	Biodiesel		
Aspecto	Estado Líquido Color Amarillo		
Insumo Principal	Torta de palma		
Composición		Formula/Símbolo	Cantidad presente
Aceite Recuperado de la Torta de palma		*No Aplica	42,5 ml
Metóxido		CH3NaO	7,58 ml
Acido Acético		CH3COOH	1 ml
Agua destilada		H2O Destilada	30 ml
Beneficios y Usos			
Combustible: Las mezclas de biodiésel también pueden reducir las emisiones, especialmente en términos de material particulado, monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar.			
Aprovechamiento de Residuos Sólidos: Uso de la torta de palma; Residuo solido del proceso de extracción de aceite de palma			
Reducción de Emisiones: Al ser biocombustible, mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero.			
Precauciones			
El biodiesel al igual que otros combustibles representa un riesgo inflamable, puesto que, puede arder en presencia de una fuente de ignición, como llamas abiertas chispas e incluso altas temperaturas .		RIESGO INFLAMABLE 	
Es de carácter importante realizar uso de los elementos de protección personal en caso de manipular este biocombustible, entre estos EPP'S encontramos: Guantes de Nitrilo, Gafas de Seguridad, Mascara Facial y Ropa protectora.			
Transporte			
El transporte seguro de Biodiesel implica seguir unas pautas específicas para minimizar riesgos y afectaciones en su calidad, por lo cual se recomienda lo siguiente: hacer uso de contenedores diseñados para líquidos inflamables, estos deben contar con su respectiva etiqueta, en el vehículo en el que se movilice debe tener una buena ventilación y portar un respectivo kit antiderrame			
Almacenamiento			
El biodiesel debe almacenarse en contenedores diseñados para productos inflamables. El contenido y las instrucciones de seguridad deben estar claramente etiquetados en los contenedores, es esencial evitar fuentes de ignición, almacenar lejos de calor y llamas, y utilizar equipos eléctricos, La ventilación adecuada, la prevención de derrames, el control de la temperatura y la disponibilidad de equipos de extinción de incendios son cruciales para el almacenamiento de este.			

Nota: La Ficha técnica evidenciada en el Anexo 1, referencia el estudio experimental realizado, adaptado de (Velasquez. B, 2021)