

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL ESCOBAJO Y FIBRA DE PALMA
ACEITERA (*Elaeis guinnensis* Jacq.) PARA PRODUCCIÓN DE ENVASES
BIODEGRADABLES, DISTRITO DE NESHUYA, UCAYALI 2021.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

JESSICA YANINA NEYRA VASQUEZ

PUCALLPA – PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



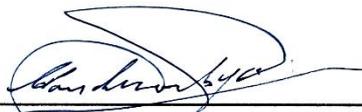
ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N°126/2021-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:00 am horas del día 14 de mayo de 2021, de acuerdo al reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron en forma virtual los miembros del Jurado Evaluador mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que fueron designados con el Memo Múltiple N°060-2021-UNU-FCFyA-CGT del 13 de mayo de 2021, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Carlos Panduro Carbajal	Presidente
Dr. David Leon Moreno	Miembro
Dra. Julissa Katy Bautista Valencia	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de tesis denominada **“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL ESCOBAJO Y FIBRA DE PALMA ACEITERA PARA PRODUCCIÓN DE ENVASES BIODEGRADABLES, PROVINCIA DE PADRE ABAD, UCAYALI 2019”** presentado por el bachiller **JESSICA YANINA NEYRA VASQUEZ**, asesorado por el Dr. GROBER PANDURO PISCO. Finalizado la presentación se procedió con las preguntas por parte del jurado evaluador, las que fueron absueltas en forma satisfactoria por la sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD**, quedando expedita para el otorgamiento del Título Profesional de **INGENIERA AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis.

Siendo las 12:15 pm, horas del mismo día se dio por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.



Dr. Carlos Panduro Carbajal
Presidente



Dr. David Leon Moreno
Miembro



Dra. Julissa Katy Bautista Valencia
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

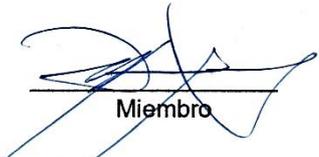
La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.

Dr. Carlos Panduro Carbajal



Presidente

Dr. David Leon Moreno



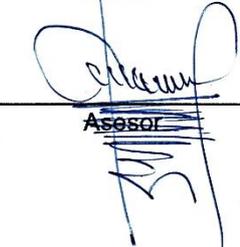
Miembro

Dra. Julissa Katy Bautista Valencia



Miembro

Dr. Grober Panduro Pisco



Asesor

Bach. Jessica Yanina Neyra Vasquez



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION DE PRODUCCION INTELLECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0066-2021

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) Titulado:

“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL ESCOBAJO Y FIBRA DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guinnensis* Jacq.) PARA PRODUCCIÓN DE ENVASES BIODEGRADABLES, DISTRITO DE NESHUYA, UCAYALI 2021”.

Cuyo autor (es) : NEYRA VASQUEZ, JESSICA YANINA

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERIA AMBIENTAL

Asesor(a) : Dr. PANDURO PISCO, GROBER

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 08%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 18/02/2021



Dra. DINA PARI QUISPE
Dirección de Producción Intelectual

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo JESSICA YANINA NEYRA VASQUEZ

Autor de la TESIS titulada:

CARACTERIZACION QUÍMICA DEL ESTOBAJO Y FIBRA
DE PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis Jacq.)
PARA PRODUCCION DE ENVASES BIODEGRADABLES
DISTRITO DE NESHUYA, UCAYALI 2021

Sustentada el año 2021

Con la asesoría de: DR. ROGER PANDURO PISCO

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).

Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 01/09/2021

Email: neyravas@gmail.com

Teléfono: 955811804

Firma: 

DNI: 42904646

DEDICATORIA

A Dios, por ser siempre mi guía y el que me sustenta en los momentos felices y en los más difíciles de mi vida.

A mi madre Delicia ya que gracias a su fuerza y sacrificio he podido ser capaz de poder llegar a ser la persona que soy ahora inculcándome siempre la perseverancia y voluntad para así poder cumplir las metas que me he propuesto.

A mi padre Merardo que ahora en la redacción de esta presente tesis está en el cielo, él siempre fue una persona de pocas palabras, él siempre me hizo saber que yo siempre fui importante para él y siempre quiso que sea mejor y sepa valerme por mi misma en el mundo.

A mis hermanos Jakelin, Rafael y Segundo que siempre que han podido me han ayudado a superarme y toda mi familia que con acciones han ayuda a mi formación.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios nuestro Señor, por brindarme salud y permitir que con su guía y fortaleza pueda lograr alcanzar mis metas.

A CONCYTEC-FONDECYT en convenio con la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) por haber financiado la presente investigación como parte del proyecto “Aprovechamiento de los Residuos Sólidos de la Industria de Aceite de Palma para Fabricación de Envases Biodegradables para Uso Ornamental y Agroforestal”

A la empresa INDOLMA S.A por facilitarme los residuos de Palma aceitera con el cual trabaje en mi investigación

A mi Asesor Dr. Grober Panduro Pisco, por brindarme continuo asesoramiento y las facilidades de desarrollo de la investigación.

Al ing. Angel Kelsen Arbaiza Peña un incondicional amigo a quien agradezco cada detalle cada consejo y cada motivación que siempre me ha brindado para ser una mejor persona, una mejor profesional, por creer en mi en muchas más veces en las que ni yo misma creí ser capaz de lograr.

A los jurados el Dr. Carlos Panduro Carbajal, Ing. MSc. David Leon Moreno y la Dra. Julissa Katy Bautista Valencia por las sugerencias y análisis que me han brindado para el mejoramiento del presente trabajo de investigación.

Al técnico laboratorista de Suelos el Tec. Juanito Huaycama, por la paciencia durante el proceso de análisis de laboratorio

Agradezco a los docentes, familiares y a todas las personas que me han apoyado.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DEL CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.1.1. Problema General	5
1.1.2. Problemas Específicos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.1.1. En el Perú	9
2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA	10
2.2.1. Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i> jacq.)	10
2.2.2. Clasificación botánica	10
2.2.3. La Palma Aceitera en el Perú.	11
2.2.4. Extracción de la Palma Aceitera en la Región Ucayali	13
2.2.5. Residuos de extracción de la Palma Aceitera	14
2.2.5.1. Escobajo	17
2.2.5.2. Fibra	18
2.2.5.3. Cuesco	18
2.2.6. Ventajas de utilizar biomasa lignocelulósica.	19

2.2.7.	Propiedades químicas de la biomasa lignocelulósica.	20
2.2.7.1.	Celulosa	21
2.2.7.2.	Hemicelulosa	22
2.2.7.3.	Lignina	23
2.2.8.	Propiedades químicas de los materiales biodegradables.	23
2.2.8.1.	Acolchados plásticos biodegradables.....	24
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	25
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		27
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1.1.	Enfoque de la investigación	28
3.1.2.	Diseño de la investigación	28
3.2.	UBICACIÓN, POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.2.1.	Ubicación.....	28
3.2.2.	Población.....	30
3.2.3.	Muestra	31
3.3.	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	32
3.4.	TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.4.1.	Cálculo del contenido de humedad inicial, ASTM D 644	34
3.4.2.	Celulosa, hemicelulosa y lignina	36
3.4.3.	Solubilidad en agua caliente ASTM 1110	36
3.4.4.	Solubilidad en sosa, TAPPI T 212	37
3.5.	INTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	38
3.5.1.	Materiales, equipos e insumos de laboratorio	38
3.6.	PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
3.7.	TRATAMIENTO DE DATOS	40
3.7.1.	Comparación de medias muestrales.....	40
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		42
4.1.	RESULTADOS.....	42
4.1.1.	Propiedades químicas	42
4.1.1.1.	Pruebas t de student para muestras independientes (escobajo y fibra del fruto <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	43

4.1.1.2. Pruebas U Mann Whitney para muestras independientes (escobajo y fibra del fruto <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.)	46
4.2. DISCUSIÓN	47
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.1. CONCLUSIONES.....	50
5.2. RECOMENDACIONES	50
VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
En el texto:	
Tabla 1. Superficie cultivada con la Palma Aceitera, según estado y por región al 2014.....	12
Tabla 2. Plantas extractoras de aceite de Palma por provincia y distrito al 2014	13
Tabla 3. Composición Química de algunos residuos lignocelulósicos	21
Tabla 4. Características de polímeros biodegradables utilizados en la producción de acolchados plásticos biodegradables agrícolas	24
Tabla 5. Producción T/RFF por jornada de trabajo	30
Tabla 6. Cantidad de residuo generado por Jornadas de trabajo	31
Tabla 7. Matriz de diseño del análisis químico del Escobajo de Palma Aceitera	40
Tabla 8. Matriz de diseño del análisis químico de la fibra del fruto de Palma Aceitera	40
Tabla 9. Resultados de la caracterización química de Palma aceitera	42
Tabla 10. Celulosa.....	43
Tabla 11. Hemicelulosa	44
Tabla 12. Lignina	44
Tabla 13. Humedad inicial	45
Tabla 14. Solubilidad en Hidróxido de Sodio	45

En el anexo:

Tabla 15. Análisis estadístico del escobajo y fibra del fruto de Palma aceitera – Prueba de normalidad.....	68
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

En el texto:

Figura 1. Producción y Superficie cosechada de Palma Aceitera por Región, 2018.....	11
Figura 2. Superficie total cultivada de Palma aceitera en el Perú	12
Figura 3. Panorama general del proceso de extracción de aceite de palma crudo en Colombia.....	16
Figura 4. Fibra del fruto de palma aceitera	18
Figura 5. Tipos y Partes del fruto de la palma aceitera.....	19
Figura 6. Mapa de ubicación del proyecto de investigación.....	29
Figura 7. Escobajo palma aceitera de industria INDOLMASA	30
Figura 8. Fibra del fruto de palma aceitera- INDOLMASA	30
Figura 9. Recolecta de Escobajo de Palma aceitera de la Industria INDOLMASA	32
Figura 10. Recolecta de fibra del fruto de palma aceitera de INDOLMASA	32
Figura 11. Procedimiento de Recolección de muestras.....	33
Figura 12. Esquema metodológico de la Caracterización química del Escobajo y fibra de Palma.....	34
Figura 13. Corte manual del escobajo para su posterior análisis de laboratorio	35
Figura 14. Fibra del fruto de palma aceitera para su análisis	35
Figura 15. Análisis del contenido de humedad inicial en el horno eléctrico	36
Figura 16. Distribución de las medias de la caracterización química del escobajo y fibra de palma aceitera.....	43
Figura 17. Humedad de análisis.....	46
Figura 18. Solubilidad en Agua caliente	46

En el anexo:

Figura 19. Gráficos de normalidad para (a) celulosa, (b) lignina, (c) Hemicelulosa, d) Humedad inicial, e) humedad de análisis, f) solubilidad en agua caliente y g) solubilidad en sosa del escobajo de palma aceitera.....	69
Figura 20. Gráficos de normalidad para (a) celulosa, (b) lignina, (c) Hemicelulosa, d) Humedad inicial, e) humedad de análisis, f) solubilidad en agua caliente y g) solubilidad en sosa de la fibra del fruto de palma aceitera	70
Figura 21. Escobajo de palma aceitera, residuo de ACP , industria INDOLMA S.A.....	71
Figura 22. Fibra del fruto de palma, residuo obtenido de la extracción del ACP, Industria INDOLMA S.A	71
Figura 23. Muestra triturada de la biomasa de <i>Elaeis guineensis</i> Jacq	71
Figura 24. Proceso de trituración de las muestras de escobajo y fibra de palma aceitera, en los laboratorios de la UNU	71
Figura 25. Determinación de humedad inicial utilizando la metodología ATMS D 644-99	72
Figura 26. Pesado de muestras para la determinación de la Humedad inicial.	72
Figura 27. Mezcla de 100 ml de Hidróxido de Sodio al 1% a la muestra inicial libre de humedad de 2 gr.	72
Figura 28. Mezcla de la muestra con el Hidróxido de Sodio	72
Figura 29. Filtración de la muestra, añadiendo 100 ml agua caliente	73
Figura 30. Calentamiento de la muestra por 60 min	73
Figura 31. Solución de Ácido acético	73
Figura 32. Lavado de muestra con agua caliente	73
Figura 33. Secado de muestras finales a 105°C en el horno.....	73
Figura 34. Desecado de muestra final para su peso final	73
Figura 35. Pesado y rotulado de las muestras para análisis de Celulosa, Hemicelulosa y Lignina del escobajo y fibra de Palma aceitera	74
Figura 36. Sellado herméticamente de 300 gr para cada tipo de análisis se destinó al laboratorio.....	74
Figura 37. Muestras colocadas en bolsas herméticas, evitando el ingreso de agentes extraños que puedan alterar los resultados	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Pág.

En el texto:

Ecuación 1	35
Ecuación 2	37
Ecuación 3	38

RESUMEN

El departamento de Ucayali se encuentra dentro de las 2 principales regiones con mayor producción de palma aceitera en el Perú, su procesamiento genera grandes cantidades de biomasa agroindustrial; en la actualidad existen pocas investigaciones que promuevan su aprovechamiento como materia prima de otros productos amigables con el medio ambiente; esta investigación tuvo como objetivo determinar las características químicas del escobajo y fibra del fruto de Palma Aceitera para la producción de envases biodegradables, para ello se desarrolló en dos ambientes; para la recolecta y reconocimiento de las muestras se visitó las instalaciones de la empresa Industrias Oleaginosas Monte Alegre S.A., ubicado en el Km 61 de la Carretera Federico Basadre (CFB), del distrito de Neshuya, provincia de Padre Abad y en las instalaciones de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el km 6,2 de la CFB, distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo en el área designada para los análisis recolectados de campo, iniciándose durante el periodo de Junio del 2019 y se finalizó en Noviembre del 2020. La población la conformó 19,39 t/día de escobajo y 13,05 t/día de fibra el cual es la producción de procesamiento diario de la industria INDOLMAS.A. La metodología utilizada fue tipo descriptiva, se analizaron y describieron las propiedades químicas del escobajo y fibra del fruto. Los resultados encontrados fueron: humedad inicial $18,55 \pm 0,66$ y $17,23 \pm 1,06$ (ASTM D 644-99); humedad de análisis $16,35 \pm 0,02$ y $20,23 \pm 0,01$ (Balanza de humedad - PCE ibérica); celulosa $32,92 + 0,53$ y $37,72 \pm 0,018$; hemicelulosa $16,55 \pm 0,03$ y $19,38 \pm 0,01$ y lignina $22,43 \pm 0,04$ y $24,92 \pm 0,018$ (Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)); solubilidad en agua caliente $16,90 \pm 1,00$ y $14,00 \pm$

0,55 (ASTM D 1110 om - 84) y la solubilidad en hidróxido de sodio $35,20 \pm 0,77$ y $34,88 \pm 1,71$ (TAPPI-T212-om-02) presentes en el escobajo y fibra del fruto de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) respectivamente. Para los valores de Celulosa, Hemicelulosa, lignina, solubilidad en agua caliente y humedad de análisis presentaron diferencias significativas entre sus valores promedios ($p < 0,05$) teniendo a la fibra del fruto con valores mayores de celulosa comparado con el escobajo, lo cual nos indica que la fibra del fruto es un componente con potencial para la elaboración de envases biodegradables.

Palabras Claves: celulosa, hemicelulosa, lignina, humedad, biodegradabilidad.

ABSTRACT

The department of Ucayali is within the 2 main regions with the highest production of oil palm in Peru, its processing generates large amounts of agro-industrial biomass; At present there are few investigations that promote its use as raw material for other environmentally friendly products; The objective of this research was to determine the chemical characteristics of the stalk and fiber of the Oil Palm fruit for the production of biodegradable containers, for which it was developed in two environments; For the collection and recognition of the samples, the facilities of the Industrias Oleaginosas Monte Alegre SA company were visited, located at Km 61 of the Federico Basadre highway, in the district of Neshuya, province of Padre Abad and at the facilities of the National University of Ucayali, located at km 6,2 of the CFB, Callería district, Coronel Portillo Province in the area designated for the field collected analyzes, beginning during the period of June 2019 and ending in November 2020. The population made it up. 19,39 t / day of stalk and 13,05 t / day of fiber, which is the daily processing production of the INDOLMAS.A industry. The methodology used was descriptive, the chemical properties of the stalk and fruit fiber were analyzed and described. The results found were: initial humidity $18,55 \pm 0,66$ and $17,23 \pm 1,06$ (ASTM D 644-99); analysis humidity $16,359 \pm 0,02$ and $20,23 \pm 0,01$ (humidity balance - Iberian PCE); cellulose $32,92 + 0,53$ and $37,72 \pm 0,01$; hemicellulose $16,55 \pm 0,03$ and $19,38 \pm 0,01$ and lignin $22,43 \pm 0,04$ and $24,92 \pm 0,018$ (Analytical methodology to quantify the cellulose content by high performance liquid chromatography (HPLC)); solubility in hot water $16,90 \pm 1,00$ and $14,00 \pm 0,55$ (ASTM D 1110 om - 84) and solubility in sodium hydroxide $35,20 \pm 0,77$ and $34,88 \pm 1,71$ (TAPPI-T212-om-02) present in the stalk and fiber of the oil palm fruit

(*Elaeis guineensis* Jacq.) Respectively. For the values of Cellulose, Hemicellulose, lignin, solubility in hot water and analysis humidity, they showed significant differences between their average values ($p < 0,05$), having the fruit fiber with higher values of cellulose compared to stalk, which indicates that the fiber of the fruit is a component with potential for the production of biodegradable packaging.

Key Words: cellulose, hemicellulose, lignin, humidity, biodegradability,

INTRODUCCIÓN

Se estima que el proceso industrial agrícola que se desarrolla en América latina puede ser capaz de generar tanta cantidad de residuos sólidos, el cual parcialmente puede ser utilizado en la alimentación animal, así como ser aprovechado como combustible, pero esto sin embargo señala una gran parte que no cuenta con un adecuado manejo (Ramos, 2017).

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) es originaria en los trópicos húmedos de las tierras bajas de África occidental y miembro de la familia de las palmeras monocotiledóneas (Arecaceae) (Woittiez, Van Mijk, Slingerland, Van Noordwijk, & Giller, 2017).

En el Perú la producción de palma aceitera es de 72 861 ha reportados al año 2019 (FAOSTAT, 2019), con una tasa de crecimiento estimado de 11,76%, ocupando el segundo lugar a nivel mundial solo después de Ecuador (IndexMundi, 2020).

La producción de palma aceitera cada año va en ascenso según estadísticas de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID, 2012) el cual se ha venido estableciendo fuertemente a nivel mundial así como en las regiones de la amazonia peruana, además las plantas extractoras de Aceite Crudo de Palma (ACP) quienes procesan los frutos de esta planta la mayoría no cuenta con un sistema que gestione el adecuado manejo de sus residuos, aceptando a la empresa Palmas del Espino y OLAMSA quienes lograron implantar sistemas por el cual sus desechos vuelven al medio siendo ya purificados; pero muchas más plantas extractoras no cuentan con un sistema

que permita asegurar el manejo convirtiendo estos desechos en problemas al entorno.

Conocer las propiedades de un material permite el correcto uso y aprovechamiento del mismo; la caracterización química del escobajo y fibra del fruto de palma aceitera proporcionará la información necesaria que ayude en el aprovechamiento de estos residuos que actualmente conforman un problema al medio ambiente.

El objetivo formulado en esta investigación ha sido caracterizar químicamente el escobajo y la fibra del fruto de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) de esta manera determinar si es adecuado para la producción de envases biodegradables.

El estudio se divide en cinco capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema

Capítulo II: Marco teórico

Capítulo III: Metodología

Capítulo IV: Resultados y Discusión

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el uso de productos a base de biomasa está recibiendo gran importancia (Sakeri, et al., 2020) debido a que muchos problemas de contaminación al agua y aire originados por las industrias inclina las investigaciones hacia estos productos sostenibles (Ortiz-Serna, Carsí, Culebras, Collins, & Sanchis, 2020).

La Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP) señala que el cultivo de palma aceitera se encuentra en las regiones amazónicas del Perú, el cual tiene un amplio potencial de crecimiento, las regiones destinadas a esta producción tienen una representatividad de 38% en Ucayali, 47% en San Martín, 12% en Loreto y 3% en Huánuco (MINAGRI, 2018).

En la región Ucayali existen 10 plantas extractoras de aceite crudo de palma (ACP); Oleaginosa Amazónica S.A (OLAM S.A), cuenta con 2 de estas plantas, con una capacidad de 24 y 15 TN/RFF/HR siendo las más grandes de la región (SPDE, 2018).

Los desechos industriales del *Elaeis guineensis* Jacq. son un componente orgánico que se obtiene del proceso de producción de aceite crudo del racimo de palma aceitera (Miranda, 2012). El escobajo se genera después de que los racimos de fruta fresca (RFF) sean presurizados y despojados del racimo con la finalidad de extraer el aceite mientras que la fibra del fruto se genera durante el proceso de extracción del aceite

(Awalludin, Sulaiman, Hashim, & Wan, 2015); el exceso de biomasa que se genera es capaz de vulnerar las condiciones medioambientales al emitir gases en su putrefacción no controlada así como licor negro el cual es dañino para la vida acuática expuesta (Sakeri, et al., 2020).

Por lo tanto, es necesario maximizar el potencial de los subproductos agrícolas, resultado de procesos agroindustriales cuya disposición final genera problemas ambientales, de estos subproductos o residuos corresponden en su mayoría la biomasa lignocelulósica (Sanchez, Gutierrez, Muñoz, & Rivera, 2010) los cuales se componen de aproximadamente 10-15 % de lignina, 20-30% de hemicelulosa y de 40 – 50% en peso de celulosa (Fortunati & Balesta, 2019), cuya conversión en productos biodegradables puede ayudar a reducir estos problemas (Rana, Malik, Joshi, Kumar, & Gupta, 2021).

Conocer las propiedades químicas y físicas de los desechos lignocelulósicos permitirá desarrollar nuevos productos sostenibles, lo cual al contar con muchos beneficios económicos y ambientales se obtendrá un material biodegradable de alto valor (Galiwango, Rahman, Al-Marzouqui, Abu-Omar, & Khaleel, 2019).

Por todo lo expuesto se pretende determinar las características químicas del escobajo y fibra de palma aceitera, residuo desechado de las plantas procesadoras, con la finalidad de que sirva como base para investigaciones futuras que puedan aprovechar sus propiedades para la producción de envases biodegradables.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema General

- ¿La composición química del escobajo y fibra del fruto de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es adecuada para elaborar envases biodegradables?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿La composición química del escobajo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es adecuada para elaborar envases biodegradables?
- ¿La composición química de la fibra del fruto de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) es adecuada para elaborar envases biodegradables?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.

Arévalo, Villamizar & Ramon (2019), reporta en su estudio sobre la “caracterización fisicoquímica de la biomasa residual a partir de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) para posibles usos en la elaboración de tableros de partículas”, cuya materia prima fue suministrado por la planta extractora COOPAR, Norte de Santander- Colombia, evidenciando en la fibra de palma un contenido de celulosa $30,85 \pm 0,16\%$ utilizando la norma TAPPI 17 m-55, además se encontró un valor de $14,56 \pm 0,37\%$ de Hemicelulosa, la lignina presente fue de $23,8 \pm 0,60\%$ con la norma TAPPI 19-wd-71 mencionando que esta propiedad aporta rigidez al elemento y sirve como adhesivo natural para aglutinar las fibras. La solubilidad en hidróxido de sodio presento valores de $33,1 \pm 0,20\%$; y con un porcentaje de $89,3 \%$ de humedad presente en la fibra y de un total de $7,66 \pm 0,24\%$ de cenizas, utilizando los métodos establecidos en la norma TAPPI y técnicas gravimétricas. Considerando a la fibra de la palma aceitera una alternativa viable para la producción de productos aglomerados.

Pereira, Souza, Ornaghi, & Rosas (2020), en su estudio de “Análisis comparativo de diferentes extracciones sin cloro en fibra de mesocarpio de palma aceitera” caracterización químicamente la fibra del fruto de palma aceitera, determinando mediante las normas TAPPI la humedad (TAPPI T 421 om-02) $7,8 \pm 0,1$ así como también la lignina insoluble (TAPPI T 222

om-02) $30,3 \pm 1,2$ y el contenido de hemicelulosa mediante diferencia con valor de $21,7 \pm 0,1$.

Galiwango, Rahman, Al-Marzouqi, Abu-Omar, & Khaleel (2018), sostiene en su investigación “Método Klason: un método eficaz para el aislamiento de lignina fracciones de residuos de biomasa de palma datilera” mediante la utilización del Método de Prueba Estandar Americanos (ASTM) y el método estandar de TAAPI, determinó los componentes lignocelulosicos del raquis y fibra de la palma datilera (10 – 15 años) muestra recolectada de los Emiratos Arabes Unidos , cuyo resultado presencia en el raquis $32,0 \pm 1,0$ de celulosa, $19,0 \pm 1,0$ de hemicelulosa, $10,0 \pm 2,0$ de lignina insoluble y $1,0 \pm 0,0$ de lignina soluble, mientras que en la fibra presento $33,0 \pm 1,2$ de celulosa, $17,0 \pm 0,3$ de hemicelulosa, $20,0 \pm 1,2$ de lignina insoluble y $1,0 \pm 0,0$.

Tye, Leh, & Abdullah (2017), en su investigación del “Rendimiento total de glucosa como respuesta única para optimizar los pretratamientos para hidrólisis enzimática de la fibra de *Elaeis guineensis* y su relación con la composición química de la fibra” cuya muestra procedente de Johor, Malasia, determinaron el contenido de lignina insoluble utilizando la metodología Klason fue de 15,1% y 2,3% de lignina soluble del raquis de *Elaeis guineensis*.

Onuorah, Nwabanne, & Nnabuife (2015), en su estudio del “Potencial de fabricación de pulpa y papel de *elaeis guineensis* (palma de aceite) cultivada en el sureste de Nigeria” cuya muestra fueron seleccionada de una plantación de treinta y cinco años ubicado al Sureste

de Nigeria, plantas seleccionadas al azar, donde encuentro en el raquis del *Elaeis guineensis* Jacq. porcentaje de solubilidad en agua caliente (T 207 cm – 97) del escobajo de 2,9%, la solubilidad en Hidroxido de Sodio (NaOH) al 1% (T 212om – 98) de 23,4% y de Lignina fue de 17,88 (T 222om – 02). (Onuorah, Nwabanne, & Nnabuiife, 2015)

Mejía (2012), en su estudio “elaboración de tableros aglomerados auto-adheridos a partir de fibra de Raquis de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.)” ha comprendido ensayos según los métodos indicados en las Normas TAPPI, obteniendo la materia prima de la planta extractora de aceite de palma Rio Manso/San Carlos, provincia de Los Rios, Quito Ecuador. De este estudio se determinó la caracterización química de la fibra de raquis, mostrando un resultado de Celulosa de 69,83% utilizando la norma TAPPI -T17-m-55, TAPPI-T13-os-54 el cual se determinó la Lignina con 16,46%, mientras que para el contenido de Hemicelulosa utilizo TAPPI-T450-H66 obteniendo valor de 4,23% y 5,88% de humedad inicial y 8,37% de humedad de análisis para estos utilizo la norma TAPPI-T-412m, además con una concentración de 4,24% de cenizas (TAPPI-15-os-58) y 6,59% de grasas, ceras y resinas utilizando también las normas TAPPI-T6-os-59, así mismo para la determinación de la solubilidad en agua caliente se obtuvo 10,97% utilizando la norma TAPPI-T207-m-54 y TAPPI-T212-m-54 para la determinación de solubilidad en sosa obteniendo valores de 34,10%; mencionando que puede ser utilizado en distintos diseños relacionados a la biomasa lignocelulósica.

Garcia, Garcia, & Das (2008), en su investigación denominada “Determinación de los parámetros cinéticos de degradación térmica de los

subproductos de las plantas de beneficio mediante análisis termogravimétrico y calorimetría de barrido diferencial” mediante la utilización de un analizador de fibra Ankom 200/220 (Ankom Technologies, Inc., Macedon, N.Y.) se determinaron las concentraciones de celulosa, hemicelulosa y lignina presentes en el escobajo y fibra de palma aceitera. Así mediante una base seca y libre de cenizas teniendo así en la celulosa $47,7 \pm 0,44\%$ (escobajo), $36,6 \pm 0,02$ (fibra), hemicelulosa $21,1 \pm 0,40$ (escobajo) $18,2 \pm 0,06$ (fibra), lignina $10,8 \pm 0,08$ (escobajo) $24,0 \pm 0,01$ (fibra). Para la determinación de cenizas utilizaron el método ASTM D3174 teniendo como resultado en el escobajo $7,87 \pm 0,30\%$ y en la fibra $8,44 \pm 0,22\%$.

2.1.1. En el Perú

Pretell & Erazo (2019), en su estudio de la “Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y termogravimétricas de tres biomásas peruanas para su uso energético” encontraron los valores de celulosa, hemicelulosa y lignina en el escobajo o raquis de palma aceitera, consiguiendo las muestras de una plantación particular ubicada en el distrito y provincia de Lamas, Perú. La celulosa fue determinada mediante el método de Kurschner-Hoffer encontrando valores de $45,53\%$, mientras que el contenido de Hemicelulosa determinaron mediante diferencia cuyo valor es de $17,58\%$, el contenido de lignina fue de $27,75$ el cual se determinó utilizando la metodología de Klason. (Pretell & Erazo, 2019)

Gamarra (2016), sostiene en su estudio de “aptitud de las fibras del mesocarpio de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) para la

elaboración de tableros de fibrocemento” obtuvieron un porcentaje de 31,03% de lignina en el cual utilizaron el método de Klasson, además se obtuvieron resultados de 5,79% del contenido de cenizas bajo la norma ASTM D-1762, y el contenido de extractivos se llevó a cabo mediante la norma TAPPI T6 WD-73 y TAPPI T2WD-75 teniendo resultados de 11,77%, estos contribuyen con el potencial del material y a la realización de más investigación relacionada.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* jacq.)

La palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) es originaria en los trópicos húmedos de las tierras bajas de África occidental y miembro de la familia de las palmeras monocotiledóneas (Arecáceae) (Woittiez, Van Mijk, Slingerland, Van Noordwijk, & Giller, 2017), subfamilia Arecoideae y del género de *Elaeis* (Babu, et al., 2021).

2.2.2. Clasificación botánica

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Arecales
Familia:	Arecaceae
Subfamilia:	Coryphoideae
Género:	<i>Elaeis</i>
Especie:	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

2.2.3. La Palma Aceitera en el Perú.

La Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP) han desarrollado el Anuario de la Producción Agrícola 2018 donde señalan que el cultivo de palma aceitera se encuentra en las regiones amazónicas, el cual tiene un amplio potencial de crecimiento, las regiones destinadas a esta producción tienen una representatividad de 38% en Ucayali, 47% en San Martín, 12% en Loreto y 3% Huánuco (Junta Nacional de Palma Aceitera del Perú (MINAGRI, 2018).

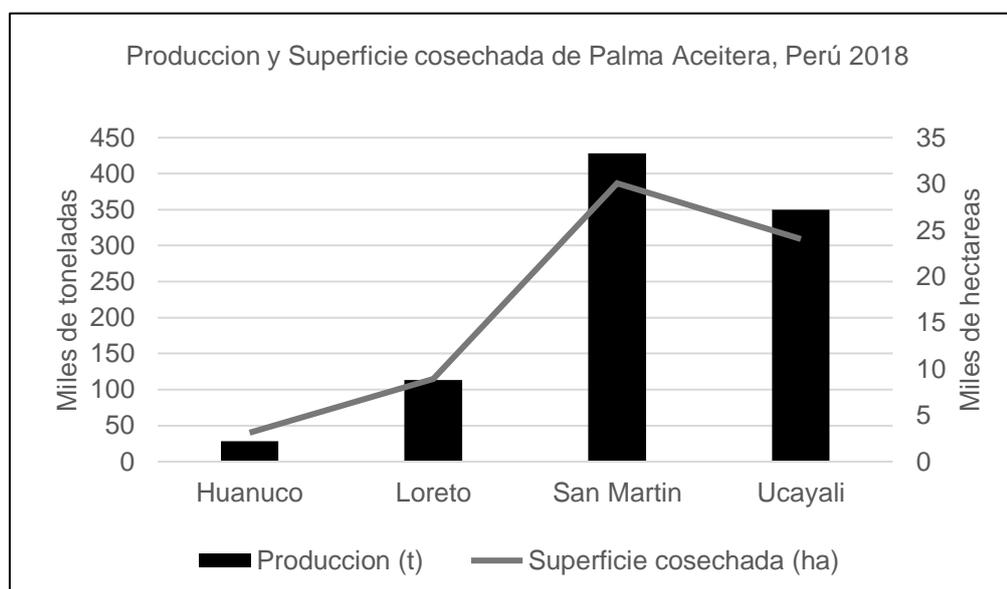


Figura 1. Producción y Superficie cosechada de Palma Aceitera por Región, 2018

Fuente: (MINAGRI, 2018)

Elaboración: propia

El rendimiento de la producción de aceite de palma al año 2018 ha sido de 13,918 kg/ha proyectándose al año 2025 un total de 20 t/ha (MINAGRI, 2016).

Tabla 1. Superficie cultivada con la Palma Aceitera, según estado y por región al 2014

Región	Área en crecimiento (ha)	Área en producción (ha)	Plantones en vivero Eq. Ha (Dic. 2014)	Superficie total (ha)
San Martín	3,522	25,154	1,737	30,413
Ucayali	12,713	10,157	6,882	29,752
Huánuco	874	2,506	0	3,380
Loreto	3,867	9,939	187	13,993
Total	20,976	47,756	47,756	77,538

Fuente: (JUNPALMA, 2016)

Elaboración: propia

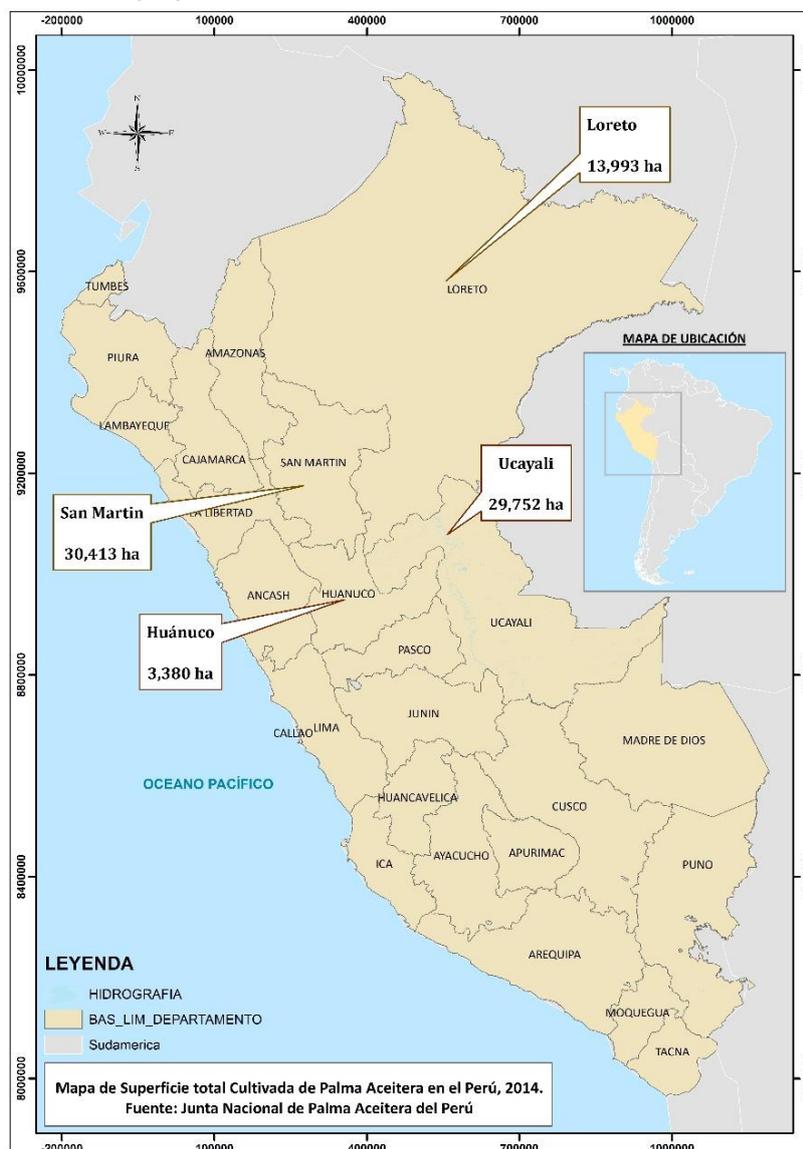


Figura 2. Superficie total cultivada de Palma aceitera en el Perú

Fuente: (JUNPALMA, 2016)

Elaboración: propia

2.2.4. Extracción de la Palma Aceitera en la Región Ucayali

En la provincia de Coronel Portillo, se encuentran 3 Asociaciones Centrales de Palmicultores: 1) La Asociación Central de Palmicultores de Campo Verde- ASCEPERU, con 10 organizaciones de base, 2) El Comité Central de Palmicultores de Ucayali-COCEPU con 9 organizaciones de base y 3) La Asociación de Palmicultores de Nueva Requena-ASPANURE con 06 organizaciones de base (Miranda & Panduro, 2014).

En la Región Ucayali existen 10 plantas extractoras de aceite crudo de palma (ACP), Oleaginosa Amazónica S.A (OLAMSA), cuenta con 2 de estas, con una capacidad de 24 y 15 T/RFF/H siendo las más grandes de la región, además, la empresa INDOLMASA trabaja con una capacidad de 6 T/RFF/H (SPDE, 2018). Así como se puede observar en la tabla N° 2.

Tabla 2. Plantas extractoras de aceite de Palma por provincia y distrito al 2014

N°	REGION	PROVINCIA	DISTRITO	NOMBRE	Capacidad T/RFF/H
1		Coronel Portillo	Campo Verde	Oleaginosa Amazónica S.A (OLAMSA) Planta 1	24
2		Coronel Portillo	Campo Verde	Oleaginosa Amazónica S.A (OLAMSA) Planta 2	15
3		Coronel Portillo	Campo Verde	BIOANDES	3
4	Ucayali	Coronel Portillo	Campo Verde	Oleaginosas Pucallpa SA (OLPUSA)	1
5		Coronel Portillo	Campo Verde	Oleaginosas Pucallpa SA (OLPUSA)	1
6		Coronel Portillo	Campo Verde	AGROPECURIA ROSSEL S.R.L	10
7		Coronel Portillo	Calleria	Industrias Palm Oleo S.A.C	4

8	Padre Abad	Padre Abad	Oleaginosa Padre Abad S.A. (OLPASA)	6
9	Padre Abad	Neshuya	Industrias Oleaginosas Monte Alegre S.A. (INDOLMASA)	6
10	Padre Abad	Von Humboldt	Industria de Aceite de Palma y Derivados Ucayali S.A. (Indepal Ucayali S.A.)	1

Fuente: Sociedad Peruana de Ecodesarrollo, (2018)

La palma aceitera tiene una vida económica y una replantación de un intervalo de veinticinco años (Murata, et al., 2013) y su recolección de frutos comienza luego de tres años luego de ser sembrados (Mohammed, et al., 2011).

2.2.5. Residuos de extracción de la Palma Aceitera

En la región Ucayali los desechos industriales de la palma aceitera son un componente orgánico que se obtiene del proceso de producción de aceite crudo del racimo de la palma aceitera, en la actualidad existen fábricas de producción y transformación del fruto de la palma, grandes cantidades de desechos de palma aceitera sale diariamente de las fábricas, material orgánico que es trasladado a los rellenos sanitarios o botaderos y en algunos casos puestos en las parcelas de los palmicultores de la zona (Miranda, 2012).

Del fruto se obtiene los aceites de palma y de palmiste, estas se utilizan en la producción de alimentos, además del proceso de extracción se obtiene diferentes subproductos que son utilizados parcialmente tal como los racimos vacíos o raquis, el cuesco, la fibra y los efluentes, que se

pueden emplear como fertilizantes y combustibles para las calderas (Garces & Cuellar, 1997).

Los subproductos industriales se pueden definir como cualquier material de origen orgánico sea de origen vegetal o animal, esto incluye aquellos desechos orgánicos que se puede reutilizar (Gonzales, Pataquiva, & Garcia, 2021 & Ng, Verma, Sabu, & Goh, 2019).

Los procesos de extracción de ACP se observan en la figura N° 3

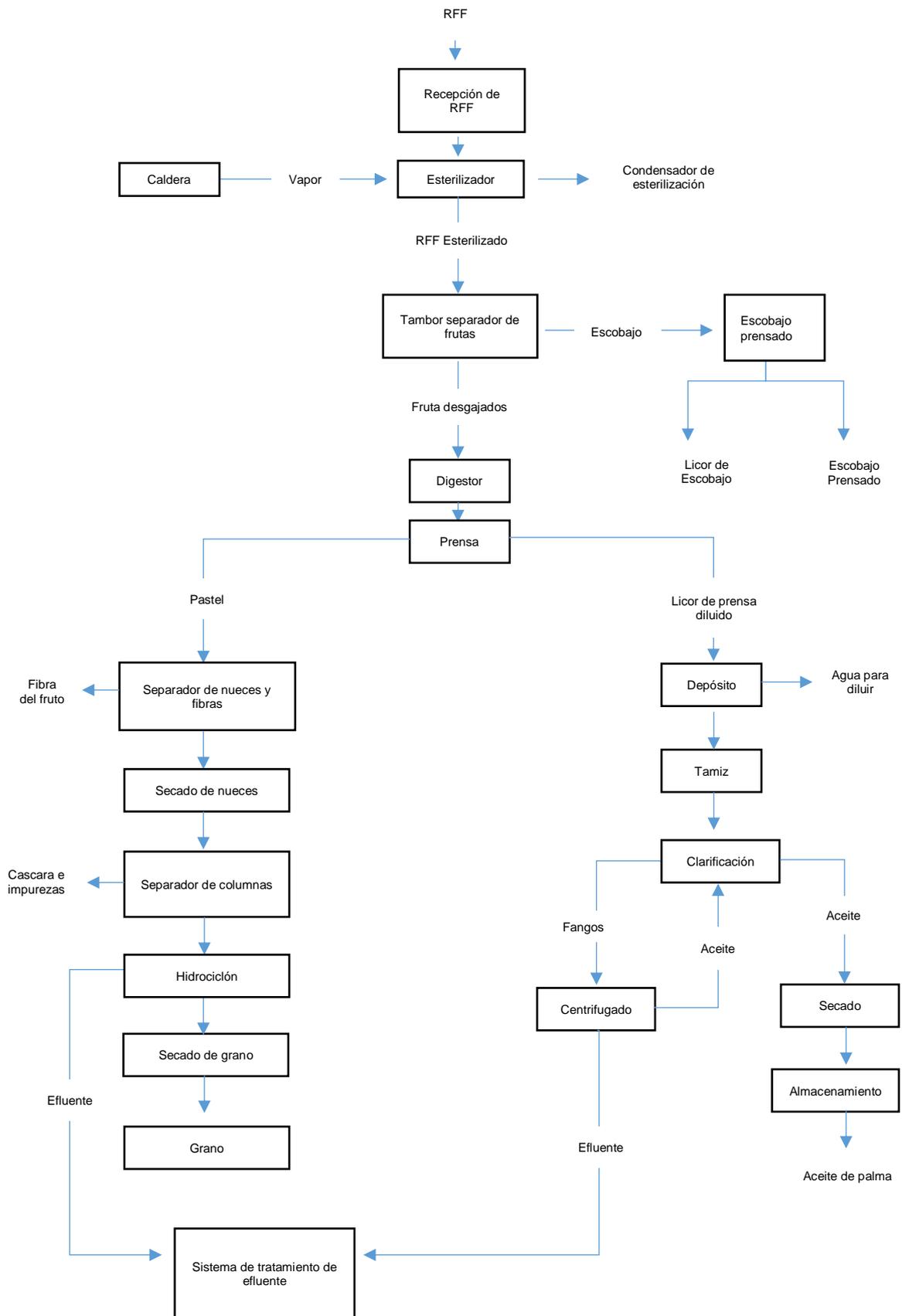


Figura 3. Panorama general del proceso de extracción de aceite de palma crudo en Colombia.

Fuente: Gonzales, Pataquiva, & Garcia (2021).

Se demostraron mediante estudios previos que durante el proceso de extracción de aceite de palma se generan aproximadamente el 40% de subproductos sólidos los cuales comprenden el 20,2% de escobajo; 13,6% de fibra del fruto y 5,6% de cuesco, (Ramirez, Arévalo, & Garcia, 2015).

2.2.5.1. Escobajo

Este material vegetal (escobajo), descompuesto y reutilizado como abono orgánico en las propias plantaciones de palma aceitera, aportarían los nutrientes necesarios a las plantas, reduciendo el costo de inversión y mantenimiento de las hectáreas de palma instalados. Miles de toneladas de RFF de palma aceitera son retirados de las áreas de cultivos y son trasladados a las fábricas de transformación, el resultado es la obtención de aceite crudo de palma aceitera como materia prima. El escobajo de la palma aceitera es un material orgánico que es usado como relleno sanitario y en algunos casos son trasladados hacia los patios de agricultores cuyos accesos permiten el ingreso de los carros que transportan este material vegetal, donde pudren o los queman. Estos desechos se descomponen en el lugar donde lo botaron, también son quemados por los agricultores, y un mínimo porcentaje es usado como componente orgánico, en la actualidad estos desechos como en el caso del escobajo son usados como componente orgánico en las plantaciones, obteniendo varios beneficios, tales como retención y acumulación de la humedad del suelo debajo del escobajo, control de las malezas y aplicación de

fertilizantes en mínima proporción y en cualquier época del año (Miranda, 2012).

2.2.5.2. Fibra

La fibra es el subproducto que más se aprovecha en las plantas de beneficio, especialmente, como combustible en calderas; además afirman que la fibra es utilizada también en la elaboración de compostajes, siendo lo restante enviado a campo como abono en las plantaciones (García, Cardenas, & Yañez, 2010).



Figura 4. Fibra del fruto de palma aceitera

2.2.5.3. Cuesco

Este material constituye entre el 5 al 7% del peso total del fruto, es de consistencia dura y estructura porosa; además de ser utilizado de manera parcial en los procesos de combustión de las

calderas, también en el relleno de carreteras en las plantaciones (Gomez, Klose, & Rincon, 2008).

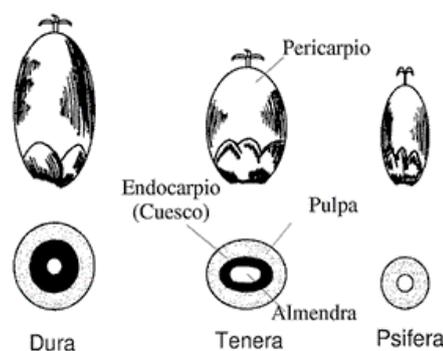


Figura 5. Tipos y Partes del fruto de la palma aceitera

El cuesco o endocarpio es un material duro que protege la almendra y constituye un residuo del proceso de extracción del aceite de palma. De acuerdo al espesor del endocarpio, la palma de aceite se clasifica en tres tipos: dura, tenera y pisifera (Gomez, Klose, & Rincón, 2010).

2.2.6. Ventajas de utilizar biomasa lignocelulósica.

La biomasa lignocelulósica incluye materias de origen natural lo cual se refiere principalmente a las plantas (Hamid & Zain, 2014). Es una fuente de fibra natural capaz de reemplazar a los polímeros derivados de petróleo, además aquella biomasa de los desechos agrícolas y forestales poseen potencial de ser reutilizable como materia prima para producir materiales con alto valor agregado (Phanthong, et al., 2018).

La inadecuada gestión de los residuos sólidos agroindustriales es capaz de generar significativas emisiones de metano a la atmosfera, siendo este gas uno de los principales del efecto invernadero, además, se conoce

que contribuye al calentamiento global (Ahmad, Zhang, Doherty, & O'Hara, 2019).

A causa de la utilización excesiva de los recursos fósiles y debido a los problemas ambientales, se considera que siendo la biomasa lignocelulósica un material abundante y renovable, el óptimo candidato para la producción de materiales biodegradables, pasta, bioenergía, y bioquímicos (Shen & Sun, 2021).

Actualmente se viene incrementado el uso de la biomasa lignocelulósica, particularmente la que es derivada de residuos agrícolas, para la producción de combustibles y de otros productos químicos, convirtiéndose así en claves para el desarrollo sostenible, al ser que son residuos renovables en contraste con la materia prima de origen fósil (Gallezot, 2007).

2.2.7. Propiedades químicas de la biomasa lignocelulósica.

Los subproductos o residuos agroindustriales corresponden en su mayoría la biomasa lignocelulósica (Sanchez, Gutierrez, Muñoz, & Rivera, 2010) los cuales se componen de aproximadamente 10 – 25% de lignina (Fortunati & Balesta, 2019), 15 – 35% de hemicelulosa y de 30 – 50% en peso de celulosa (Dharmaraja, et al., 2020), además, están presentes otros compuestos en menor proporción de bajo peso molecular tales como: los solubles en agua, solventes orgánicos, las proteínas y sales minerales, esos últimos estimados como cenizas tras la combustión. La concentración de cada componente estructural depende del tipo de tejido vegetal, de la

especie, el estado de crecimiento y las condiciones de crecimiento. (Pettersen, 1984; Sebastian, Garcia, & Rezeau, 2010; Vasquez & Vasquez, 2002).

La morfología de las fibras lignocelulósicas depende en su gran mayoría de su composición la cual pueden influir mucho en los procesos industriales (Prinsen, 2010).

Tabla 3. Composición Química de algunos residuos lignocelulósicos

Biomasa	Contenido químico %			Referencia
	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	
Astilla de Madera de Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	44,3	26,9	26,1	(Kunaver, Anzlovar, & Zagar, 2016)
Cascara de arroz	35,0	30,0	18,0	(Islam, Kao, Bhattacharya, Gupta, & Choi, 2018)
Bagazo de caña	42,1	32,3	19,9	(Sukyai, et al., 2018)
Fibras de palma de azúcar	43,9	7,2	33,4	(Ilyas, Sapuan, & Ishak, 2018)
Cascara de plátano	40,2	10,5	24,3	(Ozbay, Yargic, Yarbay, & Yaman, 2019)

2.2.7.1. Celulosa

La celulosa es el principal componente de la biomasa celulósica (almidones) y el lignocelulósicos (bagazos, raquis, hojas, cuescos, entre otros) (Bustamante, Carrillo, Pietro, Corral, & Hernandez, 2016), además de ser el biopolímero que más abunda en la Tierra (Freire, Neto, Gandini, Fardin, & Holmbom, 2006) y el componente más abundante lignocelulósico, se ha aplicado de manera amplia en el campo de la fabricación de pasta y papel,

etanol, materiales de alta calidad y en otras industrias (Shen & Sun, 2021). Se muestran cadenas lineales de celobiosa de aproximadamente 10.000 unidades glicosídicas en celulosa nativa de fibras madereras donde representan más de 50% de peso, la mayor parte de este, están como microfibrillas empaquetadas densamente, siendo altamente polar debido a los grupos hidroxilicos que se asocian entre sí por puentes de hidrogeno dificultando su compatibilidad con materiales no polares, afectando la agregación entre fibras y a la absorción de la humedad, disminuyendo su dispersión en materiales compuestos debido a su dispersión (Montoya, 2013).

Es un polisacárido hidrofóbico, siendo el componente más importante de las plantas, cuyo peso molecular es variable, con formula estructural (C₆H₁₂O₅) y de plano helicoidal (Casey, 1990; & Montoya, 2013).

2.2.7.2. Hemicelulosa

La Hemicelulosa es un polímero conformado normalmente por monómeros de D-pentosas que se encuentran enlazados formando estructuras ramificadas, la cual la hace amorfa y más fácil de hidrolizar que la celulosa, el contenido de Hemicelulosa tanto en cantidad como por variedad difiere mucho en función de las especies y su composición puede variar en función de la etapa del ciclo de vida en el que se encuentre la planta; esto marca principalmente la diferencia con la celulosa (Montoya, 2013;

Sebastian, Garcia, & Rezeau, 2010; Moreno, Moral, Garcia, Pacual, & Bernal, 2014).

2.2.7.3. Lignina

Después de la celulosa, la lignina es el polímero más abundante en el mundo vegetal cuya función es brindar rigidez a la pared celular, asegurar protección contra los agentes atmosféricos, la humedad, y el ataque de microorganismos, además de actuar como elemento de unión de las fibras celulosas. Su composición, estructura y contenido es relativo en la biomasa lignocelulósica, dependen de la especie (Sebastian, Garcia, & Rezeau, 2010)

La lignina generalmente está formada por tres derivados fenilpropanoides diferentes: los alcoholes coniferílicos, cumario y sinpilico, la proporción de estas tres unidades varían entre especies, órganos vegetales e incluso entre las capas de una pared celular (Taiz & Zeiger, 2006).

En el caso de elaboración de materiales biodegradables se busca eliminar la lignina para facilitar la adhesión de las fibras (Gonzales, Daza, Caballero, & Martinez, 2016).

2.2.8. Propiedades químicas de los materiales biodegradables.

Conocer las propiedades químicas es importante al ser que esto determinan la calidad de las fibras de los cuales se pueden elaborar materiales (Gonzales, Daza, Caballero, & Martinez, 2016).

2.2.8.1. Acolchados plásticos biodegradables

Los acolchados (mulching) plásticos a base de polietileno de baja densidad contribuyen en la generación de grandes cantidades de desechos plásticos en el ecosistema agrícola, la utilización de mulching biodegradables agrícolas tienen como fin lograr la biodegradación por microorganismos del suelo y de esta manera ahorrar costos en la gestión de residuos plásticos y evitar su acumulación (Serrano, Martin, & Pelacho, 2021).

La importancia de los polímeros en la producción de películas plásticas biodegradables, los cuales están conformados por la combinación de monómeros que proporcionan a los acolchados resistencia física, baja resistencia de vapor de agua y biodegradabilidad (Serrano, Martin, & Pelacho, 2021).

Polímero	Origen	Biodegradación en suelo	Características
<i>Polisacáridos</i>			
Celulosa	Natural (plantas, algunas bacterias)	Moderadamente alto	Polímero natural más abundante, la obtención de la celulosa implica la eliminación de otros compuestos no celulósicos (pectina, lignina, resinas, etc.). se requiere su transformación para su producción
Almidón	Natural (plantas)	Elevado	Se utiliza en combinación con otros polímeros para mejorar la biodegradabilidad

Tabla 4. Características de polímeros biodegradables utilizados en la producción de acolchados plásticos biodegradables agrícolas

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Biomasa: Abarca un amplio grupo heterogéneo de materias orgánicas tanto por su origen, así como por su naturaleza, se utiliza para denominar a una fuente de energía renovable compuesta por material orgánico (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, s/f)

Envases biodegradables: Son aquellos que se logra obtener de la materia primas de origen vegetal, animal o microbiano comúnmente utilizados en los sectores de agricultura, alimentación o medicina (Garcia A. , 2014)

Humedad: Es la relación entre masa de agua presente por kilogramo de materia seca. La humedad de la biomasa puede determinarse en base seca o también en base húmeda (TRANSBIOMA, 2012)

Lignocelulosa: Principal componente de la pared celular de las plantas, es producida en la fotosíntesis considerándose como fuente de carbono renovable (Cuervo, Folch, & Quiroz, 2009)

Polímero biodegradable: Son diseñados para poder degradarse por la interacción de los organismos vivos (Gross & Kalra, 2002)

Residuos Renovables: Puede utilizarse sin afectar la disponibilidad del material a largo plazo (Badii, Landeros, & Cerna, 2007)

Solubilidad en sosa: la solución alcalina caliente extrae carbohidratos de bajo peso molecular que consisten principalmente en hemicelulosa y

celulosa degradada en madera y pulpa. La solubilidad en madera podría indicar el grado de descomposición de un hongo o de degradación por calor, luz, oxidación, a medida que se descompone aumenta el porcentaje de material soluble en álcali (TAPPI 212, 2002)

Solubilidad en agua caliente: El agua caliente hidroliza los polisacáridos y algunos compuestos, incrementando su solubilidad (Moneo, et al., 2000)

Subproducto agrícola: Aquel residuo sólido o semisólidos cuyo origen está en las actividades agrarias, procedente de su derivación de algún producto o de los eslabones de la cadena productiva / industrial (Contexto Ganadero, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación ha sido de tipo descriptiva, que según Rodríguez, 2005 & Muggenburg & Perez, (2007), comprende la descripción de sus propiedades, características, componentes, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición de algún objeto o fenómeno de dos o más grupos.

Además, el estudio es de nivel aplicada que se encuentra estrechamente vinculada a la investigación básica ya que depende de los descubrimientos y aportes teóricos el cual sirve para tomar acciones y tomar decisiones estratégicas para poder ser aplicada a resolver problemas en concreto (Rodríguez, 2005 & Mohammad, 2005)

Se recolecto las muestras de escobajo y fibra fresco al culminar las actividades por jornada de la empresa INDOLMASA ubicada en el km 61 de la Carretera Federico Basadre (CFB), los cuales fueron trasladados inmediatamente al centro de acopio ubicado en la Universidad Nacional de Ucayali, de estos se procedió con el peso y rotulado para el envío de las muestras a los laboratorios de Servicios a la comunidad e Investigación Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) donde se empleó la Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa por Cromatografía Líquida de alta Resolución HPLC, mientras que el contenido de humedad fue determinado mediante la

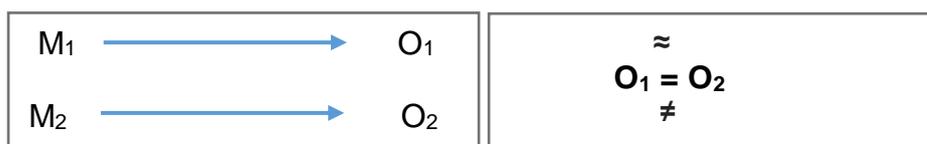
Balanza de Humedad – PCE Ibérica; se realizaron 10 repeticiones de cada análisis para poder obtener la varianza de cada resultado obtenido.

3.1.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es de índole cuantitativa el cual demanda y/o está obligada a la construcción de una base de datos cuyo propósito es establecer semejanzas o diferencias en términos de proporciones (Barragán, et al., 2003).

3.1.2. Diseño de la investigación

- Descriptivo comparativo



Donde:

M: Muestra a analizar

O: Observación de la muestra de cada variable

(=, \approx , \neq): comparación entre las muestras, siendo, iguales (=), semejantes (\approx) o diferentes (\neq)

3.2. UBICACIÓN, POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Ubicación

La presente investigación se realizó tanto en campo obteniendo los residuos provenientes de la planta extractora de aceite de palma “Industrias Oleaginosas Monte Alegre S.A.”, ubicada en el distrito de Neshuya, en el km 61 de la Carretera Federico Basadre, así como en los laboratorios de la

Universidad Nacional de Ucayali ubicada en el Km 6,2 de la CFB para la determinación analítica de las muestras recolectadas. Ver figura N°6

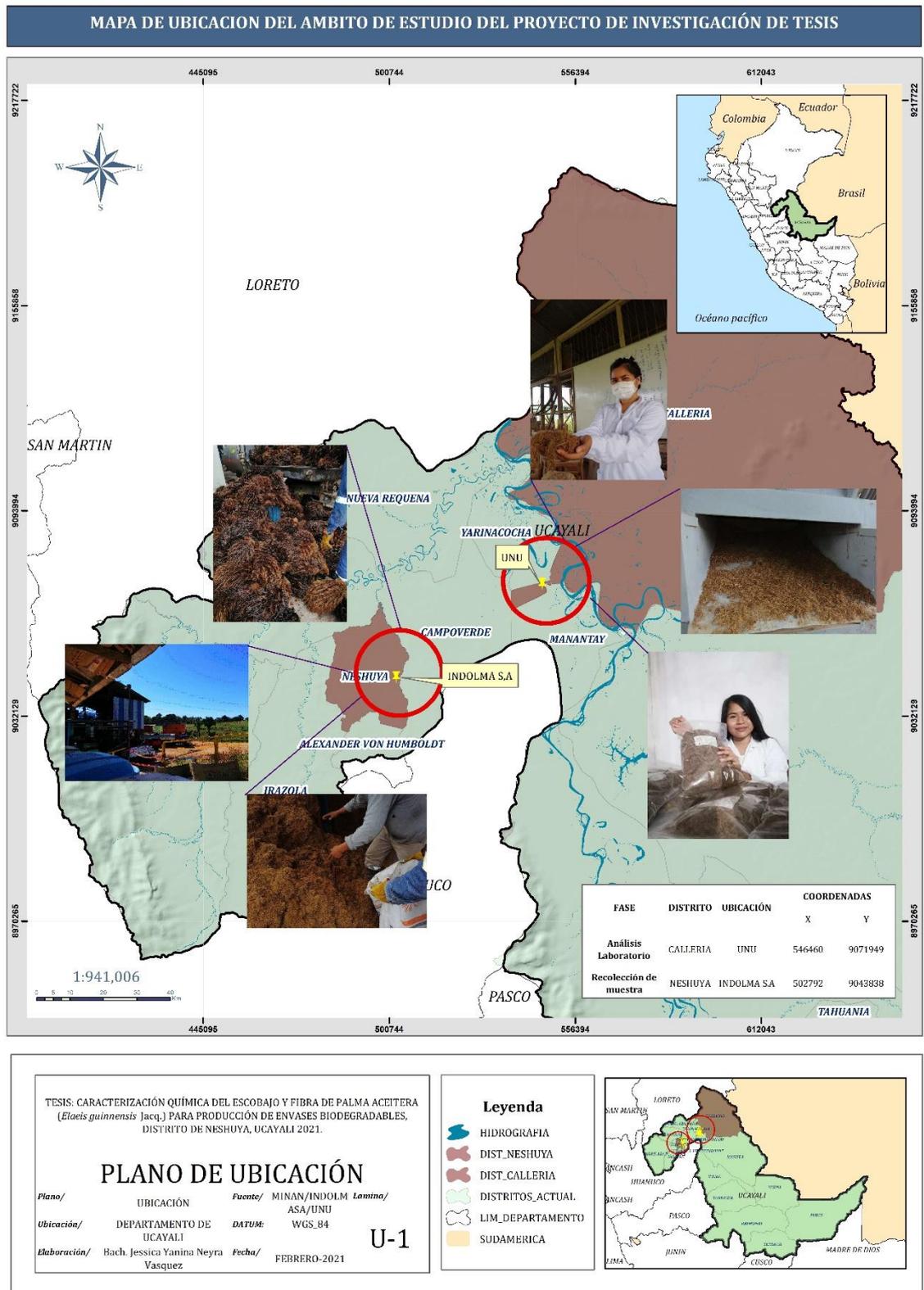


Figura 6. Mapa de ubicación del proyecto de investigación

3.2.2. Población

La población lo constituyeron los residuos de escobajo y fibra del fruto de la planta de extracción de aceite de palma INDOLMA S.A cuya materia prima corresponde a una misma zona geográfica perteneciente al distrito de Neshuya y siendo la generación de sus residuos en sus procesos agroindustriales un problema con su correcta disposición final y tratamiento.



Figura 8. Fibra del fruto de palma aceitera- INDOLMASA



Figura 7. Escobajo palma aceitera de industria INDOLMASA

Se determinó la población de la siguiente manera:

- **Cantidad de RFF que procesa por jornada de trabajo**

Tabla 5. Producción T/RFF por jornada de trabajo

	T/RFF/H	Horas al día	Producción al día de RFF en t/día
INDOLMAS.A	6*	16	96

* (SPDE, 2018)

La industria tiene una producción de 96 t/ Jornada de trabajo de RFF

- **Cantidad de residuo de Escobajo y Fibra que genera**

La cantidad se determinó según los porcentajes de subproductos obtenidos de la extracción de ACP, descrito en el estudio de Ramirez, Arévalo, & Garcia (2015).

Tabla 6. Cantidad de residuo generado por Jornadas de trabajo

Población	Residuo %	Producción al día de RFF en t/día	Cantidad de residuo t/día
Escobajo	20.2*	96	19,39
Fibra	13.6*	96	13,05

* Ramirez, Arévalo, & Garcia (2015)

Teniendo de esta manera una población de 19,39 t de escobajo y 13,05 t de fibra como producción diaria de la planta INDOLMA S.A

3.2.3. Muestra

La muestra se determinó mediante el método del cuarteo según la norma TAPPI 605 “Reducción de una muestra bruta de granular o agregado material al tamaño de prueba” donde nos facilitó la toma de muestras cuando el material está representado en grandes proporciones, nos indica la toma de 60 kg como muestra, para la recolección de esta cantidad se utilizó además el método no probabilístico de tipo accidental hasta que se obtuvo la cantidad deseada. Siguientemente el material fue transportado en costales hasta el centro de acopio siguientemente siendo puesto en un montículo para ser posteriormente cuarteado, tomando muestras de los extremos y formando nuevamente un montículo y repitiendo el procedimiento anterior hasta obtener 5 kg de la muestra homogénea el cual fue utilizada para los análisis de laboratorio, pero, previamente a ello al momento de recolectar la muestra se tomó 2 kg adicional el cual fue herméticamente sellado y llevado al laboratorio para el análisis de la humedad inicial (Ver anexo III) tal como nos indica la norma ASTM D 644 “Método de prueba estándar para contenido de humedad de papel y cartón por secado en horno”

- Criterios de toma de muestra

Escobajo fresco

Fibra fresca



Figura 10. Recolecta de fibra del fruto de palma aceitera de INDOLMASA



Figura 9. Recolecta de Escobajo de Palma aceitera de la Industria INDOLMASA

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Selección del área de estudio

Se seleccionó la industria con la que se procedió a trabajar, INDOLMASA, ubicada en la Carretera Federico Basadre km. 62, Provincia de Padre Abad, allí se tomó la cantidad de escobajo y fibra necesaria, procediendo con el traslado del material hasta el centro de acopio ubicado en la Universidad Nacional de Ucayali.

3.3.2. Toma de muestra

La materia fue recolectada en costales en estado húmedo, para seguidamente ser pesada y rotulada, el procedimiento se detalla en la figura N°11

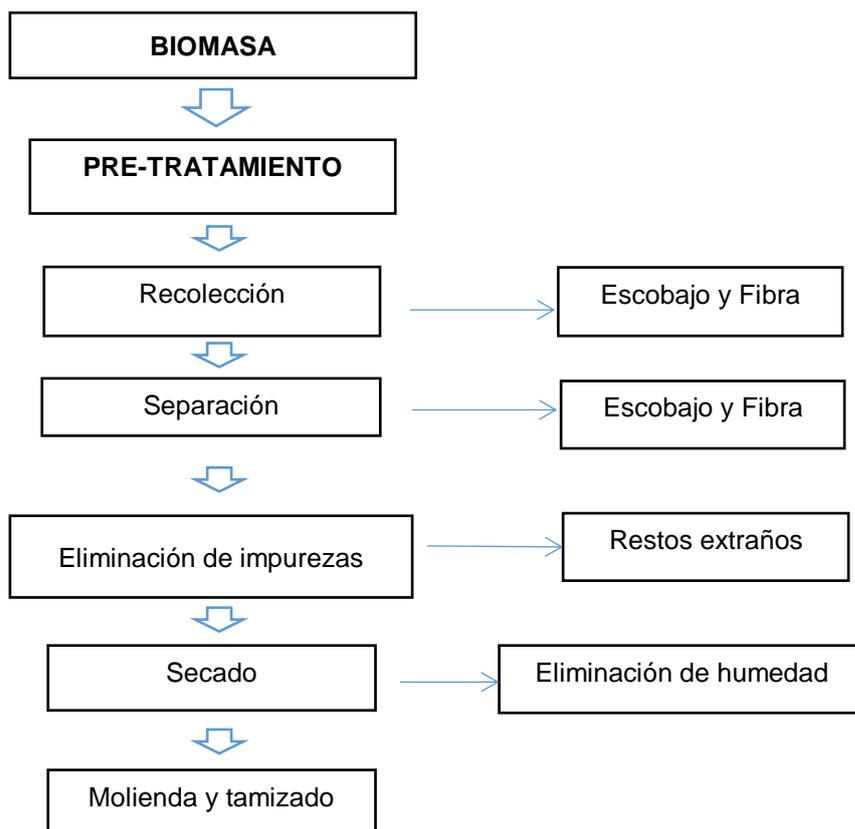


Figura 11. Procedimiento de Recolección de muestras

3.3.3. Componentes a evaluar en laboratorio

Se realizó la determinación del contenido de humedad inicial según la metodología de las Normas ASTM D 664, estas son los estándares mundiales metodológicos en la medición de componentes químicos de los materiales fibrosos celulósicos.

Las muestras destinadas para la determinación del contenido de Celulosa, hemicelulosa y lignina fueron enviadas al laboratorio de Servicios a la comunidad e Investigación Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo (UNAT) para su análisis.

A continuación, detallaremos los análisis que se han llevado a cabo y la norma bajo el cual se ha regido cada uno.

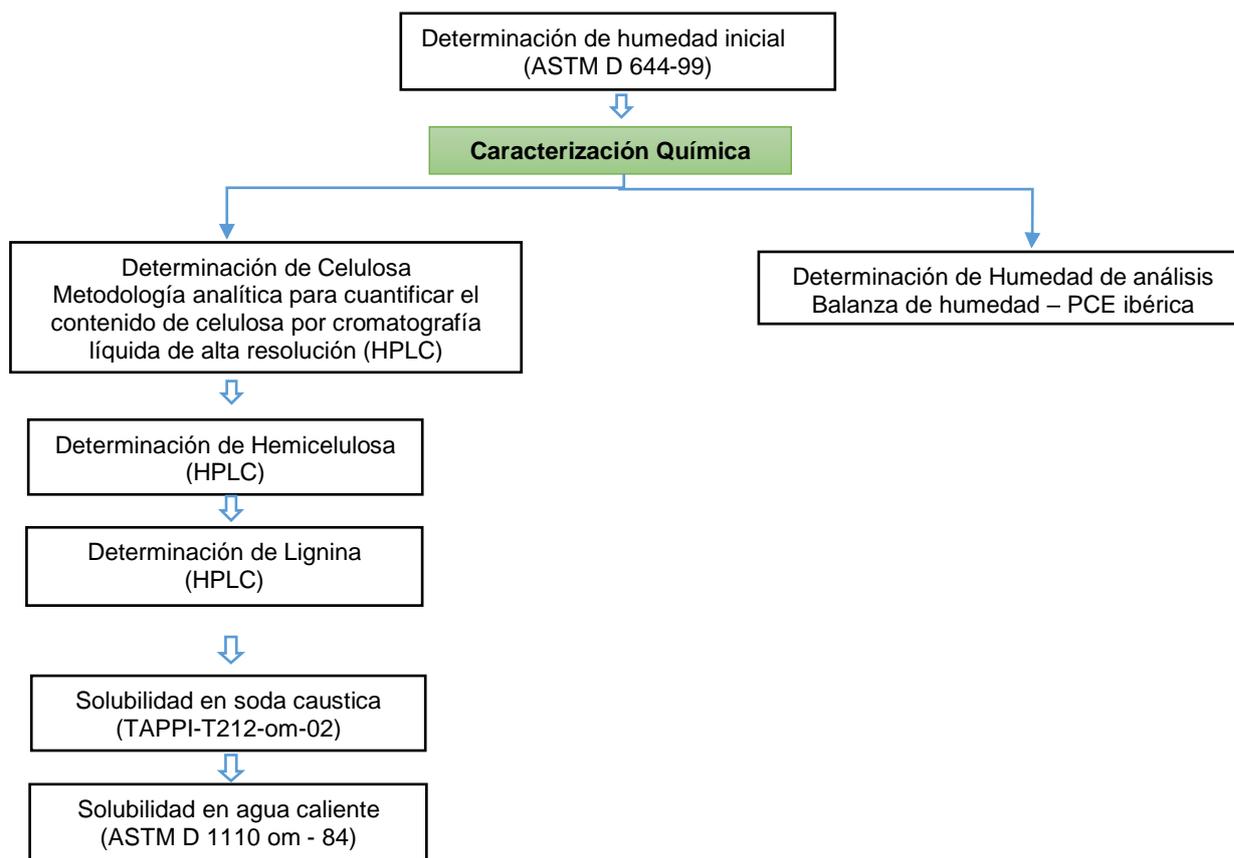


Figura 12. Esquema metodológico de la Caracterización química del Escobajo y fibra de Palma

3.4. TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Cálculo del contenido de humedad inicial, ASTM D 644

Para determinar el contenido de humedad inicial de las muestras, se tomó 2 kg en masa bruta de escobajo y fibra de la planta de extracción, los cuales fueron sellados herméticamente y trasladado al laboratorio según la norma TAPPI T 605 “Reducción de una muestra bruta de granular o agregado material al tamaño de prueba”, luego se cortaron en pedazos pequeños la fibra de escobajo el primer día sin recibir ningún tratamiento previo y la fibra del fruto se utilizó tal cual fue recogido.



Figura 14. Fibra del fruto de palma aceitera para su análisis



Figura 13. Corte manual del escobajo para su posterior análisis de laboratorio

Se realizó el análisis siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D 644 “Contenido de humedad secado en horno”

En primer lugar, se determinaron el peso del recipiente donde sería colocado las muestras, se calentó el crisol en el horno a 105°C durante 1 hora, transcurrido el tiempo se lo retiro del horno y fue colocado rápidamente en el desecador por un lapso de 1 h para luego proceder a tararlo en una balanza analítica.

Se colocó rápidamente 2 gr de la muestra en el crisol previamente tarado, se colocó en el horno por 2 h a 105°C, al cumplirse el tiempo se lo transfirió al desecador y finalmente fue pesado. Se realizaron 10 repeticiones a cada muestra.

Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación del contenido de humedad inicial.

Ecuación 1

$$\%H = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

Dónde:

W1 = Masa inicial de biomasa (g)

W2 = Masa final de biomasa (g)



Figura 15. Análisis del contenido de humedad inicial en el horno eléctrico

3.4.2. Celulosa, hemicelulosa y lignina

Los análisis de caracterización química del escobajo y fibra de palma aceitera fueron determinados en el Laboratorio de Servicios a la comunidad e Investigación Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) donde se empleó la Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa por Cromatografía Líquida de alta Resolución HPLC, mientras que el contenido de humedad fue determinado mediante la Balanza de Humedad – PCE Ibérica.

Los análisis realizados fueron el contenido de Celulosa, Hemicelulosa y Lignina, estas previamente fueron pesadas y rotuladas en bolsas herméticas y enviadas para sus análisis.

3.4.3. Solubilidad en agua caliente ASTM 1110

Se determinó con una muestra libre de humedad.

Se colocó 2 gr de una muestra libre de humedad tamizado en malla #45 en un matraz de 250 ml, luego se añadió 100 ml de agua destilada para luego ser puesto en un baño de agua hirviendo por un lapso de 3 horas,

asegurándonos que la solución en el matraz este justo por debajo del nivel de agua hirviendo.

Al cumplir el tiempo se lo transfirió el contenido del matraz por medio de un papel filtro a otro crisol que fue previamente tarado y secado a 105°C, seguidamente se lavó con 200 ml de agua caliente y seco a peso constante a 105°C. Se procedió a colocar el crisol calentado encima de un vidrio de reloj y se enfrió en un desecador el cual posteriormente ha sido pesado.

Ecuación 2

$$\%Solub.en\ agua\ caliente = \frac{W1 - W2}{W1} * 100$$

Fuente: ASTM 1110

W1 = muestra libre de humedad (muestra inicial)

W2 = muestra seca, después de la extracción con agua caliente (muestra final)

3.4.4. Solubilidad en sosa, TAPPI T 212

Se añadió 2 gr de la muestra libre de humedad en un vaso precipitado de 200 ml, luego se añadió 100 ml de solución de Sodio al 1% y se lo agito con una varilla de vidrio.

Se cubrió el vaso precipitado con un vidrio de reloj y posteriormente se colocó en un baño de agua a temperatura de 97° °C durante un periodo de 60 min; se mantuvo en agua hirviendo. Se agitó la muestra con una varilla durante 5s a los 10, 15 y 25 min después de haber sido colocado en el baño; cuando transcurrió el tiempo de 60 min se transfirió la solución a un crisol con papel filtro para ser lavado con 100 ml de agua caliente.

A continuación, se procedió en agregar 25 ml de Ácido acético al 10% y se dejó remojar durante 1 minuto para luego ser retirado, se repitió el mismo procedimiento con una segunda porción de 25 ml de Ácido acético al 10%, luego se lavó con agua caliente hasta estar libre de ácido, se secó el contenido en un horno a 105°C por un lapso de 1 h, para luego ser puesto en un desecador y posteriormente ser pesado.

Ecuación 3

$$\%Solubilidad\ en\ sosa = \frac{A - B}{A} * 100$$

Fuente: TAPPI T 212

A = Peso libre de humedad

B = peso al final del secado en estufa, después de la extracción

3.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

3.5.1. Materiales, equipos e insumos de laboratorio

- **Materiales**

- Crisoles de porcelana
- Pinzas
- Matraz
- Vaso precipitado
- Varilla de vidrio
- Papel filtro

- **Equipos**

- Estufa, con capacidad 240°C
- Triturador

- Cocina eléctrica/ equipo de reflujo
- Balanza analítica
- Desecador
- **Materiales y equipos de campo**
 - GPS MAP 76 CSX
 - Cuaderno de apuntes y lapicero
 - Cámara fotográfica
 - Camisa manga larga
 - Zapatos de seguridad
- **Materiales y equipos de gabinete**
 - Laptop
 - USB
 - Materiales de escritorio (papel bond, lápiz, etc.)
 - Software de base de datos y procesamiento de texto (MS Word, MS Excel, GIS)

3.6. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se trabajo mediante la siguiente matriz de diseño para la recolección de los datos, donde se aplicó 10 repeticiones para cada tipo de análisis así obtener un mejor resultado final procediendo de manera independiente para cada variable, como se puede observar en la tabla 6 y 7.

Tabla 7. Matriz de diseño del análisis químico del Escobajo de Palma Aceitera

		Caracterización Química del Escobajo de palma aceitera					
		Humedad	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Solubilidad en agua caliente	Solubilidad en Sosa
REPETICION	R ₁	R ₁ H ₁	R ₁ C ₁	R ₁ L ₁	R ₁ He ₁	R1SA1	R1SS1
	R ₂	R ₂ H ₂	R ₂ C ₂	R ₂ L ₂	R ₂ He ₂	R2SA2	R2SS2
	R ₃	R ₃ H ₃	R ₃ C ₃	R ₃ L ₃	R ₃ He ₃	R3SA3	R3SS3

	R ₁₀	R ₁₀ H ₁₀	R ₁₀ C ₁₀	R ₁₀ L ₁₀	R ₁₀ He ₁₀	R ₁₀ S _{SA10}	R ₁₀ S _{SS10}

R: Repetición

Tabla 8. Matriz de diseño del análisis químico de la fibra del fruto de Palma Aceitera

		Caracterización Química del la Fibra del fruto de palma aceitera					
		Humedad	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Solubilidad en agua caliente	Solubilidad en Sosa
REPETICION	R ₁	R ₁ H ₁	R ₁ C ₁	R ₁ L ₁	R ₁ He ₁	R1SA1	R1SS1
	R ₂	R ₂ H ₂	R ₂ C ₂	R ₂ L ₂	R ₂ He ₂	R2SA2	R2SS2
	R ₃	R ₃ H ₃	R ₃ C ₃	R ₃ L ₃	R ₃ He ₃	R3SA3	R3SS3

	R ₁₀	R ₁₀ H ₁₀	R ₁₀ C ₁₀	R ₁₀ L ₁₀	R ₁₀ He ₁₀	R ₁₀ S _{SA10}	R ₁₀ S _{SS10}

R: Repetición

3.7. TRATAMIENTO DE DATOS

Los resultados de análisis de varianza fueron obtenidos para cada variable en la investigación mediante el paquete de datos estadísticos que nos proporciona el SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)

3.7.1. Comparación de medias muestrales

Los resultados de la caracterización química se compararon entre variables con el objetivo de determinar si diferencias significativas en la composición química (Celulosa, Hemicelulosa, lignina, solubilidad en agua

caliente, solubilidad en sosa y humedad) entre el escobajo y fibra de palma aceitera.

Criterios para analizar las muestras:

- Distribución normal de la población se analiza mediante la prueba de Shapiro Wilk si el número de individuos no es mayor de 50 ($N < 50$), si el número de individuos es mayor a 50 ($N > 50$) se utiliza la prueba de Kolmogorov Smirnov, en los dos casos el nivel de probabilidad es del 95% y el p valor menor a 5% ($p < 0,05$).
- La homogeneidad de la varianza entre los sustratos, es realizada por medio de la prueba de Levene ($p < 0,05$).

Los resultados de normalidad se muestran en el Anexo I.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Propiedades químicas

En la tabla N°9 se observan los resultados de la caracterización química del escobajo y fibra del fruto de palma aceitera, residuos procedentes de la planta extractora INDOLMA S.A ubicada en el distrito de NESHUYA

Tabla 9. Resultados de la caracterización química de Palma aceitera

	Tipo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Celulosa	ESCOBAJO	10	32,92 A	0,16	0,05
	FIBRA	10	37,73 B	0,05	0,01
Hemicelulosa	ESCOBAJO	10	16,56 A	0,10	0,03
	FIBRA	10	19,38 B	0,04	0,01
Lignina	ESCOBAJO	10	22,44 A	0,15	0,04
	FIBRA	10	24,92 A	0,05	0,01
Humedad inicial	ESCOBAJO	10	17,23 A	3,38	1,06
	FIBRA	10	18,55 A	2,11	0,66
Humedad de análisis	ESCOBAJO	10	16,36 A	0,08	0,02
	FIBRA	10	20,23 B	0,04	0,01
Solubilidad en agua caliente	ESCOBAJO	10	16,90 A	3,18	1,00
	FIBRA	10	14,00 B	1,74	0,55
Solubilidad sosa	ESCOBAJO	10	35,20 A	2,44	0,77
	FIBRA	10	34,80 A	5,42	1,71

En las tablas de resultados de la caracterización química del escobajo y fibra del fruto de Palma aceitera, las letras mayúsculas

representan la comparación entre las variables Escobajo y fibra del fruto. Los valores que presenten la misma letra indican que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

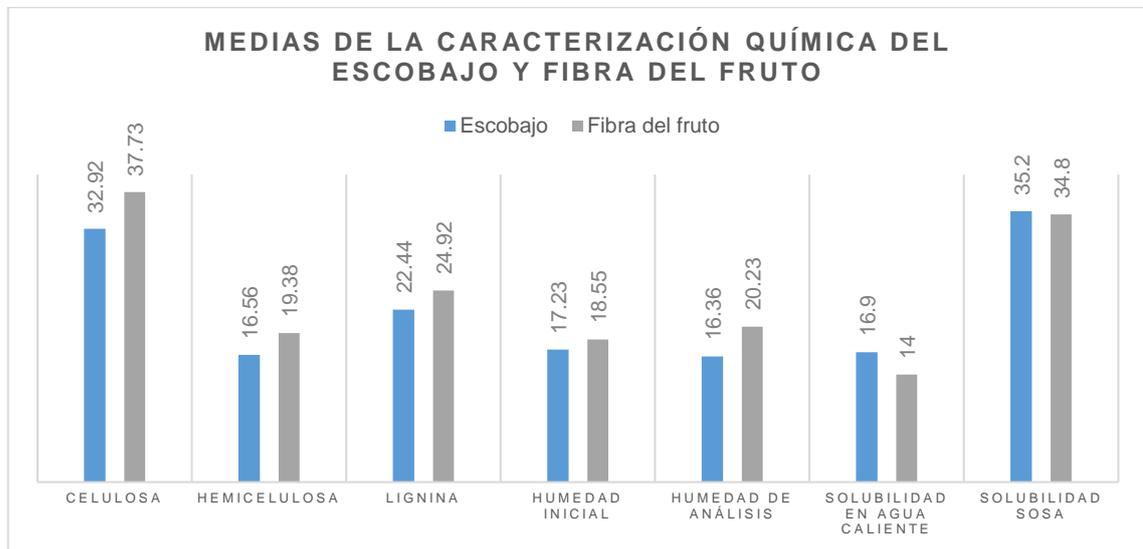


Figura 16. Distribución de las medias de la caracterización química del escobajo y fibra de palma aceitera

4.1.1.1. Pruebas t de student para muestras independientes (escobajo y fibra del fruto *Elaeis guineensis* Jacq.)

Tabla 10. Celulosa

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Celulosa	Se asumen varianzas iguales	11,323	,003	-85,357	18	,000
	No se asumen varianzas iguales			-85,357	11,051	,000

P-valor (0,003) encontrado es menor a 0,05 lo que indica que la celulosa en la fibra del fruto de palma es mayor que la

presentada en el escobajo a lo que asumimos que existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables.

Tabla 11. Hemicelulosa

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Hemicelulosa	Se asumen varianzas iguales	6,945	0,017	-76,215	18	0,000
	No se asumen varianzas iguales			-76,215	11,690	0,000

El P-valor (0,017) encontrado es menor a 0,05 lo que indica que la hemicelulosa en la fibra del fruto de palma es mayor que la presentada en el escobajo a lo que asumimos que existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables.

Tabla 12. Lignina

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Lignina	Se asumen varianzas iguales	2,898	0,106	-47,974	18	0,000
	No se asumen varianzas iguales			-47,974	11,662	0,000

El P-valor (0,106) encontrado es mayor a 0,05 lo que indica que la lignina en la fibra del fruto y el escobajo de palma no presentan diferencias de su contenido estadísticamente significativas entre las variables.

Tabla 13. Humedad inicial

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Humedad inicial	Se asumen varianzas iguales	2,427	0,137	-1,047	18	0,309
	No se asumen varianzas iguales			-1,047	15,105	0,312

El P-valor (0,137) encontrado es mayor a 0,05 lo que indica que la humedad inicial en la fibra del fruto y el escobajo de palma no presentan diferencias de su contenido estadísticamente significativas entre las variables.

Tabla 14. Solubilidad en Hidróxido de Sodio

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Solubilidad en Hidróxido de Sodio	Se asumen varianzas iguales	2,913	0,105	0,213	18	0,834
	No se asumen varianzas iguales			0,213	12,496	0,835

El P-valor (0,105) encontrado es mayor a 0,05 lo que indica que la solubilidad en hidróxido de sodio en la fibra del fruto y el escobajo de palma no presentan diferencias de su contenido estadísticamente significativas entre las variables.

4.1.1.2. Pruebas U Mann Whitney para muestras independientes (escobajo y fibra del fruto *Elaeis guineensis* Jacq.)

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Humedad_analisis es la misma entre las categorías de Tipo.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de

¹Se muestra la significación exacta para esta prueba.

Figura 17. Humedad de análisis

En la figura N° 17 el P-valor (0,000) encontrado es menor a 0,05 lo que indica que la humedad de análisis en la fibra del fruto de palma es mayor que la presentada en el escobajo a lo que asumimos que existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables.

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Solubilidad_ac es la misma entre las categorías de Tipo.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,002 ¹	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

¹Se muestra la significación exacta para esta prueba.

Figura 18. Solubilidad en Agua caliente

Se observa en la figura N° 18 el P-valor (0,002) encontrado es menor a 0,05 lo que indica que la Solubilidad en agua caliente en el escobajo de palma es mayor que la presentada en la fibra del fruto a lo que asumimos que existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables.

4.2. DISCUSIÓN

La presente investigación se realizó con el análisis de las propiedades químicas de la biomasa (escobajo y fibra del fruto) procedente de la extracción de aceite de palma para determinar si poseen las propiedades óptimas para que se puedan elaborar materiales biodegradables. Se demostró que presentan valores superiores del 30% de celulosa, cercanos con lo proveniente de fuentes maderables (40 a 50%) (Zhang, et al., 2021); siendo el contenido de celulosa el componente principal para la elaboración de productos biodegradables (Serrano, Martin, & Pelacho, 2021).

El análisis estadístico T de student para la celulosa demostró diferencias significativas entre los resultados obtenidos para la fibra del fruto mayores valores con $37,73 \pm 0,01$ comparado con lo encontrado en el escobajo con $32,92 \pm 0,05$, esto sin embargo, presentan en ambas variables valores superiores al 30% coincidiendo con lo reportado en la literatura para el caso del escobajo (Ng, et al., 2020 & Pretell & Erazo, 2019) y de la fibra del fruto (Galiwango, Rahman, Al-Marzouqi, Abu-Omar, & Khaleel, 2019 & Talero, Rincon, & Gómez, 2019). Se reconoce que el contenido de celulosa varía según especie vegetal, factores de crecimiento y metodología de extracción (Ng, et al., 2020).

La importancia del contenido de celulosa radica a su aporte en las propiedades mecánicas en la elaboración de envases biodegradables que a su vez otorga mayor confiabilidad de resistencia de los envases biodegradables comparándolo con los envases convencionales (Arevalo, Villamizar, & Ramón, 2019).

Es importante mencionar la cantidad presente de lignina debido a la necesidad de reducirla para la elaboración de los envases biodegradables de esta manera las fibras sean capaces de adherirse, para eliminar el contenido de lignina será necesario procesos más específicos, en el estudio presentan valores superiores al 20% ($22,43 \pm 0,04$ escobajo y $24,92 \pm 0,01$ fibra) en ambas variables lo cual es ligeramente superior para el escobajo comparado con lo reportado en la literatura por Onuorah, Nwabanne, & Nnabuife, (2015) con un valor de 17,88 y a lo que menciona Tye, Leh, & Abdullah (2017) con una concentración de 15,1% e igual que a lo reportado para la fibra del fruto con valores de 24,8 % (Talero, Rincon, & Gómez, 2019).

El contenido de hemicelulosa es inferior al 20% en el escobajo ($16,55 \pm 0,03$) lo cual coincide con lo encontrado en la literatura por Talero, Rincon, & Gómez (2019) pero difiere en la fibra del fruto ($19,38 \pm 0,01$) con valores superiores descrito en la literatura por Saadiah, et al., (2021) & Lee, et al., (2020). Al ser un residuo no celulósico se debe aplicar tratamientos para su disminución.

Con respecto a la humedad es importante determinar debido a que esta característica es un punto a tener en cuenta al momento de elaborar materiales biodegradables, estas deben pasar por una correcta metodología de secado para evitar fallas prematuras en estos, debido principalmente a la degradación de cadenas de polímeros a través de la hidrólisis (Bozzelli, 2017).

La solubilidad en agua caliente influye en el proceso de producción de los envases biodegradables debido a que existen biomásas que se deshacen con el contacto de este, facilitando el tratamiento de la pulpa. Los resultados presentan solubilidad en agua caliente (97° - 100°) inferiores al 17% indicando

que no se disuelven con facilidad siendo superior y con mayor solubilidad en comparación a lo reportado en la literatura con 2,9% presentes en el escobajo (Onuorah, Nwabanne, & Nnabuife, 2015) pero esto, sin embargo observado con el contenido de lignina, puede indicar procesos más especializados en la elaboración de envases biodegradables.

Determinar el porcentaje de la fibra susceptible al hidróxido de sodio indica el porcentaje disuelto de carbohidratos, los cuales en un ambiente propicio sirven de sustratos para los hongos, haciendo de referencia que, a mayor solubilidad en hidróxido de sodio, mayor es el ataque de hongos teniendo como resultado la pérdida de la fibra (TAPPI T 212, 2002). Los valores encontrados en la investigación presentan porcentajes superiores al 30% coincidiendo con el valor de $32,95 \pm 0,52$ descrito en la literatura para el escobajo (Hashim, et al., 2020).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La caracterización química demostró que el contenido principal de celulosa presente en la fibra del fruto fue de $37,73 \pm 0,02$ comparado con lo encontrado en el escobajo de $32,92 \pm 0,05$ nos indica que la fibra del fruto es un componente con mayor potencial para la elaboración de envases biodegradables.

5.2. RECOMENDACIONES

Para la elaboración de los envases biodegradables se recomienda la utilización de metodologías capaces de reducir la lignina y demás compuestos no celulósicos, de esta manera se puedan moldear y adherir las fibras con referencia a lo encontrado en la investigación en el escobajo y fibra del fruto de palma aceitera.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ahmad, F., Zhang, Z., Doherty, W., & O'Hara, I. (2019). The outlook of the production of advanced fuels and chemicals from integrated oil palm biomass biorefinery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109, 386-411. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.009>
- Arévalo, A., Villamizar, D., & Ramon, B. (2019). Caracterización fisicoquímica de la biomasa residual obtenida a partir de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) para posibles usos en la elaboración de tableros de partículas. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1): 59-64.
- Arevalo, A., Villamizar, D., & Ramón, B. (2019). Caracterización química de la biomasa residual obtenida a partir de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) para posibles usos en la elaboración de tableros de partículas. *BISTUA: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 59-64. doi:<https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2019.3151>
- Awalludin, M., Sulaiman, O., Hashim, R., & Wan, W. (2015). An overview of the oil palm industry in Malaysia and its waste utilization through thermochemical conversion, specifically via liquefaction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1469-1484. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.085>
- Babu, K., Mathur, R. K., Venu, M., Shil, S., Ravichandran, G., Anita, P., & Bhagya, h. (2021). Todo el genoma asociación estudio (GWAS) de mayor QTL por manojos y aceite producido relacionado rasgos en *Elaeis guineensis*

L. *Plant Science*, 305, 1-12.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110810>

Badii, M., Landeros, J., & Cerna, E. (2007). El recurso agua y sustentabilidad. *Revista Daena*, 3(1): 661-671.

Bautista, F., & Gerardo, A. (2005). *Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán. Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales*. Yucatán: Instituto Nacional de Ecología.

Bozzelli, J. (1 de Mayo de 2017). Analizar la humedad del material antes de iniciar el proceso de inyección. Midland. Obtenido de <https://www.pt-mexico.com/columnas/analizar-la-humedad-del-material-antes-de-iniciar-el-proceso-de-inyecci%C3%B3n>

Bustamante, V., Carrillo, A., Pietro, A., Corral, J., & Hernandez, J. (2016). Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción: revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5-24.

Casey, J. (1990). *Pulpa y papel, Química y tecnología química*. Mexico: LIMUSA.

Contexto Ganadero. (Noviembre de 2016). *Ganadería Sostenible*. Obtenido de Contexto Ganadero: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/conozca-el-valor-nutricional-de-algunos-subproductos-agroindustriales>

Cuervo, L., Folch, J., & Quiroz, R. (2009). Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol. *BioTecnología*, 13(3): 11-25.

- Delgado, C., & Uribe, D. (2017). Determinacion de la concentracion de soda caustica, tiempo de coccion y tamaño de particula, en la obtencion de pulpa para la fabricacion de papel a partir de las hojas de caña de azucar. Lambayeque, Perú.
- Demicheli, M. (1996). Plasticos biodegradables a partir de funtes renovables. *Libro de Revistas de Derecho*.
- Dharmaraja, J., Shobana, S., Arvindnarayan, S., Vadivel, M., Aatabani, A. E., Pugazhendhi, A., & Kumar, G. (2020). Chapter 5 - Biobutanol from lignocellulosic biomass: bioprocess strategies. *Lignocellulosic Biomass to Liquid Biofuels*, 169-193. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815936-1.00005-8>
- Espina, M., Tirado, J., & Siche, R. (2016). Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidon de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Sciencia Agropecuaria*, 7(2): 133 -143.
- FAOSTAT. (2019). *Base de datos FAOSTAT*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fassbender, H. (1993). *Modelos edafologicos de sistemas agroforestales*. Costa Rica: Bib. Orton IICA.
- Fontes, J., de Oliveira, C., Pereda, S., Botini, S., Brignole, E., Bussi, J., . . . Tancredi, N. (2004). *Quimica Sustentable*. Santa Fe: Norma Nudelman.
- Fortunati, E., & Balesta, G. M. (2019). Lignocellulosic materials as novel carriers, also at nanoscale, of organic active principles for agri-food applications.

Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy,. 161-178.
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102426-3.00009-6>

Freire, C., Neto, C., Gandini, A., Fardin, P., & Holmbom, B. (2006).
Caracterización de la superficie por XPS, medidas de ángulo de contacto
y ToF-SIMS de fibras de celulosa parcialmente esterificadas con ácidos
grasos. *Revista de Coloides y la Ciencia de la Interfaz*, 30(1): 205-209.

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (s/f). *Energía Renovables
para todos: Biomasa*. Madrid: Energy management agency.

Galiwango, E., Rahman, N., Al-Marzouqi, A., Abu-Omar, M., & Khaleel, A. (2018).
Klasson Method: An Effective Method for Isolation Of Lignin Fraction from
Date Palm Biomass Waste. *Chemical and Process Engineering Research*,
58, 46-58.

Galiwango, E., Rahman, N., Al-Marzouqi, A., Abu-Omar, M., & Khaleel, A.
(2019). Isolation and characterization of cellulose and alfa-cellulose from
date palm biomass waste. *Heliyon*, 5(12), 1-8.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02937>

Gallezot, P. (2007). Rutas catalíticas de renovables a productos químicos finos.
Catalysis Today, 76-91.

Gamarra, L. (2016). Aptitud de las fibras del mesocarpio de la Palma Aceitera
(*Elaeis guineensis* Jacq.) para la elaboración de tableros fibrocemento.
Lima.

Garces, I., & Cuellar, M. (1997). Productos derivados de la Industria de la Palma
de Aceite. Usos. *Revista Palmas*, 18 (1): 33-48.

- García , A. (2014). *F0352 Acondicionamiento de la carne para su comercialización*. España : ELEARNIG S.L.
- García, I. (2017). Determinación de Concentración óptima de ácido acético en la elaboración de plásticos biodegradables a partir del almidón de cascara de plátano (*Musa paradisiaca*). Pucallpa, Coronel Portillo, Perú.
- García, I., Cardenas, M., & Yañez, E. (2010). Generación y uso de biomasa en plantas de beneficio de palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 31 (2): 41-48.
- García, J., García, M., & Das, K. (2008). Determination of Kinetic Parameters of Thermal Degradation of Palm Oil Mill By-Products Using Thermogravimetric Analysis and Differential Scanning Calorimetry. *PALMAS*, 29(4), 31-45.
- Gomez, A., Klose, W., & Rincon, S. (2008). *Pirolisis de Biomasa, cuesco de palma*. Colombia: Kassel.
- Gomez, A., Klose, W., & Rincón, S. (2010). *Carbon activado de cuesco de palma: Estudio de termo gravimetria y estructura*. Bogotá: Kassel.
- Gonzales, A., Pataquiva, A., & Garcia, J. A. (2021). Recovery of palm phytonutrients as a potential market for the by-products generated by palm oil mills and refineries—A review. *Food Bioscience*, 41, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100916>
- Gonzales, K., Daza, D., Caballero, P., & Martinez, C. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y Químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna Azul*, 499-517.

- Gross, R., & Kalra, B. (2002). Polimeros biodegradables para el medio ambiente. *Science*, 803-807.
- Hamid, S., & Zain, S. (2014). Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose: Structure and Chemical Process. *The Scientific World Journal*, 1-21. doi:<https://doi.org/10.1155/2014/631013>
- Hamzah, F., Idris, A., & Shuan, T. (2011). Preliminary study on enzymatic hydrolysis of treated oil palm (Elaeis) empty fruit bunches fibre (EFB) by using combination of cellulase and β 1-4 glucosidase. *Biomass and Bioenergy*, 35(3), 1055-1059. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.11.020>
- Hashim, A., Norizan, A., Barahin, K., Zakaria, S., Chia, C., Pottast, A., . . . Jaafar, S. (2020). In-depth characterization of cellulosic pulps from palm empty fruit bunches and kenf core, dissolution and preparation of cellulose membranes. *Cellulose Chemistry and Technology*, 54, 643-642. doi:[doi:10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.63](https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.63)
- Hashim, A., Norizan, A., Barahin, K., Zakaria, S., Chia, C., Potthast, A., . . . Jaafar, S. (2020). In-depth characterization of cellulosic pulps from oil palm empty fruit bunches and kenaf core, dissolution and preparation of cellulose membranes. *Cellulose Chemistry and Technology*, 54, 643-652. doi:[10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.63](https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2020.54.63)
- Heack, C. (26 de Julio de 2018). Lucha contra los plasticos desechables: ¿cuanto han avanzado el Perú y otros paises de Latinoamerica. (Mongabay, Entrevistador)

- Ibrahim, M. N., Chuah, S., & Pinang, P. (2004). Characterization of lignin precipitated from the soda black liquor of oil palm empty fruit bunch fibers by various mineral acids. *ASEAN Journal on Science & Technology for Development*, 21, 57-67. doi:<https://doi.org/10.29037/ajstd.92>
- IICA. (2010). *Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiesel*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San Jose: Orlando Vega.
- Ilyas, R., Sapuan, S. M., & Ishak, M. R. (2018). Isolation and characterization of nanocrystalline cellulose from sugar palm fibres (Arenga Pinnata). *Carbohydrate Polymers*, 181, 1038-1051. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.045>
- IndexMundi. (2020). *Estimaciones para 2020 de IndexMundi basadas en datos del Departament de Agricultura de los Estados Unidos*. Obtenido de <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil&graph=area-harvested-growth-rate>
- Islam, S., Kao, N., Bhattacharya, S., Gupta, R., & Choi, H. (2018). Potential aspect of rice husk biomass in Australia for nanocrystalline cellulose production. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(3), 465-476. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.07.004>
- JUNPALMA. (2016). *JUNPALMA*. Obtenido de <https://junpalmaperu.org/publicacion/estadistica-de-la-palma-aceitera-al-2014>

- Kunaver, M., Anzlovar, A., & Zagar, E. (2016). The fast and effective isolation of nanocellulose from selected cellulosic feedstocks. *Carbohydrate Polymers*, 148, 251-258. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.076>
- Lee, J., Usman, M., Tian, H., Ee, A., Yang, E., Dai, Y., . . . Ahring, B. (2020). Improving methane yield of oil palm empty fruit bunches by wet oxidation pretreatment: Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion conditions and the associated global warming potential effects. *Energy conversion and management*, 225, 2-6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113438>
- León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. San Jose: Rosa Varas.
- Lopez, G. (Setiembre de 2012). Ventajas y desventajas de los plastocps degradables para su aplicacion en la agricultura sustentable o ecologica. Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Mejia, M. (2012). Elboarción de tableros aglomerados auto-adheridos a partir de fibra de raquis de palma africana. Quito, Ecuador .
- MINAGRI. (2016). Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de la Palma Aceitera en el Perú (2016-2025). Perú.
- MINAGRI. (2018). Perú, produccion, superficie cosechada de Palma Aceitera segun región, 2018. Perú.
- Miranda, E. (2012). *Aprovechamiento y efecto del escobajo de palma aceitera (Elaeis guineensis, Jacq), como fuente orgánica en plantaciones de 7 años, en la producción de racimo fresco en el distrito de Campo Verde - Región Ucayali*. Ucayali: El Cid Editor.

- Miranda, E., & Panduro, G. (2014). Determinacion del tiempo de descomposicion del escobajo de Palma aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacq) bajo condiciones ambientales. *TZHOECOEN*, 181-182.
- Miranda, E., & Panduro, G. (2014). Determinacion del tiempo de descomposicion del escobajo de Palma aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacq) bajo condiciones ambientales. *TZHOECOEN*, 181-182.
- Mohammed, M., Salmiaton, A., Wan, W., Mohammad, M., I-Razi, F., & Taufiq-Yap, Y. (2011). Hydrogen rich gas from oil palm biomass as a potential source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 1258-1270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.10.003>
- Molina, P., Lorenzo, A., Velazco, M., Tarraga, A., Alajarin, M., Lidon, J., & Guirado, A. (1991). *Practicas de química organica*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Moncada, O., & Castro, S. (2016). CARACTERIZACIÓN DE MEZCLAS DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS, RAQUIS DE PALMA AFRICANA Y BAGAZO DE CAÑA, PARA VISUALIZAR SU POTENCIAL EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL DE SEGUNDA GENERACIÓN. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Moneo, R., Alvarez, J., Cazes, D., Ungaro, L., Lozada, J., Lopez, A., . . . Carrason, A. (2000). *Cursos sobre el patrimonio histórico*. Reinosa: Universidad de Cantabria.

Montoya, J. (2013). *Pirólisis rápida de biomasa*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Moreno, J., Moral, R., Garcia, J., Pacual, J., & Bernal, M. (2014). *De residuo a recurso, el camino hacia la sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Mund Prens.

Murata, Y., Tanaka, R., Fujimoto, K., Kosugi, A., Arai, T., Togawa, E., . . . Mori, Y. (2013). Development of sap compressing systems from oil palm trunk. *Biomass and Bioenergy*, 51, 8-16. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.12.007>

NEGASUS. (2017). *Plan de Negocios. Instalacion de plantaciones de Palma aceitera en la Region Ucayali*.

Ng, C. Y., Khoo, L. H., Ng, L. Y., Ong, C. B., Mahmoudi, E., Rohani, R., & Mohammad, A. (2020). Novel polyethersulfone-cellulose composite thin film using sustainable empty fruit bunches from *Elaeis guineensis* for methylene blue removal. *Polymer Testing*, 86, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106494>

Ng, M., Verma, D., Sabu, T., & Goh, K. (2019). Characteristics of johorean *Elaeis guineensis* oil palm kernel shells: Elasticity, thermal stability, and biochemical composition. *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy*, 75-86. doi:[https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102426-3.00004-](https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102426-3.00004-7)

7

- Onuorah, E., Nwabanne, J., & Nnabuiife, E. (2015). Pulp and paper making potentials of *elaeis guineensis* (oil palm) grown in south east, Nigeria. *World Jjournal of Engineering*, 12(1), 1-12.
- Organizacion de las Naciones Unidas. (2018). Prohibicion de plástico de un solo uso, conjunto de directrices para la sostenibilidad.
- Ortiz, R., & Fernandez, O. (1994). *El cultivo de la Palma Aceitera*. San Jose: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Ortiz-Serna, P., Carsí, M., Culebras, M., Collins, M. N., & Sanchis, M. J. (2020). Exploring the role of lignin structure in molecular dynamics of lignin/bioderived thermoplastic elastomer polyurethane blends. *Interational Journal of Biological Macromolecules*, 158, 1369-1379. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.261>
- Ozbay, N., Yargic, A. S., Yarbay, R. Z., & Yaman, E. (2019). Valorization of banana peel waste via in-situ catalytic pyrolysis using Al-Modified SBA-15. *Renewable Energy*, 140, 633-646. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.071>
- Pereira, P. H., Souza, N., Ornaghi, H., & Rosas, M. (2020). Análisis comparativo de diferentes extracciones sin cloro en fibra de mesocarpio de palma aceitera. *Cultivos y productos industriales*, 150, 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112305>
- Pettersen, R. (1984). La composicion quimica de la madera. *Avances en Quimica*, 57-126.

- Phanthong, P., Reubroycharoen, P., Hao, X., Xu, G., Abudula, A., & Guan, G. (2018). Nanocellulose: Extraction and application. *Carbon Resources Conversion*, 1(1), 32-43. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crcon.2018.05.004>
- Pretell, V., & Erazo, R. (2019). Evaluation of the physicochemical and thermogravimetric properties of three Peruvian biomasses for their energetic use. *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities"*, (págs. 1-9). Jamaica. doi:<https://dx.doi.org/10.18687/2FLACCEI2019.1.1.282>
- Prinsen, P. (2010). Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. Sevilla, Andalucía, España.
- Ramirez, N., Arévalo, A., & Garcia, J. (2015). Inventory of Available Biomass in Oil Palm Mills and Physicochemical Characterization of Empty Fruit Bunches (EFB) in Colombia. *Revista Palmas*, 36(4), 41-54.
- Ramos, I. (2017). Caracterización química de tres residuos lignocelulósicos generados en la región del Cantón Alausí. *Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 20(40), 80-85. doi:<https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14393>
- Rana, V., Malik, S., Joshi, G., Kumar, N., & Gupta, P. (2021). Preparación de alfa celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar y su cationización: Síntesis, caracterización, validación y aplicación como aditivo húmedo. *International Journal of Biological Macromolecules*, 170, 793-809. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.165>

- Retto-Hernandez, p., Rojas, M. L., Lescano, L., Sanchez-Gonzales, J., & Linares, G. (2020). Lignocellulosic agroindustrial waste in Peru: potential for bioethanol, energy, and reduction of CO2 emission. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable* (págs. 1 - 10). Buenos Aires: Ciencia Medioambiental. doi:<https://doi.org/10.18687/laccei2020.1.1.463>
- Romero, E., Montero, G., Toscano, L., Pérez, L., Torres, R., & Beleño, T. (2014, Octubre 9). Determinación de los principales componentes de la biomasa lignocelulosica; celulosa, hemicelulosa y lignina de la paja de trigo para su posterior pretratamiento biológico.
- Ruiz, J. (2015). Potencial energético de los residuos solidos de caña (*Saccharum officinarum* L) y cacao (*Theobroma cacao* L) en las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo, Region Ucayali; 2015. Pucallpa, Coronel portillo, Perú.
- Saadiah, H., Samsu, A., Noriznan, M., Nadia, F., Afandi, M., & Wakisaka, M. (2021). Enhanced laccase production for oil palm biomass delignification using biological pretreatment and its estimation at biorefinary scale. *Biomass and Bioenergy*, 144, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105904>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105904>
- Sakeri, S. H., Mohamad, M. N., Umar, K., Yaqoob, A., Azmi, M., Hussin, M., . . . Abdul, M. (2020). Preparation and characterization of nanosized lignin from oil palm (*Elaeis guineensis*) biomass as a novel emulsifying agent.

International Journal of Biological Macromolecules, 164, 3114-3124.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.08.181>

Sanchez, A., Gutierrez, A., Muñoz, & Rivera, C. (2010). Produccion de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulosicos. *TUMGABA*, 1(5), 61-91.

Sebastian, F., Garcia, D., & Rezeau, A. (2010). *Energia de la biomasa*. Zaragoza: Prensas universitarias de Zaragoza.

Serrano, H., Martin, L., & Pelacho, A. (2021). Biodegradable plastic mulches: Impact on the agricultural biotic environment. *Science of The Total Environment*, 750, 1-15.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141228>

Shen, X., & Sun, R. (2021). Recent advances in lignocellulose prior-fractionation for biomaterials, biochemicals, and bioenergy. *Carbohydrate Polymers*, 261, 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117884>

SPDE. (Mayo de 2018). Análisis Situacional de los principales commodities peruanos con riesgo a la deforestacion. Lima, Lima, Perú.

Sukyai, P., Anongjanya, P., Bunyahwuthakul, N., Kongsin, K., Harnkarnsujarit, N., Sukatta, U., . . . Chollakup, R. (2018). Effect of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse on whey protein isolate-based films. *Food Research International*, 107, 528-535.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.052>

Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiologia vegetal*. España: Sinauer Associates.

- Talero, G., Rincon, S., & Gómez, A. (2019). Torrefaction of oil palm residual biomass: Thermogravimetric characterization. *Fuel*, 242, 496-506. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.01.057>
- TAPPI 212. (2002). El uno porciento de solubilidad dehidroxido de sodio en la madera y pulpa.
- TAPPI T 212. (2002). El uno porciento de solubilidad de hidroxido de sodio en la madera y pulpa.
- TRANSBIOMA. (2012). Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad. Madrid.
- Tye, Y., Leh, C., & Abdullah, W. (2017). Total glucose yield as the single response in optimizing pretreatments for *Elaeis guineensis* fibre enzymatic hydrolysis and its relationship with chemical composition of fibre. *Renewable Energy*, 114, 383-393. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.040>
- Universidad Austral de Chile. (1988). *Bosque*. Chile.
- USAID. (2012). *Cambio de uso de suelos por agricultura a gran escala en la amazonia andina: El caso de la Palma aceitera*. Lima: NEGRAPATA SAC.
- Van, D. (2016). Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa. *Palmas*, 149-1596.
- Vargas, E., & Zumbado, M. (2003). Composición de los subproductos de la industrialización de la Palma Africana utilizados en la alimentacion animal en Costa Rica. *Agronomia Costarricense*, 27(1), 7-18.

- Vasquez, D., & Vasquez, M. (2002). Transformacion de materiales lignocelulosicos. Composicion , fraccionamiento y aprovechamiento. *Revista de Agroquimica y tecnologia de alimentos*, 31(2): 143-164.
- Woittiez, L., Van Mijk, M., Slingerland, M., Van Noordwijk, M., & Giller, K. (2017). Brechas de rendimiento en la palma de aceite: una revisión cuantitativa de los factores contribuyentes. *European Journal of Agronomy*, 83, 57-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.11.002>
- Zhang, C., Mo, J., Fu, Q., Liu, Y., Wang, S., & Nie, S. (2021). Wood-cellulose-fiber-based functional materials for triboelectric nanogenerators. *Nano Energy*, 81, 1-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.105637>

ANEXO

Anexo I. Resultado de los análisis estadísticos

1.1. Distribución normal de las poblaciones

NOTA: Se emplea la prueba de shapiro wilk si $N^{\circ} < 50$; Kolmogorov Smirnov si $N^{\circ} > 50$

Tabla 15. Análisis estadístico del escobajo y fibra del fruto de Palma aceitera – Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
Tipo	Kolmogorov-Smirnov ^a				Shapiro-Wilk		
	Estadístic		Sig.		Estadístic		Sig.
	o	gl			o	gl	
Celulosa	Escobajo	,182	10	,200*	,937	10	,525
	Fibra	,199	10	,200*	,892	10	,180
Hemicelulosa	Escobajo	,218	10	,194	,869	10	,099
	Fibra	,226	10	,161	,896	10	,197
Lignina	Escobajo	,209	10	,200*	,954	10	,720
	Fibra	,265	10	,045	,872	10	,104
Humedad inicial	Escobajo	,196	10	,200*	,953	10	,700
	Fibra	,190	10	,200*	,902	10	,233
Humedad de análisis	Escobajo	,428	10	,000	,612	10	,000
	Fibra	,165	10	,200*	,958	10	,758
Solubilidad agua caliente	Escobajo	,311	10	,007	,801	10	,015
	Fibra	,313	10	,006	,731	10	,002
Solubilidad en hidróxido de sodio	Escobajo	,216	10	,200*	,921	10	,364
	Fibra	,149	10	,200*	,975	10	,931

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

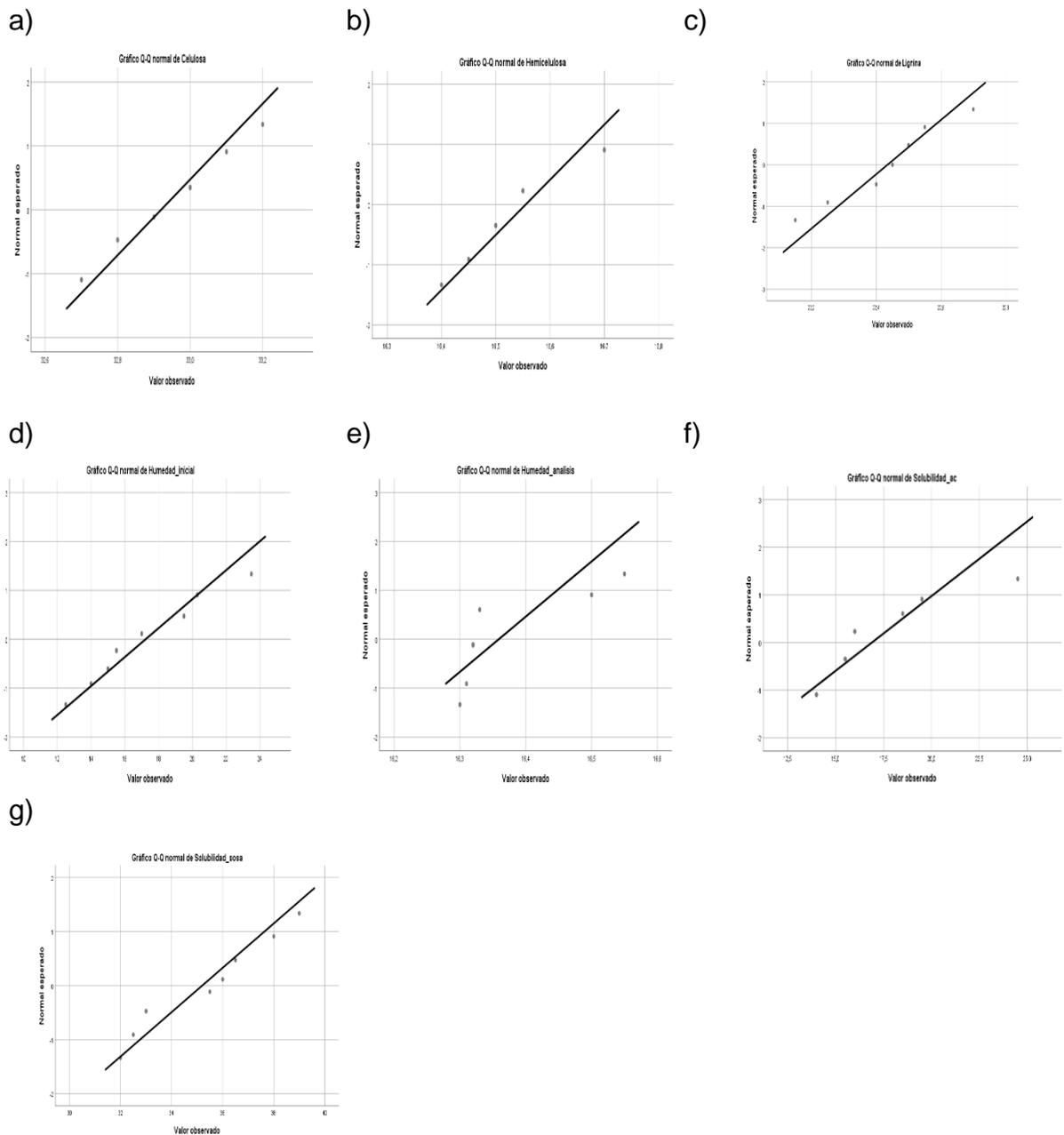


Figura 19. Gráficos de normalidad para (a) celulosa, (b) lignina, (c) Hemicelulosa, (d) Humedad inicial, (e) humedad de análisis, (f) solubilidad en agua caliente y (g) solubilidad en sosa del escobajo de palma aceitera

El nivel de significancia (p) es mayor de 0,05 en todos los análisis por lo que se asumen que tienen distribución normal a excepción de la humedad de análisis y solubilidad en agua caliente cuyo p valor es menor a 0,05, mostrando que no tiene distribución normal.

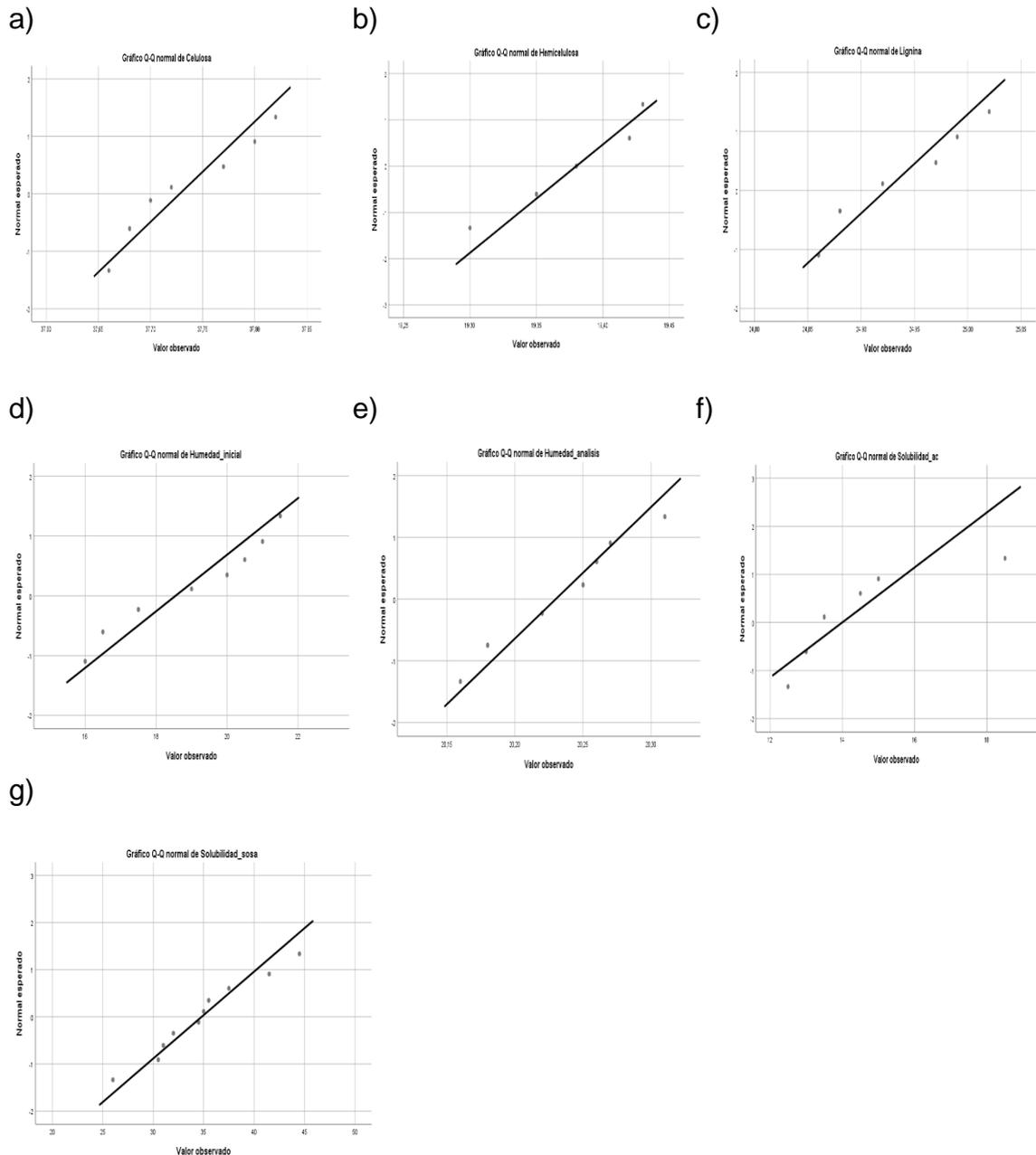


Figura 20. Gráficos de normalidad para (a) celulosa, (b) lignina, (c) Hemicelulosa, d) Humedad inicial, e) humedad de análisis, f) solubilidad en agua caliente y g) solubilidad en sosa de la fibra del fruto de palma aceitera

El nivel de significancia p-valor es mayor a 0,05 en todos los casos, entonces se asumen que la distribución de las variables es normal a excepción de la solubilidad en agua caliente cuyo p-valor < 0,05 lo que indica que no existe distribución normal de los valores.

Anexo III. Toma y tratamiento de muestras de escobajo y fibra del fruto de palma aceitera

3.1. Recolección y triturado de la materia prima



Figura 21. Escobajo de palma aceitera, residuo de ACP, industria INDOLMA S.A



Figura 22. Fibra del fruto de palma, residuo obtenido de la extracción del ACP, Industria INDOLMA S.A



Figura 24. Proceso de trituración de las muestras de escobajo y fibra de palma aceitera, en los laboratorios de la UNU



Figura 23. Muestra triturada de la biomasa de *Elaeis guineensis* Jacq

3.1. Análisis de humedad inicial



Figura 26. Pesado de muestras para la determinación de la Humedad inicial



Figura 25. Determinación de humedad inicial utilizando la metodología ATMS D 644-99

3.2. Análisis de solubilidad

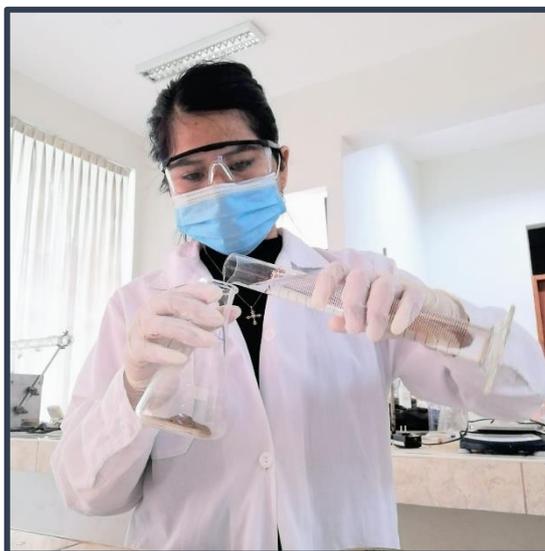


Figura 27. Mezcla de 100 ml de Hidróxido de Sodio al 1% a la muestra inicial libre de humedad de 2 gr.



Figura 28. Mezcla de la muestra con el Hidróxido de Sodio



Figura 30. Calentamiento de la muestra por 60 min



Figura 29. Filtración de la muestra, añadiendo 100 ml agua caliente



Figura 31. Solución de Ácido acético



Figura 32. Lavado de muestra con agua caliente



Figura 33. Secado de muestras finales a 105°C en el horno



Figura 34. Desechado de muestra final para su peso final

3.3. Sellado de muestras para envío para sus análisis químicos



Figura 35. Pesado y rotulado de las muestras para análisis de Celulosa, Hemicelulosa y Lignina del escobajo y fibra de Palma aceitera



Figura 36. Sellado herméticamente de 300 gr para cada tipo de análisis se destinó al laboratorio

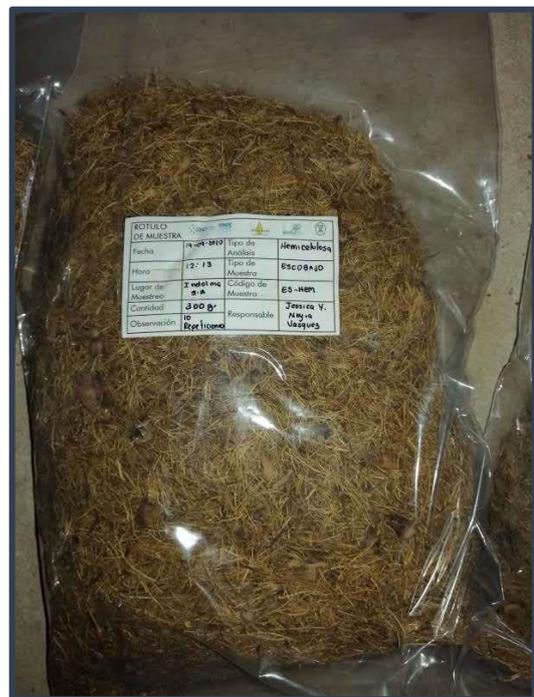


Figura 37. Muestras colocadas en bolsas herméticas, evitando el ingreso de agentes extraños que puedan alterar los resultados

Análisis de celulosa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



INFORME DE ANÁLISIS LASACI / UNT

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
MUESTRA	: ESCOBAJO
CÓDIGO DE MUESTRA	: ES - CEL
TAMAÑO DE MUESTRA	: 300 gramos
PROCEDENCIA	: INDOLMA S.A.
FECHA DE INGRESO	: 24 DE SETIEMBRE DEL 2020
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS DE MUESTRA

REPETICIÓN	UNIDADES	RESULTADO	DETERMINACIÓN
R1	%	33.20	ANÁLISIS DE CELULOSA
R2	%	32.70	
R3	%	32.80	
R4	%	33.00	
R5	%	32.90	
R6	%	32.80	
R7	%	33.00	
R8	%	32.70	
R9	%	33.10	
R10	%	33.00	

*Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa por cromatografía líquida de alta resolución HPLC

Ing. Carlota Véliz Micoletta
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

0949959632 / 933623974

Escaneado con CamScanner

Análisis de Hemicelulosa

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION		
LASACI			
INFORME DE ANÁLISIS LASACI / UNT			
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI			
MUESTRA : ESCOBAJO			
CÓDIGO DE MUESTRA : ES - HEM			
TAMAÑO DE MUESTRA : 300 gramos			
PROCEDENCIA : INDOLMA S.A.			
FECHA DE INGRESO : 24 DE SETIEMBRE DEL 2020			
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO			
ANÁLISIS DE MUESTRA			
REPETICIÓN	UNIDADES	RESULTADO	DETERMINACIÓN
R1	%	16.55	ANÁLISIS DE HEMICELULOSA
R2	%	16.70	
R3	%	16.45	
R4	%	16.70	
R5	%	16.40	
R6	%	16.50	
R7	%	16.50	
R8	%	16.70	
R9	%	16.55	
R10	%	16.50	
<i>*Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa por cromatografía de alta resolución HPLC</i>			
			 Dr. Carlos A. Valqui Mendoza DIRECTOR LASACI
AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL			
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA			
G 949959632 / 933623974			

Escaneado con CamScanner

Análisis de lignina

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION		
LASACI			
INFORME DE ANÁLISIS LASACI / UNT			
SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI		
MUESTRA	: ESCOBAJO		
CÓDIGO DE MUESTRA	: ES - LIG		
TAMAÑO DE MUESTRA	: 300 gramos		
PROCEDENCIA	: INDOLMA S.A.		
FECHA DE INGRESO	: 24 DE SETIEMBRE DEL 2020		
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO			
ANÁLISIS DE MUESTRA			
REPETICIÓN	UNIDADES	RESULTADO	DETERMINACIÓN
R1	%	22.40	ANÁLISIS DE LIGNINA
R2	%	22.15	
R3	%	22.50	
R4	%	22.50	
R5	%	22.45	
R6	%	22.25	
R7	%	22.70	
R8	%	22.55	
R9	%	22.40	
R10	%	22.45	
<i>*Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa por resolución HPLC</i>			
AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL			
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA			
☎ 949959632 / 933623974			
<small>Formateado con CorelDraw®</small>			

Anexo IV. Resultados de laboratorio de la caracterización química de la fibra del fruto de palma aceitera

Análisis de celulosa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

**INFORME DE ANÁLISIS
LASACI / UNT**

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
MUESTRA	: FIBRA DEL FRUTO
CÓDIGO DE MUESTRA	: FR – CEL
TAMAÑO DE MUESTRA	: 300 gramos
PROCEDENCIA	: INDOLMA S.A.
FECHA DE INGRESO	: 24 DE SETIEMBRE DEL 2020
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS DE MUESTRA

REPETICIÓN	UNIDADES	RESULTADO	DETERMINACIÓN
R1	%	37.68	ANÁLISIS DE CELULOSA
R2	%	37.77	
R3	%	37.70	
R4	%	37.66	
R5	%	37.82	
R6	%	37.68	
R7	%	37.72	
R8	%	37.77	
R9	%	37.68	
R10	%	37.80	

*Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa por cromatografía líquida de alta resolución HPLC



Ing. Carlos A. Páez Nolasca
DIRECTOR LASACI

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBÓN - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

Análisis de Hemicelulosa

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION		
LASACI			
INFORME DE ANÁLISIS LASACI / UNT			
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI			
MUESTRA : FIBRA DEL FRUTO			
CÓDIGO DE MUESTRA : FR - HEM			
TAMAÑO DE MUESTRA : 300 gramos			
PROCEDENCIA : INDOLMA S.A.			
FECHA DE INGRESO : 24 DE SETIEMBRE DEL 2020			
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO			
ANÁLISIS DE MUESTRA			
REPETICIÓN	UNIDADES	RESULTADO	DETERMINACIÓN
R1	%	19.42	ANÁLISIS DE HEMICELULOSA
R2	%	19.35	
R3	%	19.38	
R4	%	19.30	
R5	%	19.43	
R6	%	19.42	
R7	%	19.35	
R8	%	19.42	
R9	%	19.38	
R10	%	19.35	
<i>*Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosas por cromatografía líquida de alta resolución HPLC</i>			
			 DR. Carlos Valqui Mendocino DIRECTOR LASACI
AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBÓN - CAL			
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA			
0 949959632 / 933623974			

Análisis de Lignina



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



INFORME DE ANÁLISIS LASACI / UNT

SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
MUESTRA	: FIBRA DEL FRUTO
CÓDIGO DE MUESTRA	: FR - LIG
TAMAÑO DE MUESTRA	: 300 gramos
PROCEDENCIA	: INDOLMA S.A.
FECHA DE INGRESO	: 24 DE SETIEMBRE DEL 2020
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

ANÁLISIS DE MUESTRA

REPETICIÓN	UNIDADES	RESULTADO	DETERMINACIÓN
R1	%	24.88	ANÁLISIS DE LIGNINA
R2	%	24.97	
R3	%	24.86	
R4	%	24.86	
R5	%	24.92	
R6	%	24.88	
R7	%	25.02	
R8	%	24.99	
R9	%	24.88	
R10	%	24.97	

**Metodología analítica para cuantificar el contenido de celulosa por cromatografía líquida de alta resolución HPLC*



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBÓN - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

Q 949959632 / 933623974