

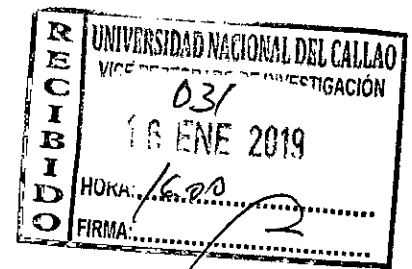
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO



FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

FEB 2019

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
QUIMICA**



INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“HIDRÓLISIS ALCALINA DEL ESCOBAJO DE LA PALMA
ACEITERA (*Elaeis.guineensis*) PARA OBTENER UN SUSTRATO
PREBIÓTICO”**

AUTOR: ALBERTINA DÍAZ GUTIÉRREZ

PROFESOR COLABORADOR: RAYMUNDO M. C. CARRANZA NORIEGA

PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 1 de abril del 2017 al 30 de noviembre del 2018

Resolución Rectoral N° 365-2017-R

CALLAO - PERÚ

2018

I. INDICE

I. INDICE	1
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	9
INDICES DE GRÁFICAS	11
II. RESUMEN Y ABSTRACT	13
2.1 RESUMEN	13
2.2 ABSTRACT	14
III. INTRODUCCIÓN	15
IV. MARCO TEÓRICO	17
4.1 La palma aceitera	17
4.1.1 Clasificación Botánica	21
4.1.2 Inflorescencias	21
4.1.3 Frutos	23
4.1.4 Aceite de Palma	25
4.2 Escobajo de la Palma Aceitera	27
4.3 Material Lignocelulósico	29
4.4 La Fibra del escobajo	32
4.4.1 La Fibra	35
4.5 Pre tratamiento del material Lignocelulósico	36
4.6 Proceso de la hidrolisis de la celulosa y hemicelulosa	36
4.7 Prebióticos	39
4.8 Fermentación del hidrolizado alcalino como sustrato viable	42



4.8.1	Capacidad Celulolítica.....	42
4.8.2	Efecto del medio, temperatura y la concentración del inóculo 42	
4.9	Definición de Términos Básicos.....	42
4.10	Marco Legal.....	45
V.	MATERIALES Y METODOS	48
5.1	Equipos, Materiales y Reactivos de Laboratorio.....	48
5.1.1	Equipos.....	48
5.1.2	Materiales.....	48
5.1.3	Reactivos	49
5.1.4	Implementos de protección	49
5.1.5	Muestras	50
5.2	Población y muestra de la investigación	50
5.2.1	Población	50
5.2.2	Muestra	50
5.3	Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos 51	
5.3.1	Técnicas de recolección de datos	51
5.4	Métodos Estadísticos.....	57
5.5	Metodología.....	58
5.5.1	Acondicionamiento y adecuación de la muestra del escobajo de la palma aceitera	58
5.5.2	Pre-tratamiento del escobajo de la palma aceitera	59
5.5.3	Hidrolisis alcalina del escobajo de la palma aceitera	60
VI.	RESULTADOS.....	63




6.1	Generación de escobajo de la extracción del aceite crudo de palma	63
6.2	Peso promedio de racimo desfrutado de palma aceitera.....	63
6.3	Características del escobajo de la palma aceitera.....	63
6.4	Análisis de la cantidad (ppm) de metales en el escobajo de palma aceitera, base seca(BS)	64
6.5	Determinación de Lignina en el escobajo de palma aceitera.....	64
6.5.1	Efecto del medio alcalino en la reducción de lignina presente en la fibra lignocelulosica del escobajo de la palma aceitera.	64
6.5.2	Determinación de % lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera.....	64
6.6	Determinación de Fibra en el escobajo de palma aceitera	65
6.6.1	Determinación de % de fibra cruda en el escobajo de la palma aceitera.....	65
6.6.2	Determinación del % de fibra soluble en el escobajo de la palma aceitera.....	65
6.7	Análisis del Pre tratamiento de las muestras del escobajo de la palma aceitera.....	65
6.8	Hidrolisis del escobajo de la palma aceitera.....	65
6.9	Determinación de la Cinética de Hidrolisis.....	66
VII.	DISCUSIÓN	67
VIII.	REFERENCIAS.....	71
IX.	APÉNDICE.....	76
9.1	El escobajo como residuo de la extracción del aceite crudo de palma.....	76
9.2	Peso Promedio de racimo de fruta vacío (RFV), escobajo.	76
9.3	Identificación del escobajo de la palma aceitera.....	77




9.4	Determinación del % de humedad de muestra fresca	77
9.5	Determinación del % de grasa del escobajo de palma aceitera .	79
9.6	Determinación del % de ceniza y materia orgánica del escobajo de palma aceitera	80
9.7	Determinación de metales en muestras de escobajo de la palma aceitera, base seca.....	82
9.8	Determinación de lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera.....	83
9.8.1	Efecto del medio alcalino en la reducción de lignina presente en el escobajo de la palma aceitera	83
9.8.2	Determinación de % de lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera.....	84
9.9	Determinación del % de fibra en el escobajo de la palma aceitera	85
9.9.1	Determinación del % de fibra cruda en el escobajo de la palma aceitera	85
9.9.2	Determinación del % de fibra soluble en el escobajo de la palma aceitera.....	86
9.10	Construcción de la curva patrón de azúcares reductores . Método DNS	87
9.11	Evaluación del pretratamiento alcalino y su influencia en la hidrólisis en muestras de escobajos de palma aceitera.....	88
9.12	Hidrólisis del escobajo de la palma aceitera	90
9.12.1	Incidencia de la temperatura y concentración del hidróxido de sodio en la hidrólisis de muestras del escobajo de la palma aceitera	90
9.12.2	Cinética de hidrólisis de muestras de escobajo de la palma aceitera en la formación de azúcares reductores.....	92



X. ANEXOS	97
Matriz de consistencia:	98
Glosario	100
10.3 Caracterización de la fibra de palma	101
10.4 Determinación de Azúcares reductores	102
10.5 Hidrolisis de muestras de escobajo de palma aceitera.	110
10.6 Cinética de hidrólisis del residuo de fibra de palma	112



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 4.1: SUPERFICIE CULTIVADA CON PALMA ACEITERA.....	18
TABLA N° 4.2: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE DIVERSAS BIOMASAS DE PALMA DE ACEITE CRUDO.	32
TABLA N° 4.3: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE VARIAS PARTES DE LA PALMA ACEITERA (% EN PESO).....	33
TABLA N° 4.4: ANÁLISIS PROXIMAL Y DEFINITIVO DE LA FIBRA DE PALMA.....	34
TABLA N° 6.1: ANALISIS DE LA FIBRA DE ESCOBAJO DE PALMA	63
TABLA N° 6.2: ANALISIS DE METALES EN EL ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA	64
TABLA N° 9.1: PESO PROMEDIO DEL ESCOBAJO	77
TABLA N° 9.2: DETERMINACIÓN DEL % DE HUMEDAD DEL	78
TABLA N° 9.3: PORCENTAJE DE HUMEDAD DE MUESTRAS DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA	79
TABLA N° 9.4: PORCENTAJE DE GRASA EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA	80



TABLA N° 9.5: DETERMINACIÓN DE CENIZA EN MUESTRAS DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA	81
TABLA N° 9.6: DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA	81
TABLA N° 9.7: DETERMINACIÓN DE METALES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA, BASE SECA.....	82
TABLA N° 9.8: EFECTO DEL NaOH SOBRE LA FIBRA LIGNOCELULÓSICA DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA PARA LA REDUCCIÓN DE LA LIGNINA	84
TABLA N° 9.9: DETERMINACIÓN DE % LIGNINA EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA.....	85
TABLA N° 9.10: DETERMINACIÓN DEL % DE FIBRA CRUDA EN EL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA	86
TABLA N° 9.11: DETERMINACIÓN DEL % DE FIBRA SOLUBLE EN EL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA	86
TABLA N° 9.12: TABLA PATRÓN: AZÚCARES REDUCTORES, MÉTODO DNS.....	87
TABLA N° 9.13: EVALUACION DEL PRETRATAMIENTO ALCALINO Y SU INFLUENCIA EN LA HIDRÓLISIS.....	89
TABLA N° 9.14: LECTURA DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS	



DE ESCOBAJO HIDROLIZADOS CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.1N AL CONTROL, 4% Y 5% Y TEMPERATURAS A 50°C Y 80°C	91
TABLA N° 9.15: CINÉTICA DE HIDRÓLISIS ALCALINA EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA A 0.1N; AL 0%,3%,4% Y 5%.....	93
TABLA N° 10.1: ANÁLISIS PROXIMAL Y DEFINITIVO DE LA FIBRA DE PALMA.....	101
TABLA N° 10.2: PORCENTAJE DE COMPONENTES DE LAS MUESTRAS DE FIBRA DE PALMA (BASE EN PESO SECO,%).....	102
TABLA N° 10.3: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FIBRA DE RAQUIZ (ESCOBAJO).....	102
TABLA N° 10.4: CURVA PATRÓN: AZUCARES REDUCTORES, MÉTODO SOMOGYI Y NELSON	103
TABLA N° 10.5: LECTURA DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADOS CON HIDROXIDO DE SODIO 0.1 N AL CONTROL, 3%,4% Y 5%.....	104
TABLA N° 10.6: LECTURA DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADOS CON HIDROXIDO DE SODIO 0.1N AL CONTROL, 4% Y 5% Y TEMPERATURAS A 50°C Y 80°C	107




ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 4.1: LOS ACEITES DE PALMA LIDERAN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACEITE Y GRASAS VEGETAL	17
FIGURA N° 4.2: EVOLUCIÓN DE LOS CULTIVOS DE PALMA ACEITERA ENTRE.....	19
FIGURA N° 4.3:AREAS PARA EL DESARROLLO DE LA PALMA ACEITERA	20
FIGURA N° 4.4: PALMA ACEITERA, PLANTA MONOICA.....	23
FIGURA N° 4.5: RACIMOS DE FRUTO DE LA PALMA ACEITERA	24
FIGURA N° 4.6: FRUTO DE LA PALMA ACEITERA.....	24
FIGURA N° 4.7: " UBICACIÓN DE PLANTAS EXTRACTORAS DE ACEITE DE PALMA"	27
FIGURA N° 4.8: RACIMO DESFRUTADO O RAQUIZ O ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA	28
FIGURA N° 4.9: MATERIAL LIGNOCELULOSICO	30
FIGURA N° 4.10: ESTRUCTURA DE MATERIAL CELULÓSICO	31
FIGURA N° 4.11: ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICO.....	34



FIGURA N° 4.12: ESQUEMA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS EN LA
HIDRÓLISIS ALCALINA DE LA LIGNINA..... 39

FIGURA N° 5.1: FIBRA LIGNOCELULÓSICA DEL ESCOBAJO DE LA
PALMA ACEITERA..... 51



INDICES DE GRÁFICAS

GRAFICA N° 4.1: COMPONENTES DE BIOMASA LIGNOCELULOSICA ..	29
GRAFICA N° 6.1: CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO	66
GRAFICA N° 9.1: PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS	78
GRAFICA N° 9.2: CURVA PATRÓN: AZÚCARES REDUCTORES, MÉTODO DNS.....	88
GRAFICA N° 9.3: CRECIMIENTO BACTERIANO PARA DISTINTOS PRETRATAMIENTOS E HIDROLIZADOS EN MUESTRAS DE ESCOBAJOS HIDROLIZADOS	90
GRAFICA N° 9.4: CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO	92
GRAFICA N° 9.5: CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO POR MINITAB	94
GRAFICA N° 9.6: REGRESIÓN CUBICA DE LA CINETICA DE HIDROLISIS AL 5% POR MINITAB	95
GRAFICA N° 10.1: CURVA PATRÓN: AZUCARES REDUCTORES, MÉTODO SOMOGYI Y NELSON	103

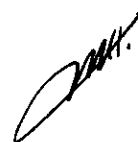
GRAFICA N° 10.2: CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO	110
GRAFICA N° 10.3: CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO	111
GRAFICA N° 10.4: CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO	111
GRAFICA N° 10.5: CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO	112
GRAFICA N° 10.6: PRETRATAMIENTO DOBLE EN EL RENDIMIENTO DE HIDRÓLISIS DEL RESIDUO DE FIBRA DE PALMA	112



II. RESUMEN Y ABSTRACT

2.1 RESUMEN

La producción de aceites y grasas vegetales generan abundante material lignocelulósico, tanto en el proceso como en la extracción. El racimo de fruta fresca de la palma aceitera contiene el 24% de aceite crudo y el escobajo representa del 22 - 25%/ TN de fruta, en la Región Ucayali este residuo no se procesa generando un problema ambiental. Los residuos lignocelulosicos tienen una estructura compleja constituidos por celulosa (25-40%), hemicelulosa (15-20%) y lignina (20-25%) y otros componentes solubles, la hidrólisis alcalina constituye una alternativa para aprovechar este material, por lo que se justifica optimizar los parámetros de la hidrólisis alcalina de las fracciones celulósica y lignocelulósica presente en la escobajo de la palma aceitera para obtener un sustrato prebiótico. La fibra del escobajo de palma aceitera, limpia y seca, fue pre tratada con NaOH a la temperatura de 50°C por 6 horas y a 80°C por 2 horas, a 0.3 , 0.4 y 0.5 N , luego se lavó hasta pH neutro, se seca y se muele; la selección de temperatura de hidrólisis alcalina se efectuó al 4% y 5 %, a 50°C y 80°C por 6 y 2 horas respectivamente; en la determinación de la cinética de hidrólisis alcalina se utilizó NaOH al (3, 4 y 5)% a la temperatura de 80°C; se caracteriza a la fibra del escobajo mediante la humedad 9.786 % \pm 0.10017, grasa 9.134 \pm 1.951 ceniza 4.784% \pm 0.3797, lignina 29,927% \pm 4,338 y fibra cruda 32.57% \pm 1,76. El pretratamiento a 0.3 N y 40°C alcanzo la mayor reducción de lignina de 20.95% \pm 1.01. La relación optima de 2g muestra/50 ml de solución de NaOH al 5% a la temperatura de 80°C logra la mayor conversión en azúcares reductores y la regresión de la curva cinética fue de $R^2=0.981$ para un 3er orden de la hidrólisis alcalina, que asegura las cualidades del prebiótico que se obtiene a partir del sustrato del escobajo, por su contenido de fibra cruda y el porcentaje de asimilables, viable a las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae*.



2.2 ABSTRACT

Vegetable, fat and oil production generate considerable amounts of lignocellulosic material, throughout the whole process as well as during extraction. Fresh oil palm fruit raceme has 24% crude oil and stalk constitutes around 22-25% per Ton of fruit. In Ucayali region this residue is not processed which has a negative environmental impact. Lignocellulosic residues have a complex structure made up by cellulose (25-40%), hemicellulose (15-20%), lignine (20-25%) and other soluble components, alkaline hydrolysis is an alternative way to take advantage of this material. therefore optimization of the parameters of alkalyne hydrolysis of cellulosic and lignocelulosic fractions present in the oil palm stalk to obtain a prebiotic substrate is justified. Oil palm stalk fiber, clean and dry, was pre-treated with NaOH at 50°C for 6 hours and at 80°C for 2 hours at 0.3, 0.4 and 0.5N, afterwards it was washed until neutral pH is achieved, then dried and ground; alkalyne hydrolysis temperature selection was made at 4% and 5%, at 50°C and 80°C for 6 and 2 hours, respectively; in the determination of alkaline hydrolysis kinetics NaOH at (3, 4 and 5)% was used at the temperature of 80 °C; stalk fiver is characterized by humidity 9.786% ±0.10017, fat 9.134 ±1.951, ashes 4.784% ±0.3797, lignine 29,927% ±4,338 y crude fiber 32.57% ±1,76. Pre-treatment at 0.3 N and 40 °C achieved the highest lignin reduction of 20.95% ± 1.01. The optimal ratio of 2g sample/50 ml of 5% NaOH solution at the temperature of 80 ° C achieves the highest conversion in reducing sugars and the regression of the kinetic curve was $R^2 = 0.981$ for a 3rd order of alkaline hydrolysis, which ensures the qualities of the prebiotic obtained from the substrate of the stalk, for its crude fiber content and the percentage of assimilables, viable to the yeasts of *Saccharomyces cerevisiae*.

III. INTRODUCCIÓN

El Perú viene desarrollando la palmicultura y su incremento es significativo porque el año 2016 se tenía 86,255 hectáreas de palma aceitera, según la Junta Nacional de Palma Aceitera del Perú y para el año 2017 fue de 89,100 hectáreas, que representa aproximadamente 260,000 toneladas de aceite crudo de palma que fueron extraídos de 1'100.000 toneladas de racimos frescos de fruto (RFF), dejando como residuo el 75% de este peso y el escobajo representa un alto porcentaje de este residuo y a la fecha solo se aprovecha como abono orgánico que se aplica a las mismas plantaciones.

El escobajo es un material celulósico y lignocelulósico que se genera como residuo en el proceso de extracción del aceite crudo del racimo de fruto fresco de la palma aceitera; por cada tonelada de RFF se obtiene el 24% de aceite crudo y el 22% de racimo de fruto vacío. En la región Ucayali vienen operando 10 plantas extractoras con una producción aproximada de 70,000 TM/año de aceite crudo de palma, y constituye la actividad más importante de esta región.

El objetivo del presente trabajo es optimizar los parámetros de la hidrólisis alcalina de la fracción celulósica y lignocelulosa presentes en el escobajo de la palma aceitera para obtener un sustrato prebiótico. La presencia de lignina en el escobajo es significativa por lo que se requiere minimizar sus efectos en el proceso de la hidrólisis alcalina que es una alternativa para el beneficio de la fibra celulósica y lignocelulósico presente en el escobajo de la palma aceitera y aprovechar los nutrientes como los carbohidratos, fibra solubles y fibra cruda y minerales, lo que puede constituir un beneficio para las empresas extractoras de aceite de palma al darle otra categoría a este residuo, evitando inversión en su manejo y gestión.

Es de relevante importancia caracterizar los componentes del escobajo que se obtiene después del proceso de extracción del aceite crudo de palma para diseñar la etapas de acondicionamiento de la muestra, el pre-tratamiento



alcalino y lograr una mayor remoción de la lignina de la biomasa lignocelulósica para optimizar la hidrólisis alcalina de la estructura tan compleja de este material que consta de tres polímeros: celulosa (40-50%) y la hemicelulosa (20-30%) y uno fenólico la lignina (10-25%) (Malherbe & Cloete, 2002), para transformar estos componentes en unidades manométricas en glucosa y otros. El estudio de la hidrólisis alcalina del escobajo de la palma aceitera y la optimización de los parámetros del proceso permite obtener un sustrato con propiedades prebióticas, logrando mayor conversión de los componentes celulósicos y lignocelulósico en azúcares reductores.

A partir de los resultados de esta investigación se puede utilizar industrialmente el escobajo de la palma aceitera para elaborar un alimento prebiótico con buenos beneficios para el funcionamiento del tracto digestivo y la metodología que se ha desarrollado es trascendente para la hidrólisis de otros materiales con similares características.



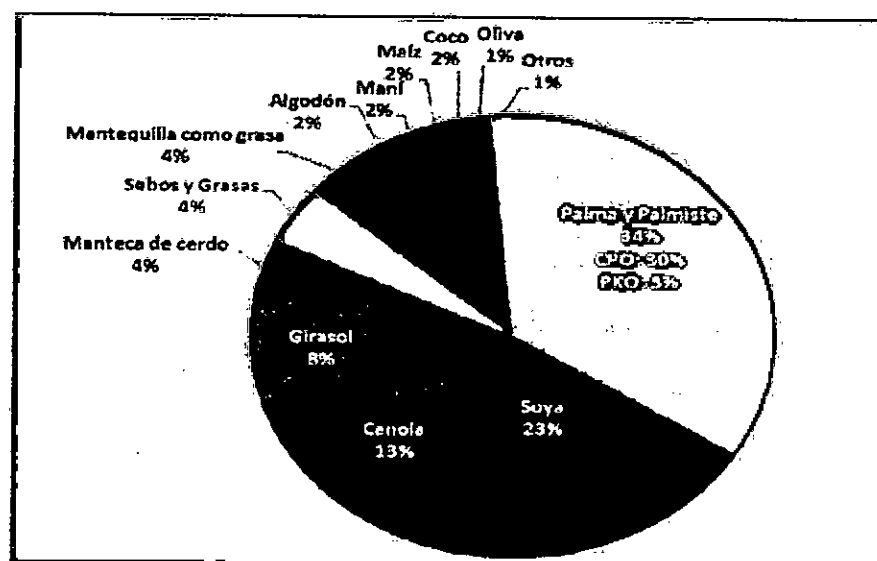
IV. MARCO TEÓRICO

4.1 La palma aceitera

La palma de aceite o africana es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Palmaceae; es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie (Mingorance, Minelli, & Le Du, 2004). La palma africana (o aceitera) “es una planta originaria de la zona tropical húmeda de África” (Sokoudjou, 2001) que gracias al “boom” de los biocombustibles hoy en día se está esparciendo por muchas zonas del mundo, ha sido exportada a varias partes del mundo y cruzada con especies locales para crear híbridos que incrementan el nivel de producción. La palma africana necesita condiciones climáticas y de terreno (condiciones edafo-climáticas) muy específicas para una producción ideal: las zonas tropicales del mundo resultan ser particularmente apropiadas para su cultivo (Mingorance et al., 2004)

FIGURA N° 4.1

LOS ACEITES DE PALMA LIDERAN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACEITE Y GRASAS VEGETAL



Fuente: (Fedepalma, 2015)

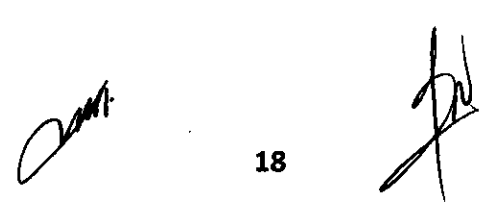
y según (C. Borrero, 2007) la palma de aceite es un cultivo tropical, tanto en su origen como en su expansión y desarrollo a lo largo de siglos, su mejor adaptación se encuentra en la franja ecuatorial, entre 15 grados de latitud norte y sur, donde las condiciones ambientales son más estables.

Según el informe del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, la producción mundial de palma aceitera en el 2017 asciende a 64.5 millones de toneladas, y en el Perú se estima que hay más de 77,537 mil hectáreas sembradas hasta (JUNPALMA PERU, 2014), ver Tabla N° 4.1, áreas sembradas, en producción y plántones en vivero. En la Figura N°4.1 también se expone el crecimiento del cultivo de palma aceitera en el Perú.

TABLA N° 4.1
SUPERFICIE CULTIVADA CON PALMA ACEITERA, POR REGIÓN AL 2014

Región	Área en crecimiento (ha)	Área en producción (ha)	Plántones 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	8,806	77,537

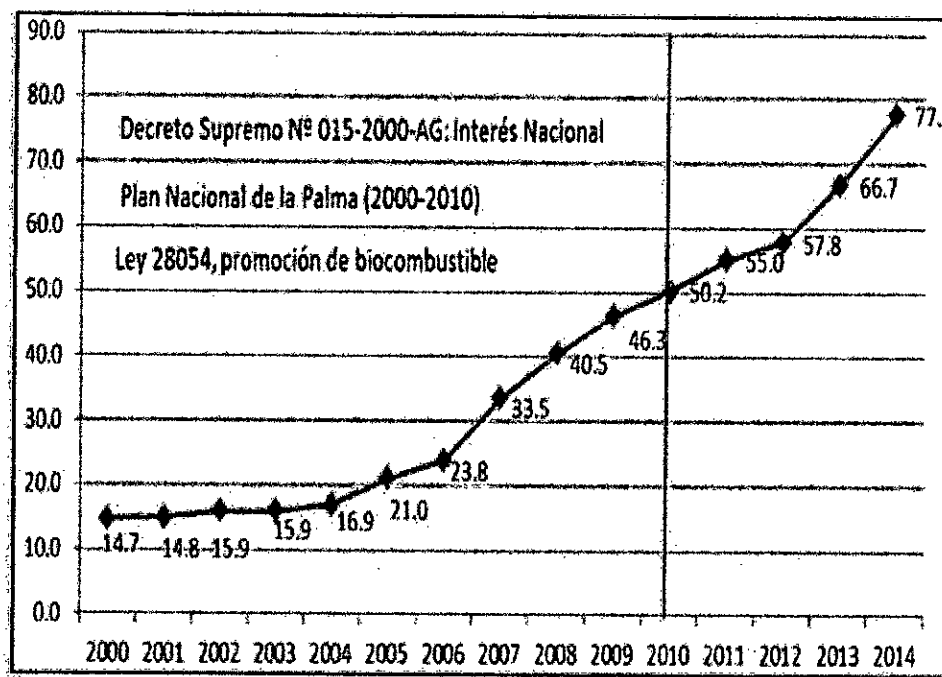
Fuente: JUMPALMA PERU, 2014.



18

FIGURA N° 4.2

EVOLUCIÓN DE LOS CULTIVOS DE PALMA ACEITERA ENTRE 2000 Y 2014 (Ha)



Fuente: MINAGRI, SUNAT, JUNPALMA PERÚ - (Sáenz M., 2017).

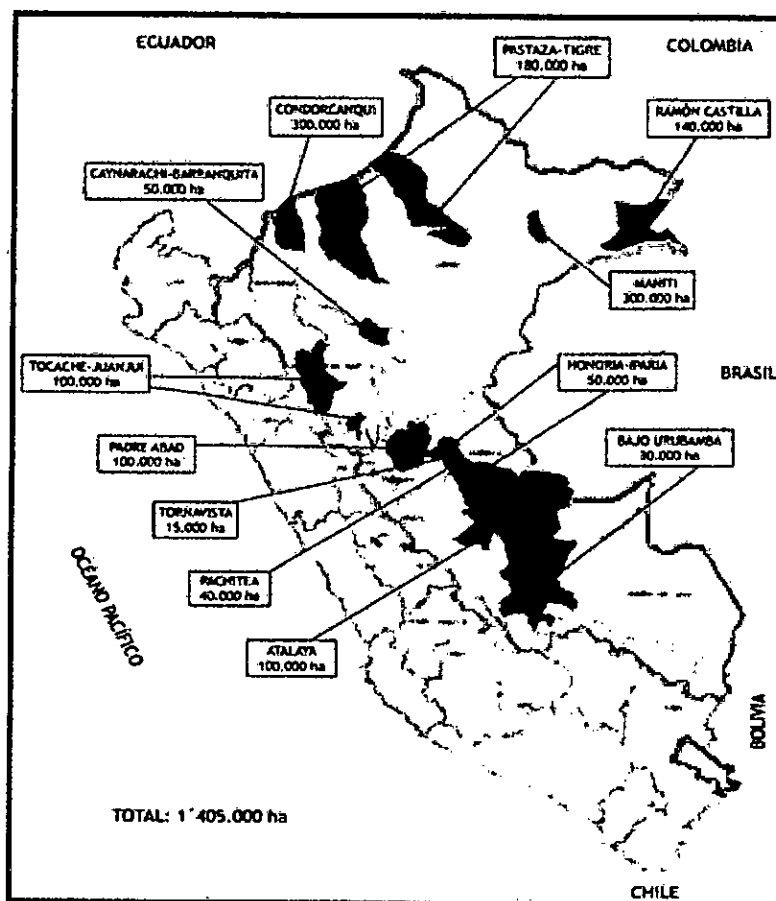
La tasa de crecimiento del sembrío de palma aceitera fue 13% en los 14 primeros años desde 1973; en la región Ucayali, a la fecha este porcentaje ha bajado pero se sigue instalando nuevas plantaciones que tiene un tiempo de producción de 20 años, sembradas en diferentes tipos de ecosistemas en la región Ucayali, como son la provincia de Padre Abad: Irazola, Curimaná Shambillo, Aguaytía y la Provincia de Coronel Portillo: Campo Verde, Neshuya, Requena, (Miranda Ruiz, 2013); teniendo en consideración el tipo de suelo, potencial de hidrogeno, precipitación pluvial, humedad, temperatura, altura sobre el nivel del mar, relieve, topografía y otros.

Los cultivos de palma aceitera son satanizados como los grandes depredadores de la Amazonía peruana; sin embargo, son uno de los

más importantes emprendimientos que contribuyen con la reforestación de áreas arrasadas por la coca vinculada al narcotráfico. Según datos del Ministerio del Ambiente, en el 2000, el 9.25% de la superficie de los bosques húmedos amazónicos fueron deforestados y una de las principales causas es la agricultura migratoria o actualmente llamada “agricultura hormiga”. A ello, debe agregarse el cultivo ilícito de coca, la tala ilegal, del bosque para ganadería, entre otros, de estas áreas desforestadas solo en el 1.08% se han instado cultivos de palma (Sáenz M., 2017).

FIGURA N° 4.3

AREAS PARA EL DESARROLLO DE LA PALMA ACEITERA



Fuente: (Justicia y Paz, 2010)

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

El Perú ha venido desarrollando de manera sostenida el cultivo de la palma y representa el 3% de la producción en América Latina (González-Cárdenas, 2016), esta región aporta 5,77 % de la producción mundial de aceite de palma. En la región Ucayali hay 10 plantas extractoras de aceite crudo de palma con diferentes capacidades de trabajo, no todas tienen palmistería, a la fecha no se están dando abasto para atender la producción de RFF que produce la región.

4.1.1 Clasificación Botánica

La palma aceitera es una planta perenne, cultivada por la alta cantidad de productividad de aceite. Las 3 variedades de dicha especie son: Dura, tenera y pisifera; de todas estas variedades, la variedad tenera es la más utilizada en el ámbito comercial para extraer aceite a escala industrial. (Quesada, 2005)

El científico Hutchinson ha clasificado la palma aceitera como sigue: División; Fanerógamas, Tipo; Angiosperma, Clase; Monocotiledóneas, Orden; Palmales, Familia; Palmaceae, Tribu; Coccoideae y Género; *Elaeis* (*guineensis* y *oleífera*). (Quesada, 2005)

Actualmente hay dos especies aceptadas de *Elaeis*, *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*, las palmas de aceite de África y América (Corley & Tinker, 2016).

4.1.2 Inflorescencias

Cada hoja que produce la palma trae en su axila una inflorescencia sin sexo definido por su condición de Monoica o hermafrodita, la palma de aceite produce separadamente

flores masculinas y femeninas sobre el mismo árbol. (Ciclos femeninos y masculinos alternos de manera que no ocurren autofecundaciones, si con el concurso de polen de otras plantas vecinas), Las flores masculinas, proveen polen, están compuestas de 100 a 160 espigas, cada una de ellas tiene entre 10 y 20 cm de largo y de 700 a 1200 flores, que en conjunto proveen entre 30 y 60 gramos de polen. Las flores femeninas, también insertadas en espiguillas y dispuestas en espiral alrededor del raquis o pinzote o racimo, pueden estar distribuidas hasta 110 espigas y alcanzar la cantidad de 4000 flores aptas para ser polinizadas, una inflorescencia femenina se convierte en un racimo con frutos maduros, de color rojo amarillentos, después de cinco meses a partir de la apertura de las flores. La producción de racimos y de hojas por palma y por año es variable, de acuerdo a la edad y a los factores genéticos. Por ejemplo a los cinco años de edad, se espera que una palma produzca 14 racimos/año, con un peso promedio de 7 kg./racimo; a los ocho años se estima que el número de racimos producidos es de ocho con un peso de 22 kg. cada uno. (Quesada, 2005)



FIGURA N° 4.4
PALMA ACEITERA, PLANTA MONOICA



Fuente: (C. Borrero, 2007)

4.1.3 Frutos

El racimo de fruta está formado por el pinzonte o escobajo y el fruto insertados en las espiguillas que rodean el raquis, son de forma ovoide, de 3 a 6 cm de largo y cuentan con un peso aproximado de 5 a 12 gramos. Tienen la piel lisa y brillante (Exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene las células con aceite (Mesocarpio), una nuez o semilla compuesta por un cuesco lignificado (Endocarpio), y una almendra aceitosa o palmiste (Endospermo). Los racimos tienen peso variable entre 5 a 40 Kg, depende de la edad de la palma).

FIGURA N° 4.5

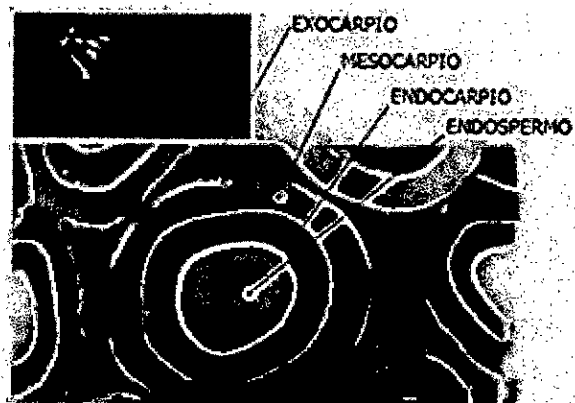
RACIMOS DE FRUTO DE LA PALMA ACEITERA



Fuente: (C. A. Borrero, 2006)

FIGURA N° 4.6

FRUTO DE LA PALMA ACEITERA



Fuente: (C. A. Borrero, 2006)

4.1.4 Aceite de Palma

El aceite de palma contiene iguales proporciones de ácidos grasos no saturados, conteniendo alrededor del 40% de ácido oleico (no monosaturado), 10% de ácido linoléico (no polisaturado), 44% de ácido palmítico (saturado) y 5% de ácido esteárico (saturado). Éste aceite es una fuente natural de vitamina E, tocoferoles y tocotrienoles y el aceite de palma sin refinar también es una fuente importante de vitamina A. El aceite de palma tiene un contenido glicérido sólido alto que lo hace semisólido normalmente se usa en estado natural, sin hidrogenar (Gonzales C., 2005).

Condiciones de producción de aceite de palma crudo de alta calidad:

- La planificación de cosecha debe garantizar la selección de racimos de fruta fresca (RFF) de óptima madurez.
- Un manejo cuidadoso y mínimo tiempo de transporte de los RFF a la planta extractora.
- Después de la recepción (pesaje y descarga) de los RFF en planta extractora, se debe iniciar lo más antes posible el procesamiento del fruto para evitar la sobre maduración y acides del aceite.
- Almacenar en óptimas condiciones el aceite crudo de palma.

A la importancia de un buen sistema de cosecha no puede dejar de dársele énfasis, ya que nunca se podrá obtener aceite de buena calidad de frutas de mala calidad a pesar de lo buenas y eficientes que sean las instalaciones de la planta extractora. No existen estándares para la cosecha de los RFF y existen varias

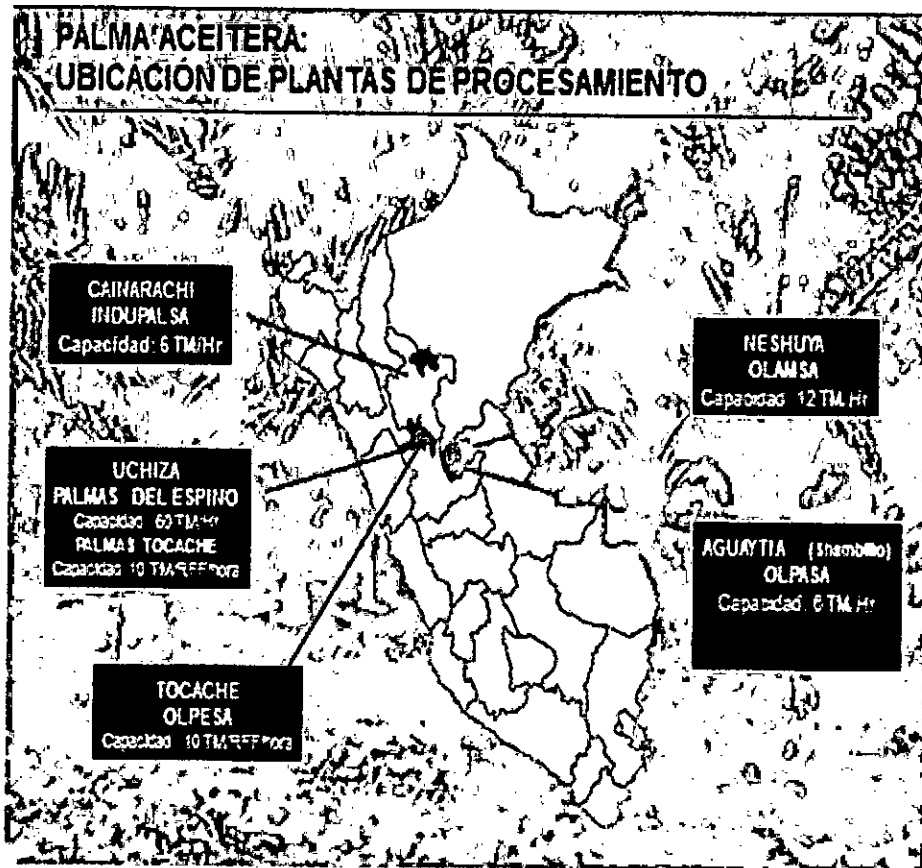
medidas de madurez de estos. Un sistema de cosecha debe estar diseñado para que brinde el mejor compromiso entre el rendimiento de aceite, la calidad del aceite y los costos de la cosecha. La planta extractora cuenta con la desventaja de no saber cuánto aceite contiene el RFF. La eficiencia de las operaciones de extracción sólo puede verificarse realizando un estimativo de la pérdida de aceite en los productos de desecho tales como la tusa o raquis, la fibra, el cuesco y el efluente de la planta extractora de aceite de palma al igual que los derrames accidentales de aceite. Al mismo tiempo, la calidad el aceite de palma y del palmiste producidos se ve afectada por la calidad de los RFF recibidos y las subsiguientes condiciones de procesamiento. Por lo tanto se requiere de un sistema de control del proceso eficaz para minimizar la pérdida de aceite y producir productos de la más alta calidad. El papel del departamento de control del proceso es proveer información crítica a la administración para garantizar que se cumplan los objetivos del proceso.

Ya se mencionó que en la región de Ucayali, existen 10 empresas de transformación de la materia prima proveniente de palma aceitera, estas fábricas prestan sus servicios a los Palmicultores para la extracción y transformación de sus cosechas, el derivado principal es el aceite crudo sin refinar. Uno de los residuos sólidos se desprende abundante material vegetal residual (racimos, escobajos, cuescos, afrechos etc.), que su manejo y disposición son una carga para la empresa y un riesgo como vector de contaminación porque no son aprovechados.



FIGURA N° 4.7

” UBICACIÓN DE PLANTAS EXTRACTORAS DE ACEITE DE PALMA”



Fuente: (Miranda Ruiz, 2013)

4.2 Escobajo de la Palma Aceitera

El escobajo de la palma aceitera es un componente orgánico que se obtiene del proceso de producción de aceite crudo del racimo de la palma aceitera, en la actualidad existen 10 fábricas de extracción de aceite crudo del fruto fresco de la palma aceitera en la región Ucayali, un aproximado de 200 toneladas de escobajo de palma aceitera sale diariamente de las fábricas, material orgánico que es trasladado a los patios de compostaje, botaderos, orillas de ríos y quebradas, y en algunos casos puestos en las parcelas de los palmeros de la zona. Este escobajo es descompuesto en el lugar

donde lo botaron, también son quemados por los agricultores, y un mínimo porcentaje es usado como componente orgánico, estos agricultores que en la actualidad usan el escobajo como componente orgánico en sus plantaciones están 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 Ruiz, 2013).

FIGURA N° 4.8

RACIMO DESFRUTADO O RAQUIZ O ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA



Fuente: Elaboración propia

El escobajo está compuesto de una biomasa lignocelulósica, estos materiales están presentes en los residuos forestales y leñosos los que tienen una estructura compleja que consta de dos polímeros de carbohidratos, la celulosa (40-50%) y la hemicelulosa (20-30%), y un polímero fenólico la lignina (10-25%) (Malherbe & Cloete, 2002); estos porcentajes son muy importantes y se pueden aprovechar mediante la hidrólisis alcalina, para transformar estos componentes en unidades monoméricas de azúcares reductores. El

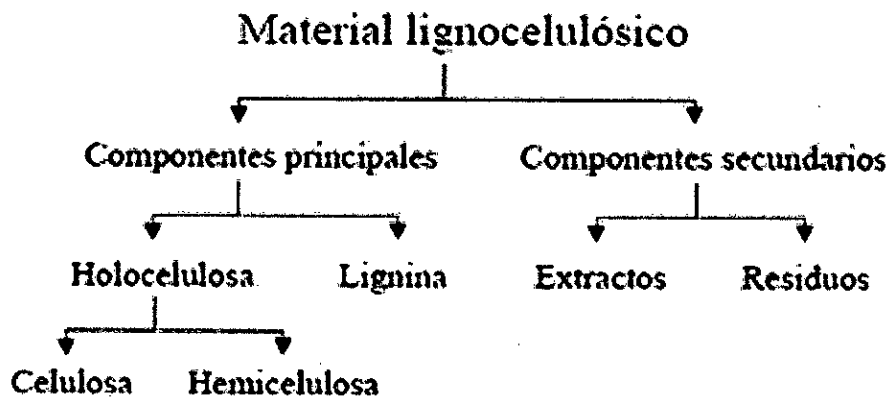
escobajo representa el 22 - 25 % del peso del RFF. tiene un 60 – 70 % de humedad (Jaramillo, 2012).

4.3 Material Lignocelulósico

Se considera a los materiales lignocelulósico aquella biomasa compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y otros no estructurales (Barroso, 2010) expone que los materiales celulósicos que se encuentran protegidos por una sustancia más estable formando una pared o barrera, no son fácilmente accesible como es el almidón o el azúcar ya que se encuentra íntimamente ligados a las sustancias pépticas, es importante conocer acerca de la formación de los células que no lignifican pero que tienen una pared lignocelulosica que se degradan con más facilidad, de aquellas células que si lignifican formando paredes lignocelulósicas que son estructuras de mayor complejidad, recalcitrantes y de difícil accesibilidad.

GRAFICA N° 4.1

COMPONENTES DE BIOMASA LIGNOCELULOSICA

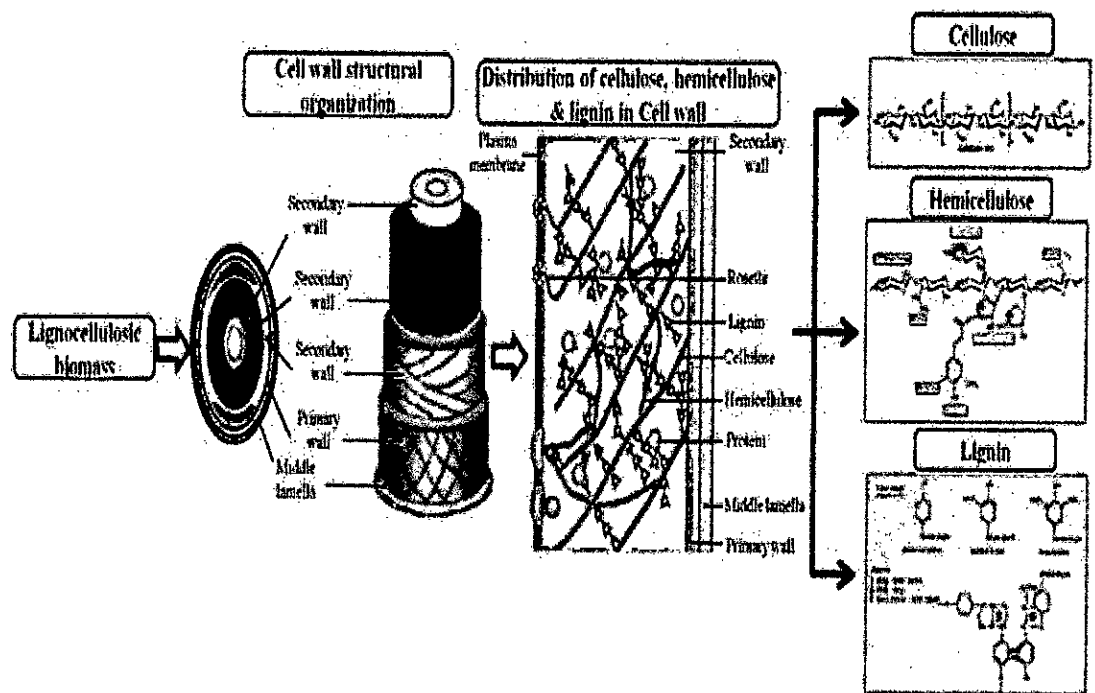


Fuente: (Romero, 2003)

En la investigación del Aprovechamiento de la Biomasa celulósica para la Obtención de Etanol de Barroso, se considera al material celulósico como un material Lignocelulósico (MLC) que está constituido por los tejidos de los vegetales cuya celulosa forma capas recubiertas de hemicelulosa y sobre las que se deposita la lignina, esta estructura surge como una necesidad de los vegetales.

Esta pared celular permite crear y sostener la estructura aérea en las plantas que les permite captar la radiación solar, así tejidos con células lignificadas dota a sus órganos, principalmente a los tallos de mayor esbeltez y mayor resistencia mecánica, además de mejorar su regulación hídrica y su resistencia a patógenos.

FIGURA N° 4.9
MATERIAL LIGNOCELULOSICO



Fuente: (Menon & Rao, 2012)

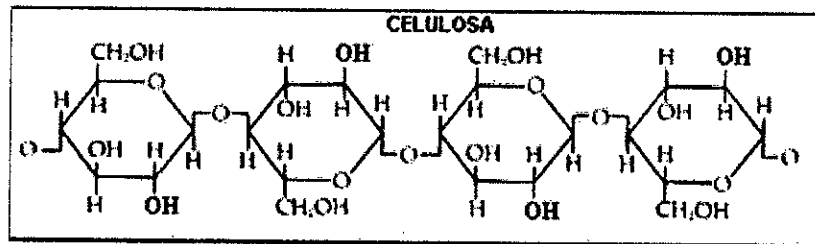
[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

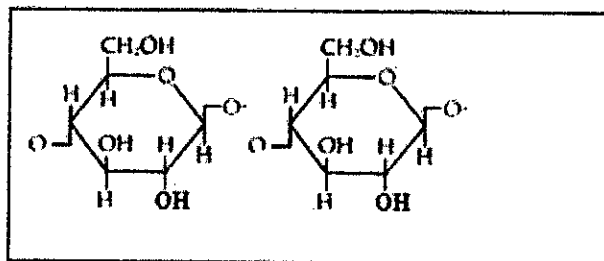
La lignina se puede describir como un polímero de red tridimensional aleatorio que consta de tres tipos principales de monolignoles (unidades de fenilpropano oxigenadas): alcohol coniferílico, alcohol sinápico y alcohol paracoumaril (Abejón, 2018).

FIGURA N° 4.10

ESTRUCTURA DE MATERIAL CELULÓSICO



(B) HIDRÓLISIS



Fuente: (Suárez-machín, Garrido-carralero, & Guevara-rodriguez, 2016)

Para el aprovechamiento de los materiales lignocelulósicos como el escobajo de la palma aceitera se debe determinar los métodos para el fraccionamiento de sus componentes estructurales de los tres polímeros, la celulosa (30.60%), la lignina de (Klason) (24.70%) y la hemicelulosa (33.20)% (Shibata, M. et al., 2007).

TABLA N° 4.2
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE DIVERSAS BIOMASAS DE PALMA DE
ACEITE CRUDO.

BIOMASA DE PALMA ACEITERA	CELULOSA (%)	HEMICELULOSA (%)	LIGNINA (%)
Racimo de fruta vacío de palma aceitera (OPEFB)	28-41	21-37	18-23
Fibra en el mesocarpio del fruto de la palma aceitera	25-28	21-24	25-28
Cascara de semilla del fruto de la palma aceitera	28	22	44
Hojas de la palma aceitera	33	23	15
Tronco de la palma aceitera	56	16	19
Torta de descarte de la palma aceitera	22	4	31

Fuente: (Ahmad Rizal et al., 2018)

La hidrólisis de la hemicelulosa logra productos finales que lo valorizan, como: Los xilo-oligosacáridos son oligómeros de azúcar formados por unidades de xilosa a través de enlaces β - (1-4) - xilosídicos. Los oligómeros que contienen de 2 (xilobiosis) a 6 (xilohexosas) monómeros han demostrado una influencia positiva en varios aspectos de la salud humana, además de su potencial para trabajar contra varios trastornos gastrointestinales, que son condiciones para obtener un prebiótico.

4.4 La Fibra del escobajo

El aceite de palma forma aproximadamente el 10% de todo el árbol de palma, mientras que el otro 90% es biomasa. Por ejemplo, el racimo de fruta fresca contiene solo un 21% de aceite de palma, mientras que el resto 14-15% de fibra, 6-7% de almendra de palma, 6-7% de cáscara y 23% de racimo de fruta vacío (EFB) Escobajo que queda como biomasa residual (Chang, Li, & Zhang, 2018).

La biomasa de la palma aceitera es similar a otras y también se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina como componentes principales de su pared celular, formando una estructura similar a la fibra que hace que la biomasa de la palma aceitera sea recalcitrante.

TABLA N° 4.3
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE VARIAS PARTES DE LA PALMA
ACEITERA (% EN PESO)

Partes	Celulosa *1	Hemicelulos a*2	Lignina		Extractivos*3	Cenizas
			Klason	Acido-soluble		
Tronco	30.6	33.2	24.7	3.8	3.6	4.1
Fronda	39.5	29.8	21.2	2.1	1.7	5.7
Mesocarpio	39.5	9.8	32.8	0.1	8.6	9.3
Càscara	20.5	22.3	49.9	1.6	4.7	1.0
Pastel de kernel	35.7	30.3	15.6	0.1*4	11.7	6.7
EFB	37.9	35.0	22.9	1.1	2.7	1.5

Fuente: (Shibata, M. et al., 2007)

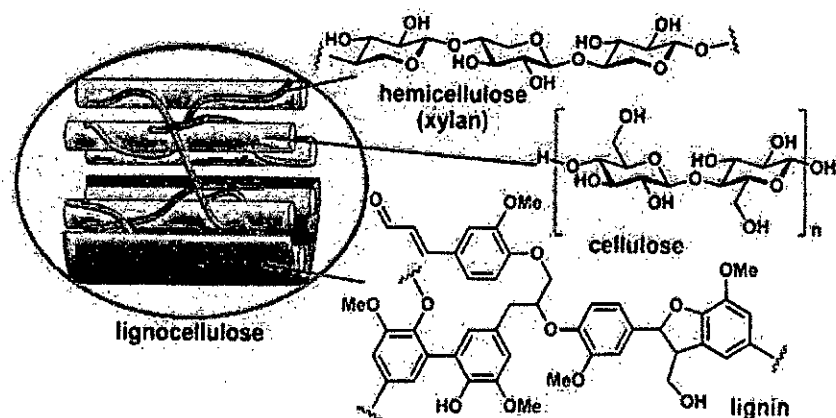
*1 Celulosa = α -Celulosa

*2 Hemicelulosa = Holocelulosa - α -Celulosa

*3 Etanol: Benceno = 1:2 (v/v)

*4 Aunque estos valores podrían obtenerse mediante el método con 72% de H₂SO₄, no representan el contenido real de lignina como se describe más adelante.

FIGURA N° 4.11
ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICO



Fuente: (Ahmad Rizal et al., 2018)

TABLA N° 4.4
ANÁLISIS PROXIMAL Y DEFINITIVO DE LA FIBRA DE PALMA.

Contenido	Valores (%)
Ceniza	4.28
Volátil	72.13
Carbón fijo	21.26
Humedad	2.33
C	48.32
H	6.56
O	36.71
N	2.89
S	0.10

Fuente: (Chang et al., 2018)

4.4.1 La Fibra

Es la parte no digerible de los alimentos que resiste la digestión y absorción en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso

1) La fibra soluble,

Se disuelve o se hincha con agua, se convierte en gel durante la digestión de los alimentos que lo contienen esto lentifica el proceso digestivo. Este tipo de fibra se encuentra en el salvado de avena, la cebada, las nueces, las semillas, los frijoles, las lentejas, las arvejas (chícharos) y algunas frutas y verduras. Artículo La fibra dietética (Escudero & González, 2006).

La fermentación de la fibra, por parte de las bacterias colónicas, va a tener efectos beneficiosos tanto directos como indirectos para la salud.

2) Fibra cruda o bruta.

Se define como el residuo que se obtiene después del tratamiento químico con ácido y álcali a un material lignocelulósico, en cambio la fibra dietética engloba todo tipo de sustancias, sean fibrosas o no, y que, por tanto, incluye la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, las peptinas, las gomas, etc. y que son favorables en la función de la digestión.

Se determina considerando el peso de la muestra tratada en medio alcalino. Es el residuo libre de cenizas que resulta del tratamiento en caliente con ácidos y bases fuertes dl material lignocelulósico., están compuestos por las fibras no asimilables.



4.5 Pre tratamiento del material Lignocelulósico

Los pre tratamientos sean de naturaleza química o biológica están orientados hacia la restructuración supramolecular de los materiales lignocelulósico y de esta manera separar la lignina de la holocelulosa y posteriormente proceder a la hidrólisis de la holocelulosa en azúcares fermentables; la biomasa lignocelulosica suele ser un sistema recalcitrante debido a la fuerte unión entre los constituyentes de la pared celular de estos materiales (Guarnizo, Martínez, & Sánchez, 2009), también los pretratamientos pueden limitarse, simplemente, a generar un aumento de las regiones amorfas de la celulosa lo que con lleva a la mejora de la hidrólisis. Los pretratamientos pueden ser: Agua caliente, inmersión de fibra en amoníaco, ácido diluido. El pretratamiento con agua líquida caliente se lleva a cabo manteniendo el pH entre 4 y 7 a 160 °C durante 20 minutos, este pre tratamiento minimiza la producción de subproductos tóxicos para la levadura como el 5-hidroximetil – 2-formaldehído pues maneja un pH cercano al neutro (Kuster & Temmink, 1977); la biomasa tratada bajo esta metodología alcanza un máximo del 96% en el proceso de sacarificación que realiza la enzima, su éxito proviene de la alta penetrabilidad que tiene el agua caliente en estado líquido y su incapacidad de solubilizar y degradar la lignina (Guarnizo et al., 2009)

4.6 Proceso de la hidrolisis de la celulosa y hemicelulosa

La etapa de hidrólisis provoca la ruptura de los polímeros de celulosa y hemicelulosa, obteniéndose los monómeros respectivos. La hidrólisis completa de celulosa da exclusivamente el monómero D-glucosa, mientras que a partir de la hemicelulosa se obtienen un conjunto de pentosas y hexosas, como manosa, glucosa, xilosa, etc.

Los azúcares de cinco carbonos son difíciles de fermentar por los microorganismos comunes (Tahezadeh & Karimi, 2008).

a) Hidrólisis ácida: son procesos químicos que tratan la hidrólisis de los polímeros de la celulosa y hemicelulosa en monosacáridos. Los ácidos más empleados son el ácido sulfúrico y clorhídrico.

Ácido concentrado: obtienen alto rendimiento, casi del 90% de la glucosa potencial y requieren baja temperatura, pero son procesos de alto costo pues se debe recubrir todo el material y no es sencilla toda su recuperación.

Ácido diluido: se requieren altas temperaturas y presentan rendimientos muchos menores. La alta temperatura induce la degradación de los azúcares hemicelulósicos, sobre todo si cuando los tiempos de residencia son largos.

b) Hidrólisis enzimática : se utiliza un conjunto de enzimas producidos por microorganismos como hongos o bacterias , las celulasas , que en realidad producen una mezcla de acciones enzimáticas sobre el sustrato que terminan con degradación de este. las celulasas más utilizadas y sobre las que más se han investigado pertenecen a hongos de los géneros trichoderma, phanerochaete y fusarium (Barroso Casillas, 2010).(Barroso Casillas, 2010)

c) Hidrólisis alcalina: Es la adición de bases diluidas a la biomasa y su eficiencia se encuentra limitada con la presencia de la lignina en los compuestos. El hidróxido de sodio diluido produce un hinchamiento, permitiendo un incremento en el área de superficie interna reduciendo el grado de polimerización y cristalinidad de la celulosa, causando la separación de las uniones estructurales entre la lignina y los carbohidratos (Cuervo, Folch, & Quiroz, 2009). El mecanismo de la hidrólisis alcalina de la biomasa parece estar basada

en la saponificación de los enlaces ésteres intramoleculares que unen los xilanos de la hemicelulosa y otros componentes, como por ejemplo la lignina u otros componentes de la hemicelulosa. La efectividad de este tratamiento depende del contenido de lignina del material a tratar.

(Cortínez, 2010). Expone sobre la digestibilidad de las maderas duras tratadas con NaOH aumenta de un 14% a un 55% con una remoción de lignina del 24-55%, con un contenido inicial del 20% y para maderas blandas (contenido de lignina mayor al 26%) el método no es tan efectivo.

La disolución de la lignina empieza con la ruptura de los enlaces α -arileter y arilgliceron- β -aril- eter, fragmentando la lignina.

La ruptura de los enlaces comienza con la protonación de grupos hidroxilo o éter en el carbono α de un monómero dando lugar a la formación del correspondiente ácido conjugado, esta especie puede progresar la ruptura de los enlaces α y β o condensarse en otros monómeros.

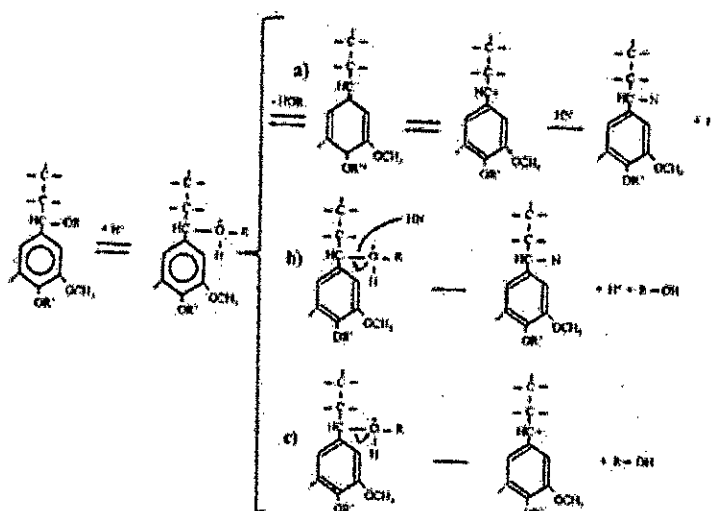
Se conocen tres mecanismos según la progresión del ácido conjugado:

- a) En el equilibrio ión oxonio de estructura quinónica correspondiente, cuya estabilidad supone la ruptura irreversible del enlace α -arileter. Además al presentar un exceso de carga en el carbono α pueden experimentar una adición nucleofílica de una molécula de agua o alcohol.
- b) También puede ocurrir una sustitución nucleofílica por una molécula de agua o alcohol que produzca la ruptura del enlace.
- c) O incluso el ácido conjugado puede romperse directamente por el enlace α -arileter y formar un carbocatión.



FIGURA N° 4.12

ESQUEMA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS EN LA HIDRÓLISIS ALCALINA DE LA LIGNINA.



Fuente: (Espinosa, 2013)

Factores que afectan la hidrólisis alcalina.

El modelado de la hidrólisis de un polímero es complicado, los factores que intervienen están estrechamente relacionados con los materiales lignocelulósicos como lo es tamaño, forma de partículas, y el tipo de estructura si es proveniente de maderas blandas o duras, de la misma manera intervienen las condiciones de la extracción, así la concentración del álcali, la temperatura, el tiempo, la agitación, se debe tener especial cuidado con la cantidad de material, el contacto interfacial, la interferencia con otros compuestos.

4.7 Prebióticos

Existe en el mundo un gran interés por los alimentos prebióticos por la divulgación de los beneficios que proporcionan en la digestión de los alimentos. En (Corzo, 2015) cita a Gibson y Roberfroid, 1995,

quienes dieron la primera definición de prebiótico “es un ingrediente alimentario no digerible que afecta beneficiosamente al hospedador al estimular selectivamente el crecimiento y/o actividad de uno o un limitado número de especies bacterianas en el colon, y que por lo tanto mejora la salud”, esta definición fue revisada en varias oportunidades, para la FAO y la International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP), lo definen como: “ingredientes alimentarios que al ser fermentados selectivamente producen cambios específicos en la composición y/o actividad de la microbiota gastrointestinal confiriendo beneficios en la salud del individuo”, otra: “Los prebióticos se definen con sustancias no digeribles que brindan un efecto beneficioso para el organismo estimulando selectivamente el crecimiento favorable o la actividad de un número determinado de bacterias autóctonas” (Oliveira Fuster & González-Molero, 2007).

Un prebiótico debe cumplir ciertos requisitos funcionales (Corley & Tinker, 2016):

- a) Ser resistente a la acidez gástrica, a la hidrólisis por enzimas digestivas y no absorberse en el tracto gastrointestinal (GIT) superior (esófago, estómago y duodeno).
- b) Fermentarse selectivamente por bacterias beneficiosas de la microbiota intestinal.
- c) Ser capaz de inducir efectos fisiológicos beneficiosos para la salud.

Los prebióticos realizan todas las actividades mencionadas anteriormente, pero además, estimulan el crecimiento selectivo de determinadas especies beneficiosas (bifidobacterias, lactobacilos, etc.), de la microbiota intestinal.

Los carbohidratos no digeribles pueden clasificarse en dos tipos:

- 1) Fibra alimentaria o colónicas, que llegan hasta el colon y sirven de sustrato para microorganismos que lo habitan proporcionando energía.
- 2) Los sustratos metabólicos y micronutrientes para el hospedador, dentro de este grupo se incluyen los polisacáridos estructurales de plantas, tales como pectinas, celulosa o gomas, hemicelulosa y algunos oligosacáridos. etc.

La importancia de los prebióticos: radica en sus efectos fisiológicos que van desde el aumento de la absorción del calcio por parte de los fructooligosacáridos a los efectos derivados de su interacción con las bacterias saprofitas, es decir, mejora del metabolismo de la glucosa y los lípidos por los ácidos grasos de cadena corta y protección contra las infecciones. Según (Roberfroid, 2007) los prebióticos tienen efectos benéficos para la salud, como:

-Efecto bifidogénico, proliferación de bacterias anaerobias y disminución de microorganismos potencialmente patógenos

-Balance hidroiónico intestinal, ya que acidifican la luz intestinal
Trofismo de colonocitos.

-Modulación positiva de la inmunidad, citocinas e inmunoglobulina A.

-Efecto metabólico: sobre el metabolismo lipídico y glucídico a nivel sistémico.

-Producción de ácidos grasos de cadena corta a nivel local.



4.8 Fermentación del hidrolizado alcalino como sustrato viable

El sustrato que se obtiene del proceso de la hidrólisis alcalina del escobajo de la palma aceitera, tiene que ser viable para el crecimiento bacteriano en colonias (UFC), el presente estudio debe determinar las condiciones y características de un sustrato para este fin (Rodríguez Gámez, Serrat-díaz, Camacho Pozo, & Marin Moran, 2011), donde se ha tenido que determinar el contenido de las sales y la acides y controlar estos parámetros para la fermentación y determinar la capacidad prebiótica (Samanta et al., 2015) del sustrato.

4.8.1 Capacidad Celulolítica

Los sustratos celulósicos permiten que actúen en el las enzimas y bacterias provocando reacciones químicas y produciendo nuevos productos, la capacidad celulolítica consta del rompimiento de la molécula y transformarse en monómeros asimilables, las enzimas realizan un tratamiento previo que permiten acondicionar al hidrolizado como un sustrato viable (Acosta, 2012).

4.8.2 Efecto del medio, temperatura y la concentración del inóculo

Las reacciones enzimáticas no solo se ven afectadas por el pH del medio, sino por la concentración de los electrolitos que se emplearon durante el pretratamiento y la hidrólisis de la muestra, otro factor de

4.9 Definición de Términos Básicos

- **CELULOSA:** Polisacárido, lineal, formado por residuos de glucosa unidos por enlace beta 1 – 4. La celulosa, como

sustancia de sostén, es el componente principal de las paredes celulares de las plantas y el hidrato de carbono más ampliamente extendido.(Fan, Gharpuray, & Lee, 1988)

- ESCOBAJO: (Miranda Ruiz, 2013), también conocido como (RFV) racimo de fruta vacío, Se trata del soporte del racimo después de quitarle las frutas.(Miranda,2012) de la palma aceitera. Es un residuo orgánico que se obtiene del proceso de desfrutado de un racimo de fruta fresca en el proceso de la extracción de aceite crudo de palma.
- HEMICELULOSA: Las hemicelulosas son polisacáridos no celulósicos que aparecen en las paredes celulares, estando compuestas de hexosas, pentosas, y en la mayoría de los casos, de ácidos uránicos. (De la palma, 2005)
- HIDROLISIS: (Tahezadeh & Karimi, 2008), Es una etapa que provoca la ruptura de los polímeros de celulosa y hemicelulosa, obteniéndose los monómeros respectivos, como los azúcares reductores
- LEVADURA: (Suárez-machín et al., 2016), Son las levaduras los primeros microorganismos utilizados como fuente de proteínas, principalmente la *Saccharomyces cerevisiae*, que aún hoy día es la principal fuente de proteína unicelular (SCP), como también se conoce a la proteína obtenida de la biomasa microbiana, tiene la capacidad para fermentar los sustratos de glucosa, galactosa, maltosa y sacarosa.
- LIGNINA: La lignina es una macromolécula fenólica compleja Después de la celulosa, la sustancia orgánica más abundante en las plantas es la lignina, un polímero altamente ramificado de los grupos fenilpropanoides.(Zevallos, 2015)
- LIGNOCELULOSA: (Escudero & González, 2006), es el principal componente de la pared celular de las plantas, esta

biomasa producida por la fotosíntesis es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía. Es una estructura compuesto por los tejidos de celulosa que forman capas recubiertas de hemicelulosa y sobre las que se deposita la lignina.

- PALMA ACEITERA: (Mingorance et al., 2004), La palma de aceite o africana es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Palmaceae; es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceite produce por unidad de superficie.
- PALMICULTOR: (FEDEPALMA, 2017), Son las personas naturales o jurídicas que, dentro del territorio nacional, se dedican al cultivo de la palma de aceite o a su beneficio.
- PAREDES LIGNOCELULÓSICAS: (Barroso Casillas, 2010), Son estructuras de mayor complejidad y difícil accesibilidad a algunos componentes y forman los materiales lignocelulósicos.
- PREBIÓTICOS: (Guzmán C., Edson, Teves M. & Monge S., 2012), Sustancias no digeribles que brindan un efecto fisiológico beneficioso al huésped, estimulando selectivamente el crecimiento favorable o la actividad de un número limitado de bacterias autóctonas. Son compuestos que el organismo no puede digerir, pero que tienen un efecto fisiológico en el intestino al estimular, de manera selectiva, el crecimiento y la actividad de las bacterias beneficiosas (bifidobacterias y lactobacilos). prebióticos, definidos como ingredientes alimenticios no digeribles de los alimentos que afectan de manera positiva al huésped.



4.10 Marco Legal

- a) Ley N° 27037, "Ley de Promoción de la Inversión en la Amazonía" Promueve el desarrollo sostenible e integral de la Amazonía, exonera, de impuestos por 50 años, a las inversiones privadas y públicas: Impuesto General a la Ventas-IGV, Impuesto Selectivo al Consumo-ISC, Impuesto a la Renta-IR, Crédito Fiscal y Reintegro Tributario, vence el año 2048.
- b) Decreto Supremo 015-2000 – AG, "Declara de Interés Nacional la Instalación de plantaciones de Palma aceitera", afin de promover el desarrollo socioeconómico de la región amazónica y contribuir a la recuperación de suelos deforestados por la agricultura migratoria y los cultivos ilícitos de hoja de coca.
- c) RM N° 0155-2001-AG, Aprueba el "Plan Nacional de Promoción de la Palma Aceitera", con la finalidad de incentivar las plantaciones de palma aceitera afin de incrementar las fuentes internas de aceite vegetal y contribuir a la sustitución competitiva de las importaciones y ahorro de divisas.
- d) RM N° 0488-2005-AG Constituyen Comité Técnico de Coordinación para la Promoción de la Cadena Productiva Palma Aceitera, con la finalidad de implementar los lineamientos de política y alcanzar los objetivos del Plan Nacional de Palma Aceitera.
- e) Ley N° 27308, "Ley de Forestal y Fauna Silvestre", en el artículo 29°, reconoce a la palma aceitera, como especie de reforestación, al igual que a otras especies como el palmito, la castaña, el caucho, los árboles y arbustos medicinales y el camu camu, promoviendo su producción, con el fin de estimular su futuro aprovechamiento industrial.



- f) DL N° 653, "Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario", otorga garantías para el libre desarrollo de actividades agrarias, realizadas por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, regula las adjudicaciones de tierras en la selva y ceja de selva. Cuando se trate de proyectos de interés nacional o regional, podrán adjudicarse superficies que no excedan los límites siguientes: Proyectos agrícolas hasta 3,000 ha; Proyectos pecuarios hasta 6,000 ha; Proyectos agroindustriales hasta 10,000 ha, los trámites para la solicitud de adjudicación, se inician en la Región Agraria, donde se ubique el predio solicitado, para la adjudicación a título oneroso.
- g) Ley N° Ley N° 28575, "Ley de eliminación de las exoneraciones e incentivos tributarios", exonera del Impuesto General a las Ventas-IGV y el Impuesto a la Renta, a las empresas instaladas en la Amazonía"
- h) Decreto Legislativo N° 1020 Promoción de la Organización de los Productores Agrarios y la Consolidación de la Propiedad Rural para el Crédito Agrario – Autoriza la Constitución de Fondos Fideicomisos Regionales como garantías para préstamos agrarios.
- i) Decreto de Urgencia N° 027-2009, Crea el Fondo AGROPERU, modifica los Fondos Fideicomisos Regionales, destinado para garantizar préstamos agrarios.
- j) Decreto Legislativo N° 1077, crea el Programa de Compensación para la Competitividad – PCC, con el objeto de elevar la competitividad de la producción agraria, mediante el fomento de la asociatividad y la adopción de tecnologías agropecuarias, ambientalmente adecuadas.
- k) Ley N° 29337, "Ley que establece disposiciones para apoyar la competitividad productiva" PROCOMPITE, autoriza a los gobiernos regionales a destinar hasta el 10 % de



su presupuesto de inversiones para el desarrollo, adaptación, mejora, transferencia de tecnología, mediante fondos concursables.

- 1) Ley N° 28054 "Ley de Promoción del mercado de Biocombustibles", dispuso el año 2010 el uso de Biodiesel DB 2% (2% biocombustibles y 98% petróleo), pero a partir del 2011 es obligatorio usar 5% la mezcla B5, para cumplir con la ley se está importando 180,000 TM de biodiesel /año.(Cita original del Ing. Roberto Del Águila Lomas / Promotor Cadenas Productivas – DPCA)



V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Equipos, Materiales y Reactivos de Laboratorio

5.1.1 Equipos

- Autoclave QUIMIS modelo Q290-21 de 100°C-143°C
- Agitador magnético con termostato,
- Balanza para determinación de humedad AND mx-50.
- Balanza de 0.0001 g. y máximo 200 g.
- Baño María Memmert de 25°C-100°C.
- Bomba de vacío.
- Cámara de refrigeración Faeda Caravelle.
- Cuenta colonias Karl Kolb 1114
- Desecador.
- Equipo Kjeldahl UDK 127
- Equipo de filtración
- Estufa Memmert U50 20-250°C
- Incubadora Memmert 20-50°C,
- Molino artesanal.
- Mufla eléctrica XMT.
- Potenciómetro 8025 VWR Scientific Products.

kh

5.1.2 Materiales

a) Materiales de laboratorio

Metálicos: Asa de siembra bacteriológica. Mechero Bunsen, rejilla, trípode. Gradillas para tubo (Aluminio y plastificado). Pinzas metálicas para bureta y crisol. Soporte universal y otros.

Vidrio: Botella de 250 mL, 500 mL y de 1000 mL. Bureta de 50 mL. Balón fondo plano de 500 mL. Embudo 10 cm Φ .

Fiolas 50 ml, 100 mL y de 1 L. Matraz Erlenmeyer 250 ml.
Pipeta 1, 2, 5 y 10 mL Placa Petri, Probeta de 25,100 y de
500 mL Refrigerante de serpentín. Termómetro de - 10 a 110
°C. Tubos de ensayo con y sin tapa. Vasos de precipitado
100, 250 y 400 mL

Porcelana: Crisol, mortero y rejilla

a) Materiales auxiliares

Bolsas herméticas. Cuchillo. Desinfectante. Paños
adsorbentes. Papel de aluminio. Tijera.

5.1.3 Reactivos

- ✓ Ácido 3,5 Di nitro salicílico (DNS)
- ✓ Ácido bórico al 4%,
- ✓ Ácido Clorhídrico
- ✓ Ácido sulfúrico concentrado
- ✓ Agar Plate Count
- ✓ Agua peptonada
- ✓ Alcohol 96°
- ✓ Azul de metileno 100%.
- ✓ Buffer pH 4, 7.
- ✓ Biftalato ácido de Potasio.
- ✓ Fenolftaleína 1%.
- ✓ Hidróxido de sodio
- ✓ Rojo de metilo 100%
- ✓ Sulfato de cobre, anhidro
- ✓ Sulfato de potasio 100%
- ✓ Tartrato de sodio y potasio

5.1.4 Implementos de protección

- ✓ Cofia, guantes, mascarilla, mandil para laboratorio color
blanco, pantalón largo, zapato cerrado.

5.1.5 Muestras

- ✓ Escobajo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*).

5.2 Población y muestra de la investigación

5.2.1 Población

Por la naturaleza de la presente investigación la población está conformada por los racimos desfrutados o escobajo que se desechan en el proceso de extracción del aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*), de la variedad tenera, que se cultiva y procesa en la región Ucayali, Coronel Portillo, Campo Verde. Perú.

5.2.2 Muestra

Se eligió como muestra al azar, el escobajo que fue desechado en el proceso de extracción del aceite crudo de palma aceitera de la planta extractora de OLANSA,

Por ser la empresa de mayor producción y pionera de la región, ubicado en el Km 37 de la Carretera Federico Basadre, Campo Verde. Coronel Portillo, Pucallpa.

a) Tamaño de muestra:

Muestra inicial: Se Tomó en sacas un promedio de 10 racimos desfrutados de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*), (escobajo) con un peso promedio de 45 kilos/saca.

b) Muestra de Análisis: depende de la técnica de análisis:

- 1) Humedad: 1.00 g de muestra de 2-4 mm
- 2) Cenizas y proteínas: 1g muestra de 2-4 mm
- 3) Materia Orgánica, celulosa y hemicelulosa: 2 g. de muestra de 2-4 mm
- 4) Fibra cruda, soluble e insoluble: 2g. de escobajo
- 5) Pre-tratamiento: 50 g. de escobajo en fibra
- 6) Hidrólisis y viabilidad: 10 g de muestra molida

FIGURA N° 5.1
FIBRA LIGNOCELULÓSICA DEL ESCOBAJO DE LA PALMA
ACEITERA



Fuente: Elaboración propia

5.3 Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos

El desarrollo del presente trabajo de investigación ha utilizado técnicas, procedimientos e instrumentos para la observación y registro de datos, resultados de los análisis y mediciones realizadas, que necesitó la implementación del laboratorio con la disposición de equipos, materiales y reactivos, requeridos en cada etapas de investigación, adoptando diferentes técnicas y procedimientos, los cuales se describen y/o mencionan a continuación:

5.3.1 Técnicas de recolección de datos

A. Análisis bromatológicos de la materia prima.

En este punto se menciona los métodos aplicados para el análisis proximal de la materia prima utilizada.

1) Determinación de humedad.

El analizador de humedad MA37 mediante el método termo-gravimétrico con lámpara infrarrojo. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 20th Edition (2016), por la Norma AOAC 920.151

2) Determinación de extracto etéreo.

La determinación de grasa total se realizó por el método de Soxhlet descrito por la AOAC (2005), Método oficial (2003.05) en un equipo extractor de grasa Büchi Extraction System B® - 811.

3) Determinación de cenizas.

Se determinará el porcentaje de cenizas aplicando el método directo AOAC 923.03 Cap. 32, pág. 2. Official Methods of Analysis 18th Edition, (2005).

4) Determinación de Materia Orgánica.

El material orgánico que se calcina experimenta una pérdida de peso quedando la fracción de sustancias metálicas, este porcentaje de pérdida se consideró como materia orgánica (MO) que se expresa como porcentaje del peso de la muestra seca.

$$100 = \% \text{ cenizas} + \% \text{ M.O.}$$

$$\% \text{ MO} = \frac{(P1 - \text{Peso cenizas})}{P1} \times 100$$

5) Determinación de metales en muestras de escobajo de la palma aceitera, base seca

La ceniza que queda después de la calcinación de un gramo de muestra de escobajo seco, se dejó digerir con Regia, se diluyó a 100 mL y se traslada hasta el



analizador de metales CP – Óptico de Emisión Espectroscópica de Plasma ICP. Reporte del Informe de Ensayo N^o GQ18076 (véase la tabla N^o 9.6.

6) Determinación de lignina

El método de determinación según la norma técnica de lignina Klason, 1977, ANSI/ASTM, The American National Standards Institute, 2018, considera a la lignina como el residuo insoluble que queda después de un ataque con ácido sulfúrico de la muestra, y se determina según la norma ANSI/ASTM (American National Standard Institute, 1977).

Procedimiento:

Se pesa 1 g escobajo seco y molido (molino artesanal) (P1), con precisión de 0,0001 g, se coloca en un Erlenmeyer de 200 mL. Se añade 15 ml de H₂SO₄ al 72%, se agita y se deja reposar por 24 horas. Se trasvasa el contenido a un balón de 1 L y se añadieron 560 ml de agua desionizada para pasar de H₂SO₄ de 72%, a H₂SO₄ al 3%. Se realiza la digestión en ebullición durante 4 horas en una manta calefactora, con circulación de agua para la refrigeración, al cabo de las cuales se deja sedimentar el sólido y se filtra en una placa filtrante, es secada en estufa a 105 °C y se pesó (P2). Se lava con agua caliente varias veces hasta pH neutro, nuevamente se filtra, se seca por 12 horas a 105 °C y se pesa el sólido (P3). Se toman unos 100 mg del sólido seco y se calcinan en mufla a 430 °C durante 24 horas, obteniéndose así su porcentaje en materia

orgánica (MOlig). El contenido en lignina se calcula con la siguiente expresión:

Lignina:

$$\% \text{ Lignina} = \frac{(P3 - P2) \times (\% \text{ MOlig}) \times 100}{P1 \times (100 - \% H)}$$

donde % H es el porcentaje de agua respecto a muestra seca y molida (humedad operativa).

7) Determinación de fibra cruda.

El método de fibra crudo o bruta desarrollado en la AOAC 935.13 Cap. 32, Official Methods of Analysis 18th Edition, 2005. Técnicas para el análisis fisicoquímico de alimentos de la Dirección General de Investigación en Salud Pública y Dirección de Control de Alimentos y Bebidas de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Fecha de aprobación y publicación: Marzo 27, 1979. Esta Norma cancela a la: NMX-F090-1964.

Se Pesó 2 a 3 gramos de la muestra desengrasada y seca. Colocada en el matraz y se agregaron 200ml de la solución de ácido sulfúrico en ebullición.

Se colocó el condensador y es llevado a ebullición en un minuto, se agrega antiespumante de ser necesario. Hervido exactamente por 30 min, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas a las paredes.



Instalado el embudo Buchner con el papel filtro y precalentado con agua hirviendo. Simultáneamente y al término del tiempo de ebullición, se retira el matraz, se deja reposar por un minuto y se filtra usando succión. La filtración es realizada en menos de 10 min. El papel filtro se lavó con agua hirviendo.

Se transfiere el residuo al matraz con ayuda de una pizeta conteniendo 200ml de solución de NaOH en ebullición y se deja hervir por 30 min como en paso 2.

Es precalentado el crisol de filtración con agua hirviendo y posteriormente filtrado cuidadosamente después de dejar reposar el hidrolizado por 1 min.

Se lavó el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Se colocó el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y se enfrió en desecador.

Los crisoles son pesados con el residuo (sin ser manipulados) y colocados en la mufla a 550°C por 3 horas, se dejan enfriar en un desecador y pesados nuevamente.

Cálculos:

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)



Contenido de fibra cruda (%)= $100((A - B)/C)$

8) Determinación de fibra soluble

La fibra soluble, se disuelve o se hincha con agua, se convierte en gel durante la digestión de los alimentos que lo contienen esto lentifica el proceso digestivo. Este tipo de fibra se encuentra en el salvado de avena, la cebada, las nueces, las semillas, los frijoles, las lentejas, las arvejas (chicharos) y algunas frutas y verduras.

9) Determinación de azúcares reductores totales.

Se determinó el contenido de azúcares reductores totales mediante el método espectrofotométrico utilizando como reactivo revelador el 3,5, dinitro salicílico con una longitud de onda de 540 nm descrito por (Ávila, 2012), determina el “Contenido de azúcares totales, azúcares reductores y no reductores en Agave cocui Trelease”. Usa el método de Miller con DNS para la determinación de azúcares reductores presentes en la piña cruda, piña cocida y el agave de la piña, publicada en la revista MULTICIENCIAS, Vol. 12, N° 2, 2012 (129 - 135). ISSN 1317-2255 / Dep. legal pp. 200002FA828.

Instrumentos de recolección de datos.

Para la presente investigación se utiliza las tablas de comparación de la concentración de las unidades de colonias para la adición del Inóculo, escala de Max Farlan. (Diaz Gutierrez, 2016)

B. Análisis bromatológicos de la materia prima.

En la presente investigación se utilizó las tablas de comparación de la concentración de las unidades de colonias para la adición del Inóculo, escala de Max Farlan. (Diaz Gutierrez, 2016)

Las tablas de diseño experimental de los datos obtenidos donde se relacionan en cada etapa las variables trabajadas.

5.4 Métodos Estadísticos

El procesamiento de la información obtenida en cada etapa del desarrollo de la investigación utilizó las diferentes herramientas estadísticas dependiendo de su complejidad.

- 1) Medidas de tendencia Central como: la media, desviación estándar, la varianza y otros.

En la caracterización física del escobajo de palma aceitera referente al peso promedio por escobajo se determinó promediando el peso de un número significativo de RFV. Para obtener el peso de fibra aprovechable del escobajo se utilizó el peso promedio de fibra que conforman el escobajo libre de material degradado en el proceso de cocción de un número significativo de racimos de frutos frescos de la palma aceitera. La observación de las fibras que conforman el escobajo y cuanto de fibra aprovechable se puede obtener en promedio por escobajo.

Los valores promedio y la desviación estándar de los resultados obtenidos en cada característica bromatológica: humedad, cenizas, azúcares y otros, serán procesados mediante el diseño estadístico del análisis de varianza. Dicho procesamiento de datos se realizará con el programa Microsoft Excel.



2) Medidas de dispersión

La estadística inferencial será utilizada para determinar los parámetros cinéticos de la hidrólisis alcalina. Mediante la regresión y el valor del coeficiente se ha determinado el orden y la velocidad de reacción de hidrólisis para el material lignocelulósico del escobajo de la palma aceitera empleándose el Minitab para la optimización de los parámetros de la hidrólisis alcalina.

El cálculo de la eficiencia de la hidrólisis se efectuó mediante la media porcentual de la cinética de los modelos trabajados.

5.5 Metodología

5.5.1 Acondicionamiento y adecuación de la muestra del escobajo de la palma aceitera

- A. **Determinación del peso promedio del escobajo.** El pesado de los racimos desfrutado (RDF) que se obtiene después de la extracción del aceite crudo de la palma aceitera, se realizó mediante una balanza comercial. Se acondicionaron en sacos plastificados, 10 racimos por saco de escobajo y se procedió al pesado y se obtuvo el peso promedio por escobajo.
- B. **El transporte.** Acondicionados en sacos plastificados los RFV, se trasladaron desde la planta extractora de OLANSA hasta el terminal terrestre de una agencia comercial en Campo Verde, Ucayali para ser transportado a la ciudad de Lima y luego a El Callao, al laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAC, donde fueron recibidas las muestras.
- C. **Selección del escobajo.** La selección y clasificación de los racimos desfrutados como residuo del proceso de extracción

del aceite crudo de palma aceitera se realiza de acuerdo a sus características organolépticas, desechando los racimos ennegrecidos, pequeños y húmedos.

- D. Trozado y separación de la fibra del escobajo.** Se realiza con ayuda de una sierra lineal, para luego proceder al lavado y desinfección, que se efectuó con detergente comercial, agua e hipoclorito de sodio. Seguidamente, se procedió a la separación de la fibra del escobajo, eliminando las fibras externas y ennegrecidas, procediendo nuevamente al lavado.
- E. Secado.** Se realiza en estufa a la temperatura de 65 °C, hasta peso constante y para su conservación se colocaron en bolsas herméticas.

5.5.2 Pre-tratamiento del escobajo de la palma aceitera

1. La fibra del escobajo pasa por una limpieza retirando los pinzotes y cascarilla del peciolo de los frutos para quedarse con la fibra internas.
2. Se pesa 50 g del escobajo seleccionado, se coloca en un frasco de vidrio de 1 L, se agrega 500 mL de agua destilada y se lleva a la autoclave a 120°C y 120 lbf/in² durante 20 minutos. Inmediatamente después se deja enfriar en un ambiente estéril, se vuelve a enjuagar con agua, hasta pH neutro, se escurre y se seca en la estufa a 70 °C.
3. Se repite el paso 2 pero con cada una de las soluciones diluidas de NaOH a 0.3, 0.4 y 0.5 N.
4. El pre tratamiento con hidróxido de sodio se repite a la temperatura de 50 °C por 6 horas y 80 °C por 2 horas.
5. La muestra pre tratada se lavó reiteradas veces hasta que la solución de lavado era neutra, se colocó en la estufa para su secado a una temperatura de 60 °C.



6. La muestra seca se redujo de tamaño de partícula mediante el picado y luego fue molido a malla 200, mediante un molino artesanal.

5.5.3 Hidrólisis alcalina del escobajo de la palma aceitera

La preparación de los hidrolizados del escobajo de la palma aceitera se realizó a partir de la muestra pretratada. Se pesó 2 gramos de escobajo molido y se colocó en frascos de 200 mL

a) Selección de temperatura de hidrólisis.

Se llevó a cabo la hidrólisis con solución alcalina de NaOH al 4.00% y 5.00 %, en baño María, a 50 y 80 °C por 6 y 2 horas respectivamente. La evaluación de la hidrólisis se realizó mediante el contenido de azúcares reductores DNS al inicio, durante el proceso y al término de la hidrólisis, en cada caso se retiró un mL de muestra.

b) Cinética de hidrólisis a la concentración 3%, 4% y 5% de hidróxido de sodio.

Se colocaron 2 gramos del escobajo pretratado en frascos de 200 mL y se agregó 50 ml de NaOH al 3%, 4% y 5% respectivamente. Se retiraron muestras de la hidrólisis del escobajo pretratado a cada intervalo de tiempo para determinar azúcares reductores totales, mediante el método fotométrico de DNS.

5.5.4 Inoculación del sustrato de escobajo de palma aceitera con *Saccharomyces cerevisiae*

A. Activación y obtención del inóculo de *Saccharomyces cerevisiae*

La preparación del inóculo del microorganismo:

Se pesó 10 gramos de chancaca y se diluyó en 0.1L de agua, esta solución fue autoclavada a 121°C por 15 minutos. Se dejó enfriar para luego agregar 1 gr de *Saccharomyces cerevisiae* y se incubó por 30 min. a 37 °C.

B. Preparación del sustrato de escobajo de la palma aceitera.

El sustrato del escobajo de la palma aceitera se obtiene a partir de los hidrolizados alcalinos de muestras pretratadas del escobajo.

Los hidrolizados por el método alcalino tienen un pH muy alto, por lo que requirió de una neutralización mediante la adición de H₃PO₄ al 0.1 N y 1 N. Las muestras fueron llevadas a un pH entre 6 y 7, adecuado para el crecimiento de la levadura.

C. Inoculación del sustrato de la hidrólisis alcalina del escobajo de la palma aceitera

El sustrato que se obtuvo por la hidrólisis alcalina se neutraliza y se ajusta el pH a 6.5. Se esteriliza en autoclave a 120°C y 120 lbf/in² durante 15 minutos cada uno de los hidrolizados para garantizar su inocuidad. Posteriormente, se procede a la inoculación

con levaduras *Saccharomyces cerevisiae* de 10^5 UFC/mL, activada en miel de chancaca a diferentes cantidades, para probar la capacidad prebiótica del sustrato. Después de la inoculación del hidrolizado con la bacteria prebiótica, se realizó movimientos de agitación suaves a fin de distribuir la población en todo el volumen del hidrolizado.

D. Cuantificación de la población del crecimiento bacteriano.

Inmediatamente del paso anterior se toma una alícuota de 1 mL de la muestra inoculada y se traslada a un tubo que contiene 9 mL de agua pectonada, se agita la mezcla y con un hipodérmico estéril se retira 0.1 mL y se aplica al agar nutritivo contenido en una placa petri, se incuba por 24 horas y a una temperatura de 37°C , esta población se le denomina tiempo cero (T_0), la lectura de la población se expresa en UFC/mL.

E. Capacidad del sustrato de la hidrólisis alcalino

Se repite el procedimiento C y D en otras muestras pero con otros volúmenes de inóculo (01, 02, 03, 04...) mL.



VI. RESULTADOS

6.1 Generación de escobajo de la extracción del aceite crudo de palma

De lo expuesto (véase 9.1, pg 69) es el 23% del peso del racimo de fruta fresca de palma aceitera que corresponde al escobajo, se estima que en la planta extractora de Campo Verde de OLANSA se genera el escobajo como parte del residuo con 1196 TN/mes.

6.2 Peso promedio de racimo desfrutado de palma aceitera.

Según (véase la tabla 9.1, pg 69) se aprecia el peso de cada saca que contienen 10 racimos desfrutados de palma aceitera, obteniéndose un peso promedio de 5.372 Kg. Por racimo desfrutado. Considerando la desviación estándar ± 0.602 .

6.3 Características del escobajo de la palma aceitera

Características bromatológicas del escobajo de la palma aceitera se trabajó como (véase 9.3, pg 69) muestras que previamente fueron acondicionadas para los análisis y la investigación, se obtuvieron cantidades porcentuales de Humedad, Grasa, Ceniza y Materia Orgánica. (Véase la Tabla 6.1)

TABLA N° 6.1

ANALISIS DE LA FIBRA DE ESCOBAJO DE PALMA

Contenido	Promedio de cantidad porcentual (%)	Desviación Estandar(+/-)
Humedad	9.786	0.10017
Grasa	9.134	1.951
Ceniza	4.784	0.3797
Materia Organica	95.2155	0.3797

Fuente: Elaboración propia

6.4 Analisis de la cantidad (ppm) de metales en el escobajo de palma aceitera, base seca(BS)

La determinación de metales en muestras de escobajo de la palma aceitera se realizó en muestras de cenizas, encontrando cantidades apreciables los metales de: Sodio, Calcio, Potasio, Magnesio, Aluminio y Hierro. (Véase la Tabla N° 6.2 y Tabla N° 9.7)

TABLA N° 6.2

ANALISIS DE METALES EN EL ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA

Minerales	Promedio de cantidad de mineral (ppm)	Desviación Estándar(+/-)
Sodio	43.453	4.468
Calcio	25.73	2.122
Potasio	25.503	3.062
Magnesio	4.213	0.302
Aluminio	1.24	0.066
Hierro	0.663	0.296

Fuente: Elaboración propia

6.5 Determinación de Lignina en el escobajo de palma aceitera

6.5.1 Efecto del medio alcalino en la reducción de lignina presente en la fibra lignocelulosica del escobajo de la palma aceitera.

La determinación del % de lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera, se obtuvo en promedio 20.95 % de lignina con ± 1.01009 de desviación estándar.

6.5.2 Determinación de % lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera.

La determinación del % de lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera, se obtuvo en promedio 29.927 % de lignina con ± 4.338 de desviación estándar, (Véase la Tabla N° 9.9)

6.6 Determinación de Fibra en el escobajo de palma aceitera

6.6.1 Determinación de % de fibra cruda en el escobajo de la palma aceitera.

La determinación del % de fibra cruda en muestras de escobajo de la palma aceitera, se obtuvo en promedio 32.67 % de fibra cruda con ± 1.760 de desviación estándar, (Véase la Tabla N° 9.10).

6.6.2 Determinación del % de fibra soluble en el escobajo de la palma aceitera.

La determinación del % de fibra soluble en muestras de escobajo de la palma aceitera, se obtuvo en promedio 56.95 % de fibra soluble con ± 1.791 de desviación estándar, (Véase la Tabla N° 9.11).

6.7 Analisis del Pre tratamiento de las muestras del escobajo de la palma aceitera.

El pre tratamiento alcalino con NaOH con mayor grado de respuesta biológica fue a 0.5N hidrolizado al 3%. (Véase la Tabla 9.13 y la Grafica 9.3)

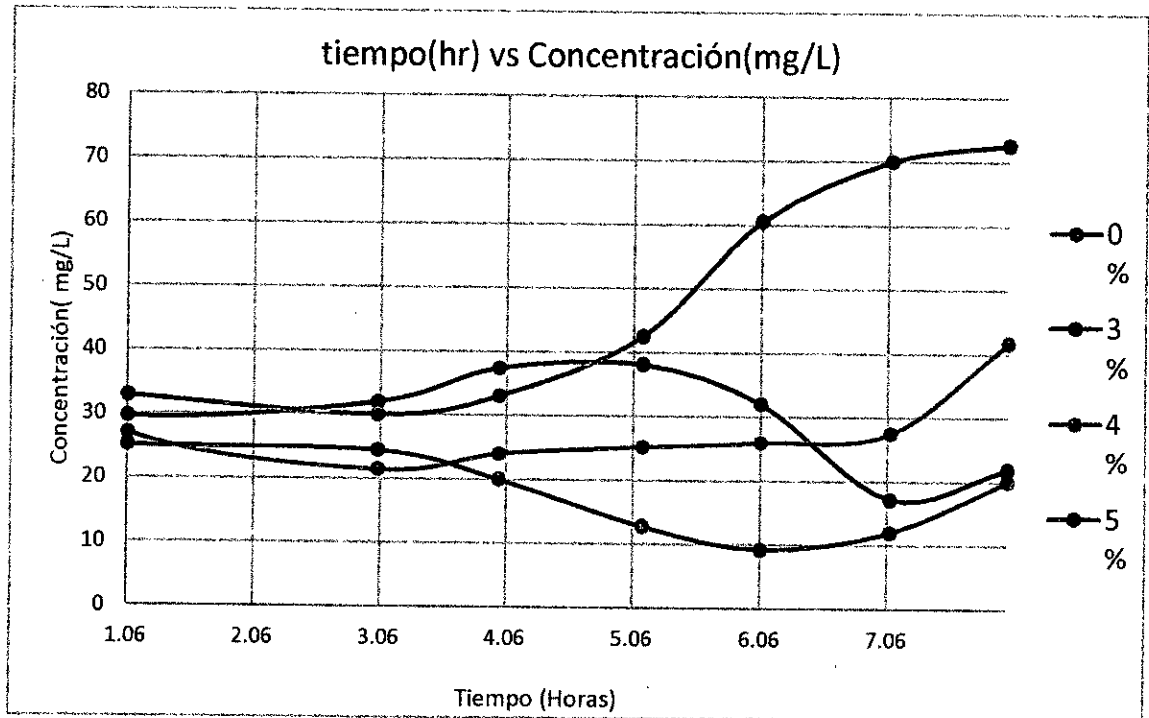
6.8 Hidrolisis del escobajo de la palma aceitera.

En la hidrolisis del escobajo de palma aceitera se concluyó que la temperatura de muestra es 80°C (Véase la Tabla 9.14 y Grafica 9.4) y la concentración de NaOH de la muestra es 5 % (Véase la Tabla 9.15 y Grafica 9.6) respectivamente.



GRAFICA N° 6.1

CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO



Fuente: Elaboración propia

6.9 Determinación de la Cinética de Hidrolisis

(Vease la Tabla 9.15 y la Grafica 9.7) en la que se observa que la curva de crecimiento de azuceres reductores se verificó que al 5%.

Mediante la regresión se determinó que el orden de la hidrolisis fue de 3er orden.

$$\frac{dC}{dt} = -13218 t^2 + 14.2924t - 26.501$$

VII. DISCUSIÓN

- 7.1 La generación de escobajo como residuo en la planta extractora Campo Verde de OLANSA se estima en 1196 TN/mes, lo que puede variar por fallas mecánicas en la planta y por lo expuesto (véase 9.1, pg 68). El porcentaje que corresponde al racimo desfrutado consideramos en el presente informe un promedio del 23% que está dentro de lo estimado por (véase 4.2, (Jaramillo, 2012), pg 23) (22 – 25) %.
- 7.2 En la determinación del peso promedio del racimo de fruta vacío (RFV) más conocido como escobajo se tomó las muestras al azar del centro de la planta de extracción de aceite crudo de palma de OLANZA que procesa la fruta fresca de la especie “*Elaeis guineensis*” variedad tenera que se cultiva en la región Ucayali, obteniendo un peso promedio por RFV de cuánto 5.37 Kg. Nótese que esta planta procesa racimos de frutas frescas que provienen de plantaciones de distintas edades.
- 7.3 Los resultados de la caracterización del escobajo de palma aceitera tienen una varianza en relación a la madurez y el tiempo entre la cosecha y su estadía en el punto de venta para el caso de la humedad, cenizas, materia orgánica y otros, asimilable como se expone en (véase el Tabla N° 4.4, pg. 29), las técnicas utilizadas para las siguientes determinaciones están en la metodología del presente trabajo.
- 1) El porcentaje de humedad es de 9.786 %, con una desviación estándar de ± 0.10017 (Véase la Tabla 9.3, pgs. 71); en (Véase en(Chang et al., 2018)) obtiene un porcentaje de humedad de 2.33% para la fibra de palma (Véase la Tabla 4.4); También en (Véase en(Mejía Almeida, 2012)) obtiene un porcentaje de humedad de 8.37% (Véase la Tabla 10.4) .Se aprecia la semejanza de los resultados con la fuente de Almeida y en el caso de los resultados de la fuente de Chang es porque la muestra que usa es de base seca.

2) La determinación del porcentaje de grasas 9.134%, con una desviación estándar de ± 1.951 (véase la Tabla 6.1, pg. 58); en (Véase en Mejía Almeida, 2012) se obtiene un porcentaje de grasas de 6.59% (Véase la Tabla 10.3). Esta variación sería debido a que depende del acondicionamiento de la muestra para la análisis..

7.4 La determinación del porcentaje de cenizas fue de 4.784 % con una desviación estándar de ± 0.3797 (véase las Tablas 6.1 pg. 58); en (Véase en (Chang et al., 2018)) obtiene un porcentaje de cenizas de 4.28% para la fibra de palma (Véase la Tabla 4.4); también en (Véase en (Mejía Almeida, 2012)) se obtiene un porcentaje de cenizas de 4.24% (Véase la Tabla 10.3). Esta similitud de todos los datos se debe a que el intervalo de temperatura de estas mediciones fue entre 575 y 825°C. En el caso del porcentaje de materia orgánica presente en los RFV no se encuentra mayor información porque se deduce que es la diferencia porcentual entre el peso de la muestra inicial y el peso de la ceniza (Véase la Tabla 6.1).

7.5 Para la determinación de lignina en el escobajo de la palma aceitera se utilizó el método de KLASON, se obtuvo un promedio de 29.927% de lignina con ± 4.338 de desviación estándar (Véase la Tabla 9.9); en el trabajo de investigación de doble hidrólisis alcalina (NaOH y H₂O₂) y enzimática (Véase (Chang et al., 2018)); quién obtuvo un contenido promedio de lignina 36 ± 0.7 %. En la referencia de (Véase en (Mejía Almeida, 2012)) se obtiene un % de lignina de 16.46% (Véase la Tabla 10.3); (Véase (Cortínez, 2010) refiere que las maderas blandas tienen un contenido del 20% de lignina y que pueden ser removidos hasta un 55% con NaOH. El contenido de lignina determinado en el presente trabajo se encuentra en el rango de materiales lignocelulósicos blandos.

7.6 El contenido de fibra cruda nos permite definir a un material lignocelulósico sobre su capacidad de digestibilidad en el caso del escobajo de la palma aceitera se determinó un porcentaje del 32.67% de fibra cruda con ± 1.760



de desviación estándar (Véase la Tabla 9.10). Lo que significa que tiene un alto contenido de fibra soluble que es asimilada en el intestino delgado y la fibra cruda parcialmente es asimilada en el colon.

- 7.7 El contenido de fibra soluble nos permite definir la cantidad de fibra que tiene una alta probabilidad de ser asimilado por el intestino, en el caso del escobajo de la palma aceitera, se determinó un porcentaje del 56.95% de fibra soluble con ± 1.791 de desviación estándar (Véase la Tabla 9.11).
- 7.8 En la identificación de los azúcares reductores presentes o que se forman en una muestra se realiza utilizando diversos métodos, asegurando la confiabilidad de sus resultados como el método Nelson (1944) y Somogyi (1952) (Véase en(Díaz Gutierrez, 2016)) en la determinación de azúcares reductores de los hidrolizados ácidos y enzimáticos de los tallos de brócoli.(Véase Tabla 10.4 y Grafica 10.1). En la determinación de azúcares reductores en el presente trabajo se utilizó el método del DNS para la construcción de la curva estándar utilizando glucosa como patrón y para las lecturas de la muestras de los hidrolizados.
- 7.9 El método alcalino utilizado en el pretratamiento del escobajo de la palma aceitera es altamente eficiente a bajas concentraciones (Véase la Grafica 9.5), donde a la concentración de 0.3 N logra minimizar los efectos de la presencia de la lignina que se refleja en el comportamiento de la curva y en la pérdida de peso porcentual en muestras similares del escobajo de la palma aceitera (Véase la Tabla 9.8); y es favorable para el crecimiento bacteriano. Se concluye que a menor concentración del hidróxido de sodio en el pretratamiento se logra un mejor proceso de hidrolisis de las muestras del escobajo de la palma aceitera.
- 7.10 El efecto de la temperatura en el proceso de hidrolisis a permitido determinar las mejores condiciones para la hidrolisis del escobajo de la palma aceitera (Véase la Tabla 9.14 y la Grafica 9.6) donde a la temperatura de 80°C y a una concentración del 5 % de NaOH para muestras pre tratadas

a 0.1 N de hidróxido de sodio es suficiente darle un tiempo máximo de 10 horas para obtener el mejor rendimiento en azúcares reductores. La evaluación de azúcares reductores se realizó con el método DNS.

7.11 Por la prueba de dispersión usando Minitab se determinó que la cinética de hidrólisis alcalina al 5% se acomoda mejor a la regresión de 3 er orden (Véase la Grafica 9.7 y 9.9) desarrollando una ecuación cinética:

$$\frac{dC}{dt} = -13218 t^2 + 14.2924t - 26.501$$

Que se obtuvo por el coeficiente de regresión de:

$$y = -0.4406x^3 + 7.1462x^2 - 26.501x + 54.06$$
$$R^2 = 0.981$$

(Véase la Tabla 9.15 y Grafica 9.7), Donde se consideró los valores dentro de un rango de crecimiento exponencial para la curva definida al 5% descrita anteriormente. En (Véase Chang Et Al, 2018) describen la variación de los azúcares reductores con respecto al tiempo en la hidrólisis alcalina doble (NaOH – H₂O₂) de la fibra de escobajo de palma aceitera (Véase la Grafica 10.2). Donde se obtuvo el mejor rendimiento de hidrólisis alcalina doble en fibra de palma utilizando la celulosa y hemicelulosa en la generación de azúcares reductores a 70 horas. Se concluye que la hidrólisis alcalina con NaOH que a mayores concentraciones se produce mayor rendimiento en azúcares reductores, lo que se ratifica con los resultados del presente trabajo de investigación donde al 5% se obtuvo un mayor rendimiento en la hidrólisis del escobajo de la palma aceitera.

VIII. REFERENCIAS

- Abejón, R. (2018). A Bibliometric Study of Scientific Publications regarding Hemicellulose Valorization during the 2000–2016 Period: Identification of Alternatives and Hot Topics. *ChemEngineering*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.3390/chemengineering2010007>
- Acosta, C. A. (2012). Evaluación de la Fermentación Alcohólica para la Producción de Hidromiel. *Universidad Nacional de Colombia*, 1–144.
- Ahmad Rizal, N. F. A., Ibrahim, M. F., Zakaria, M. R., Abd-Aziz, S., Yee, P. L., & Hassan, M. A. (2018). Pre-treatment of oil palm biomass for fermentable sugars production. *Molecules*, 23(6), 1–14. <https://doi.org/10.3390/molecules23061381>
- Barroso Casillas, M. (2010). Pretratamiento De Biomasa Celulosa Para La Obtención De Etanol En El Marco De Una Biorrefinería, 117. Retrieved from http://oa.upm.es/10559/1/MIGUEL_BARROSO_CASILLAS.pdf
- Borrero, C. (2007). Requerimiento del cultivo • Requerimiento para la planta de beneficio • Requerimientos administrativos • Requerimientos ambientales.
- Borrero, C. A. (2006). CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq .), 1–14. Retrieved from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Unidad3Adsorcion_19664.pdf
- Chang, S., Li, W., & Zhang, Y. (2018). Impact of double alkaline peroxide pretreatment on enzymatic hydrolysis of palm fibre. *Carbon Resources Conversion*. <https://doi.org/10.1016/J.CRCON.2018.06.005>
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). *The Oil Palm*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Cortínez, V. A. V. (2010). *Comparación De Pretratamientos En Residuos Forestales Para La Producción De Bioetanol De Segunda Generación: Hidrólisis Ácida Y Líquidos Iónicos*. Universidad de Chile.
- Cuervo, L., Folch, J., & Quiroz, R. (2009). Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol. *Bio Tecnología*, 13(3), 11–25. Retrieved from http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2009_3/Lignocelulosa.pdf
- Díaz Gutierrez, A. (2016). *Evaluación de los hidrolizados de tallos de brocoli por medio ácido y enzimático como sustrato prebiótico para los lactobacillus acidophilus*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO.
- Escudero, E., & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2), 61–72. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Espinosa, F. J. (2013). Obtención de etanol mediante hidrólisis alcalina, enzimática y fermentación a partir del excedente orgánico del banano variedad Musa paradisiaca. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53, 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fan, L. T., Gharpuray, M. M., & Lee, Y. H. (1988). *Biotechnology Monographs - Cellulose hydrolysis*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo (Vol. 3). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-72575-3>
- Fedepalma. (2015). Desempeño del sector palmero colombiano 2015-2016. Retrieved from http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/18072016_Desempeño_sector_2015_2016.pdf
- FEDEPALMA. (2017). El Palmicultor. *El Palmicultor*, 541, 28. Retrieved from



[http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Semanario
o Palmero/16 de marzo/Palmicultor_MARZO 2017.pdf](http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Semanario%20Palmero/16%20de%20marzo/Palmicultor_MARZO%202017.pdf)

Gonzales C., D. E. (2005). *Análisis comparativo del proceso de producción de aceite de palma africana: El caso de Hondupalma y Coapalma de Honduras*. ZAMORANO.

Guarnizo, a., Martínez, P. N., & Sánchez, H. a. (2009). Pretratamientos de la celulosa y biomasa para la sacarificación . biomass and cellulose pretreatments for saccharification. *Scientia et Technica*, 15(42), 284–289.

Guzmán C., Edson, Teves M., P., & Monge S., E. (2012). Artículo de revisión Probióticos , prebióticos y simbióticos en el síndrome de intestino irritable, 29(2), 92–98.

Jaramillo, R.; I. (2012). Ventajas económicas y ambientales de industrializar los desechos de palma aceitera. // *Congreso Internacional Palma Aceitera*.

JUNPALMA PERU. (2014). Infografía. *Poster*, 1.
<https://doi.org/10.16003/j.cnki.issn1672-5190.2010.02.021>

Justicia y Paz. (2010). Palma Aceitera. *Ministerio de Agricultura*, 1, 152.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1239\(20000415\)10:4<265::AID-
RNC470>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1239(20000415)10:4<265::AID-RNC470>3.0.CO;2-N)

Kuster, B. F. M., & Temmink, H. M. G. (1977). The influence of pH and weak-acid anions on the dehydration of d-fructose. *Carbohydrate Research*, 54(2), 185–191. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)84808-9](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)84808-9)

Malherbe, S., & Cloete, T. E. (2002). Lignocellulose biodegradation: Fundamentals and applications. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 1(2), 105–114.
<https://doi.org/10.1023/A:1020858910646>

- Masashi SHIBATA, Mahendra VARMAN, Yosuke TONO, Hisashi MIYAFUJI, and S. S. (2007). Critical heat flux on a downward facing surface with a shallow cavity obstruction. *Transactions of the American Nuclear Society*, 109(PART 2), 1557–1560. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2559.2002.14891.x>
- Mejía Almeida, M. E. (2012). *Elaboración de tableros aglomerados autoadheridos a partir de fibra de raquis de palma africana (Elaeis guineensis Jacq.)*. Escuela Politécnica Nacional.
- Menon, V., & Rao, M. (2012). Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(4), 522–550. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2012.02.002>
- Mingorance, F., Minelli, F., & Le Du, H. (2004). El cultivo de la palma africana en el chocó. *Suippcol*, 1, 7–160.
- Miranda Ruiz, E. (2013). *DETERMINACION DEL TIEMPO DE DESCOMPOSICION DEL ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis, Jacq), BAJO CONDICIONES AMBIENTALES EN EL DISTRITO DE CAMPO VERDE-PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO. UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI.*
- Olveira Fuster, G., & González-Molero, I. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutricion Hospitalaria*, 22(SUPPL. 2), 26–34. <https://doi.org/10.1157/13108812>
- Quesada, G. (2005). Tecnología de palma aceitera. *Misterio de Agricultura y Ganadería INTA*. Retrieved from <http://www.galeon.com/subproductospalma/palma2.pdf>
- Roberfroid, M. (2007). Prebiotics : The Concept Revisited 1 , 2. *The Journal of Nutrition*, (1), 830–837.
- Rodríguez Gámez, O., Serrat-díaz, M. D. J., Camacho Pozo, M., & Marin

- Moran, J. E. (2011). Optimización de las condiciones de fermentación para la producción de etanol de melaza de caña por *Kluyveromyces marxianus* CCEBI 2011. *Redalyc*, 7.
- Romero, I. (2003). *Hidrólisis ácida y enzimática del residuo de poda de olivo. Fermentación de Hidrolizados con Pachysolen Tannophilus. Universidad de Jaén.* Retrieved from <http://ruja.ujaen.es/bitstream/10953/431/1/8484392880.pdf>
- Sáenz M., G. (2017). Agroindustria de la Palma de Aceite. *Junpalma Perú*, 1–12. Retrieved from <http://junpalmaperu.org/>
- Samanta, A. K., Jayapal, N., Jayaram, C., Roy, S., Kolte, A. P., Senani, S., & Sridhar, M. (2015). Xylooligosaccharides as prebiotics from agricultural by-products: Production and applications. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(1), 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.12.003>
- Sokoudjou, H. (2001). El amargo fruto de la palma aceitera: despojo y deforestación. *Movimiento Mundial Por Los Bosques Tropicales*, 81.
- Suárez-machín, C., Garrido-carralero, N. A., & Guevara-rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharom myces cerevisiae* y la producción de alcohol . Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 50(1), 20–28. <https://doi.org/10.2307/1939970>
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2008). *Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review. International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 9). <https://doi.org/10.3390/ijms9091621>
- Zevallos, S. P. (2015). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del caeite de palma, en las provincias de coronel y portillo y padre , Región Ucayali.* UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI.

IX. APÉNDICE

9.1 El escobajo como residuo de la extracción del aceite crudo de palma.

En la Región de Ucayali operan 10 plantas extractoras de aceite crudo de palma aceitera; OLANSA es una Empresa Asociativa de palmicultores que cuenta con dos plantas extractoras, una en Neshuya con 12 TN/Hora y otra en Campo Verde, Km. 37 carretera Federico Basadre con 10 TN/Hora promedio. Las muestras de escobajo se obtuvieron de la planta extractora de aceite crudo de palma de Campo Verde, que trabaja un promedio de 20 horas/día y 26 días al mes, procesando aproximadamente 5200 TN/mes, con un rendimiento del 24% de aceite crudo de palma y con una generación de residuos totales del 76% y el escobajo como parte del residuo es el 23% que significa un estimado de 1196 TN/mes de este residuo que se genera solo esta planta.

9.2 Peso Promedio de racimo de fruta vacío (RFV), escobajo.

En la tabla 9.1 (véase pg 116), se aprècia el peso de cada saco que contienen 10 racimos de fruta vacío de palma aceitera que fueron recogidos al azar de los residuos que se eliminan después del proceso de extracción del aceite crudo de palma, obteniéndose un peso promedio de 5,372 Kg de escobajo por saco. Considerando la desviación estándar (σ): ± 0.466 .



TABLA N° 9.1

PESO PROMEDIO DEL ESCOBAJO

Peso/ saco (10 racimos c/u) Kg	Promedio de escobajo en Kg
54.76	5.476
48.42	4.842
61.78	6.178
49.92	4.992
promedio	5.372
Desviación Estándar	± 0.602

Fuente: Elaboración propia

9.3 Identificación del escobajo de la palma aceitera

Para la determinación de las características bromatológicas del escobajo de la palma aceitera se trabajó con muestras que previamente fueron acondicionadas para los análisis y la investigación, según se detalla en la metodología; los datos de la humedad, cenizas, fibra cruda, fibra insoluble, lignina y azúcares reductores se encuentran resumidos en las Tablas que se muestran a continuación. Las pruebas fisicoquímicas se realizaron en el laboratorio de Físico Química de la Facultad de Ingeniería Química y en el Instituto de Instituto de Investigación de Especialización en Alimentos de la UNAC.

9.4 Determinación del % de humedad de muestra fresca

Humedad: para 1 gramo de muestra, Temperatura de 110 °C, a la presión atmosférica; el método de la balanza de humedad se expresa en porcentaje (%) de humedad.

Ejemplo: Muestra de escobajo molido (previamente acondicionado); véase la Tabla N° 9.2. La variación del peso de muestra a través del tiempo hasta peso constante, que corresponde al agua libre.

TABLA N° 9.2

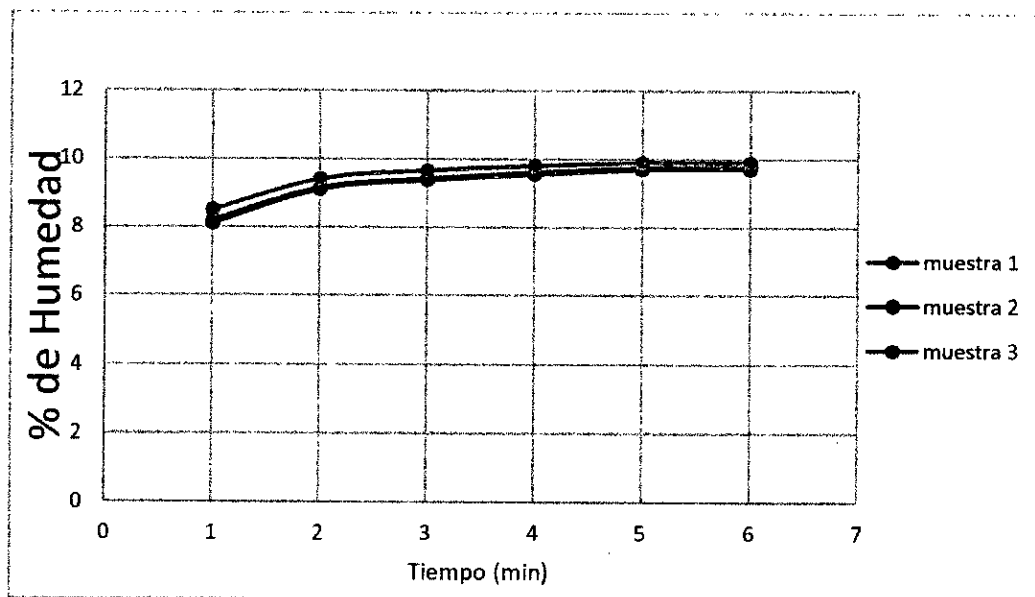
DETERMINACIÓN DEL % DE HUMEDAD DEL ESCOBAJO DE PALMA

Tiempo(min)	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Peso de muestra	%humedad	Peso de muestra	%humedad	Peso de muestra	%humedad
0	1.016	-	1.008	-	1.022	-
1	0.932688	8.2	0.926352	8.1	0.93513	8.5
2	0.9229344	9.16	0.9160704	9.12	0.9257276	9.42
3	0.9201912	9.43	0.9133488	9.39	0.9232748	9.66
4	0.9183624	9.61	0.9116352	9.56	0.9217418	9.81
5	0.91694	9.75	0.9101232	9.71	0.920822	9.9
6	0.91694	9.75	0.9101232	9.71	0.920822	9.9

Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 9.1

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS



Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 9.3
PORCENTAJE DE HUMEDAD DE MUESTRAS DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA

%Humedad del escobajo de la palma aceitera	
Muestra	%humedad
1	9.75
2	9.71
3	9.9
Promedio	9.786
Desviación Estándar	±0.10017

Fuente: Elaboración propia

9.5 Determinación del % de grasa del escobajo de palma aceitera

La determinación de la fracción etérea presentes en la muestra de escobajo se realizó por el método Soxhlet. Se pesa 1 gramo de muestra de escobajo de la palma aceitera, lavada y seca, en una cánula previamente tarada con celulosa. Como solvente extractor se utilizó el éter dietílico, calentado a reflujo sobre la muestra (véase la Tabla 9.4)



TABLA N° 9.4
PORCENTAJE DE GRASA EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA

Muestra	Peso de Muestra	Peso sólido seco	% Grasa
1	1.0102	0.9198	8.9487
2	1.0082	0.9202	8.7284
3	1.0057	0.9079	9.7245
Promedio		9.134	
Desviación Estándar		1.951	

Fuente: Elaboración propia

9.6 Determinación del % de ceniza y materia orgánica del escobajo de palma aceitera

Las pruebas para determinar el porcentaje de cenizas en muestras secas del escobajo de la palma aceitera se realizaron en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química.

Análisis de ceniza: para: 1 gramo de muestra se calcinación en mufla a 550 °C por tres horas. En la Tabla N° 9.5, se muestra los datos obtenidos para cuatro muestras y el promedio porcentual de las cenizas del escobajo de la palma aceitera.

Análisis de materia orgánica: La pérdida de peso de la muestra en la determinación de cenizas corresponde a la materia orgánica presente en la muestra del escobajo de la palma aceitera (ver Tabla N° 9.6).

TABLA N° 9.5
DETERMINACIÓN DE CENIZA EN MUESTRAS DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA

N° Muestra	Peso del escobajo de la palma aceitera	Peso de ceniza g.	% Cenizas
1	1.0028	0.0521	5.195
2	1.0053	0.0447	4.446
3	1.0082	0.0475	4.712
Promedio		4.7843	
Desviación Estándar Base húmeda		0.3797	

Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 9.6
DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA

N° Muestra	Peso del escobajo de la palma aceitera	Peso de ceniza gr	% M. Orgánica
1	1.0028	0.0521	94.8045195
2	1.0053	0.0447	95.5534446
3	1.0082	0.0475	95.2884712
Promedio		95.2155	
Desviación Estándar Base húmeda		0.37976	

Fuente: Elaboración propia

9.7 Determinación de metales en muestras de escobajo de la palma aceitera, base seca.

Las cenizas, producto de la calcinación de las muestras de escobajo de la palma aceitera se digesto con agua regia y se efectúan las lecturas en CP-Óptico Emisión Espectroscópica de plasma en el Laboratorio de MINLAB para 1 gramo de muestra de escobajo de la palma aceitera.

TABLA N° 9.7

DETERMINACIÓN DE METALES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA, BASE SECA

Código		E1	E2	E3	Media	Desv. Est
Elemento	Unidad				x	s
Ag	ppm	0.01	0	0	0.003	0.006
Al	ppm	1.17	1.25	1.3	1.240	0.066
As	ppm	0.12	0	0	0.040	0.069
Ba	ppm	0.05	0.06	0.07	0.060	0.010
Be	ppm	0	0	0	0.000	0.000
Bi	ppm	0	0.02	0.01	0.010	0.010
Ca	ppm	23.32	27.32	26.55	25.730	2.122
Cd	ppm	0	0	0	0.000	0.000
Co	ppm	0	0	0	0.000	0.000
Cr	ppm	0.04	0.06	0.04	0.047	0.012
Cu	ppm	0.1	0.12	0.11	0.110	0.010
Fe	ppm	0.92	0.73	0.34	0.663	0.296
Ga	ppm	0	0	0	0.000	0.000
Hg	ppm	0	0	0.01	0.003	0.006

K	ppm	21.97	27.38	27.16	25.503	3.062
Mg	ppm	3.88	4.29	4.47	4.213	0.302
Mn	ppm	0.18	0.18	0.17	0.177	0.006
Mo	ppm	0	0.01	0	0.003	0.006
Na	ppm	38.47	47.1	44.79	43.453	4.468
Ni	ppm	0.09	0.04	0.04	0.057	0.029
Pb	ppm	0	0	0.04	0.013	0.023
Sb	ppm	0	0.05	0	0.017	0.029
Sc	ppm	0	0	0	0.000	0.000
Se	ppm	0.21	0.13	0.12	0.153	0.049
Sn	ppm	0	0	0.01	0.003	0.006
Sr	ppm	0.57	0.65	0.67	0.630	0.053
Ti	ppm	0.01	0.02	0.01	0.013	0.006
Tl	ppm	0	0.15	0	0.050	0.087
V	ppm	0	0	0	0.000	0.000
Zn	ppm	0.16	0.16	0.17	0.163	0.006

Fuente: Informe de N°GQ17086- MINLAB IRL.

9.8 Determinación de lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera

9.8.1 Efecto del medio alcalino en la reducción de lignina presente en el escobajo de la palma aceitera

El escobajo de la palma aceitera está compuesto por material lignocelulósico. Parte del pretratamiento es minimizar el efecto negativo que tiene la lignina en el proceso de hidrólisis. El hidróxido de sodio logra desestabilizar la

estructura lignica presente en la fibra del escobajo, este efecto se analizó empleando la concentración de 0.2N, 0.3N y 0.5N de NaOH a 40°C (véase la Tabla 9.8). A la concentración de 0.3N se logra mayor efecto en la reducción de lignina.

TABLA N° 9.8

EFFECTO DEL NaOH SOBRE LA FIBRA LIGNOCELULÓSICA DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA PARA LA REDUCCIÓN DE LA LIGNINA

N°	Masa Escobajo		TEMPERATURA = 40°C		
	Gramos		Normalidad del NaOH	Volumen de NaOH (ml)	Lignina %
	P ₀	P _f			
1.	25.0642	20.0728	0.2	200	19.91
2.	25.0210	19.4356	0.3	200	22.32
3.	25.0767	19.9031	0.5	200	20.63
MEDIA ESTÁNDAR REDUCCIÓN DE LIGNINA					(μ): 20.95
DESVIACIÓN ESTÁNDAR					(σ): 1.01009

Fuente: Elaboración propia

9.8.2 Determinación de % de lignina en muestras de escobajo de la palma aceitera

Se usó el método KLASON con 1 gramo de escobajo seco y molido. El proceso se desarrolló en medio ácido considerando para el cálculo el peso inicial, peso posterior al ataque ácido, la materia orgánica lignica, la humedad (véase la Tabla 9.3) y el peso de la ceniza (véase la Tabla 9.9).

TABLA N° 9.9
DETERMINACIÓN DE % LIGNINA EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA.

Muestra	Peso de Muestra	W solido seco	MOlig	P ceniza	% lignina
1	1.0007	0.3613	35.34525832	0.0076	25.034
2	1.0023	0.3426	33.30340217	0.0088	33.303
3	1.0021	0.3192	31.44396767	0.0041	31.4440
Promedio			29.927		
Desviación Estandar			4.338		
Humedad			9.786%		

Fuente: Elaboración propia

9.9 Determinación del % de fibra en el escobajo de la palma aceitera

9.9.1 Determinación del % de fibra cruda en el escobajo de la palma aceitera

El porcentaje de fibra cruda que corresponde al material residual después de haber sido procesado una muestra de escobajo de palma aceitera con ácido y álcali, descontando las cenizas o contenido de minerales (véase la Tabla 9.10).

TABLA N° 9.10

DETERMINACIÓN DEL % DE FIBRA CRUDA EN EL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA

muestra	Peso de muestra A	Peso MUESTRA SECA	PESO DE CENIZA	% FIBRA CRUDA
1	2.0068	0.8601	0.19672	33.056
2	2.0078	0.902	0.2152	34.2065
3	2.0023	0.8281	0.2124	30.7496
Promedio			32.67	
Desviación Estándar			1.760	

Fuente: Elaboración propia

9.9.2 Determinación del % de fibra soluble en el escobajo de la palma aceitera

Es el porcentaje del material que se solubilizó en el procesos acido-álcali en la determinación de fibra cruda (véase la Tabla 9.11).

TABLA N° 9.11

DETERMINACIÓN DEL % DE FIBRA SOLUBLE EN EL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA

Muestra	Peso de muestra A	Peso MUESTRA SECA	% FIBRA SOLUBLE
1	2.0068	0.8601	57.14072155
2	2.0078	0.902	55.07520669
3	2.0023	0.8281	58.64256105
Promedio		56.95	
Desviación Estándar		1.791	

Fuente: Elaboración propia

9.10 Construcción de la curva patrón de azúcares reductores .

Método DNS

Producto de la hidrólisis de la celulosa y la emicelulosa se forman los azúcares reductores conocidos como glucosa, fructuosa, dextrosa, amilosa y otros. Estos azúcares fueron identificados para su valoración por el método de Miller que usa el 3,5 dinitro salicílico dando una reacción de color amarillento que fue determinada por espectrofotometría visible a una longitud de onda de 540 nm (véase la Tabla 9.12 y la Gráfica 9.2). En la construcción de la curva estándar para la glucosa se trabajó con un coeficiente de correlación de 0.99719. La ecuación de regresión se utiliza para la determinación de la concentración y azúcares reductores presentes en el análisis de las diferentes muestras en el pretratamiento en la hidrólisis y en la fermentación.

TABLA N° 9.12

TABLA PATRÓN: AZÚCARES REDUCTORES, MÉTODO DNS

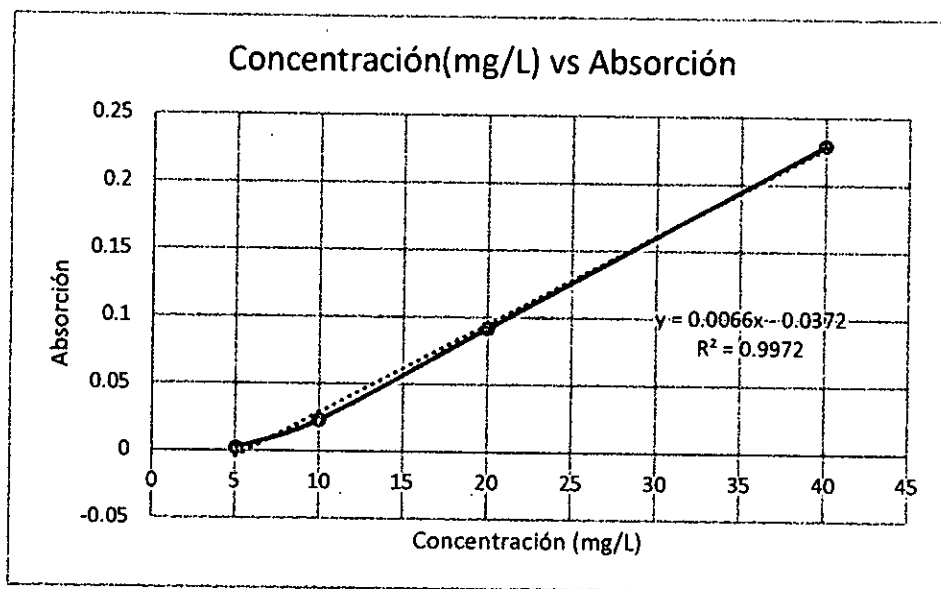
Leer	Abs	nm
Cero	(0,1449)	540,0
Calibración Tiempo colección	01/10/2018 17:15:43	
Patrón	Concentración mg/L	Lectura ABs
Patrón 1	5,0	0,0024
Patrón 2	10,0	0,0232
Patrón 3	20	0,0919
Patrón 4	40	0,2292
Ecuación Calib.	Abs =0,00661*Conc -0,03723	
Coef. Correlación	0,99719	

Fuente: Elaboración propia



GRAFICA N° 9.2

CURVA PATRÓN: AZÚCARES REDUCTORES, MÉTODO DNS



Fuente: Elaboración propia

9.11 Evaluación del pretratamiento alcalino y su influencia en la hidrólisis en muestras de escobajos de palma aceitera

Fue necesario realizar un pretratamiento a las muestras del escobajo de la palma aceitera que previamente fueron acondicionadas para tener las mejores condiciones en el proceso de hidrólisis.

El pretratamiento alcalino con NaOH a 0.3N Y 0.5N influye en la eficiencia y condiciones de la hidrólisis en el escobajo de la palma aceitera. Ésta incidió en el rendimiento de la hidrólisis, del cual se obtuvo el sustrato con mejores condiciones para el crecimiento bacteriano *Saccharomyces cerevisia* (véase la Tabla 9.13 y la Grafica 9.5)

TABLA N° 9.13

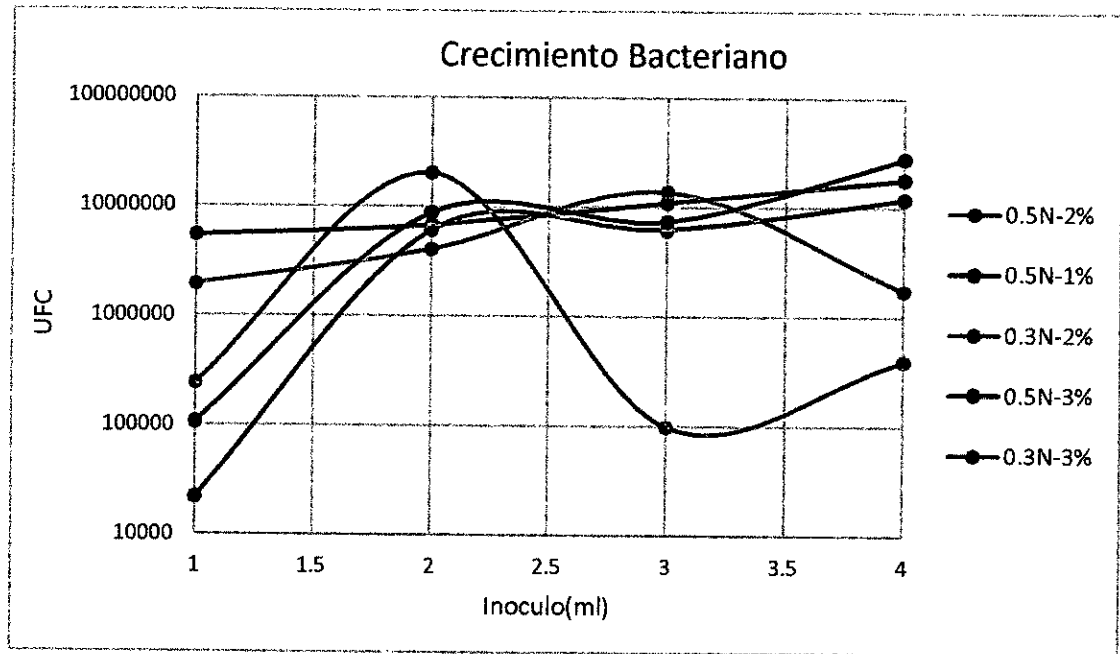
EVALUACION DEL PRETRATAMIENTO ALCALINO Y SU INFLUENCIA EN LA HIDRÓLISIS

INÓCULO (ml)	1er Pretratamiento al 0.3N y 2%		2do Pretratamiento al 0.3N y 3%		3er Pretratamiento al 0.5N y 1%		4to Pretratamiento al 0.5N y 2%		5to Pretratamiento al 0.5N y 3%	
	Muestra	UFC	Muestra	UFC	Muestra	UFC	Muestra	UFC	Muestra	UFC
1	9	1933933.3	17	107000	5	5437333	1	244200	13	21900
2	10	4063000	18	8802833.33	6	6740000	2	20361000	14	6113600
3	11	13834000	19	7425666.67	7	11020000	3	98933.33333	15	6233500
4	12	1728000	20	28075000	8	18061333	4	394466.6667	16	11901500

Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 9.3

**CRECIMIENTO BACTERIANO PARA DISTINTOS
PRETRATAMIENTOS E HIDROLIZADOS EN MUESTRAS DE
ESCOBAJOS HIDROLIZADOS**



Fuente: Elaboración propia

9.12 Hidrólisis del escobajo de la palma aceitera

Mediante el análisis de las curvas que se obtuvieron del tratamiento de hidrólisis alcalinas de las muestras pretratadas del escobajo de la palma aceitera, se identificaron las mejores condiciones de temperatura y concentración del álcali a través del tiempo en la formación de azúcares reductores

9.12.1 Incidencia de la temperatura y concentración del hidróxido de sodio en la hidrolisis de muestras del escobajo de la palma aceitera

La hidrólisis de la muestra del escobajo de la palma aceitera, con pretratamiento a 0.1 N de NaOH, se efectuó a las

concentraciones de 4% y 5% de NaOH y a las temperaturas de 50 y 80 °C, las cuales se evaluaron con el método de Miller (DNS). La observación de las concentraciones de azúcares reductores generados a través del tiempo permitió determinar la cinética de formación de azúcares (véase la Tabla 9.14 y la Grafica 9.4).

TABLA N° 9.14

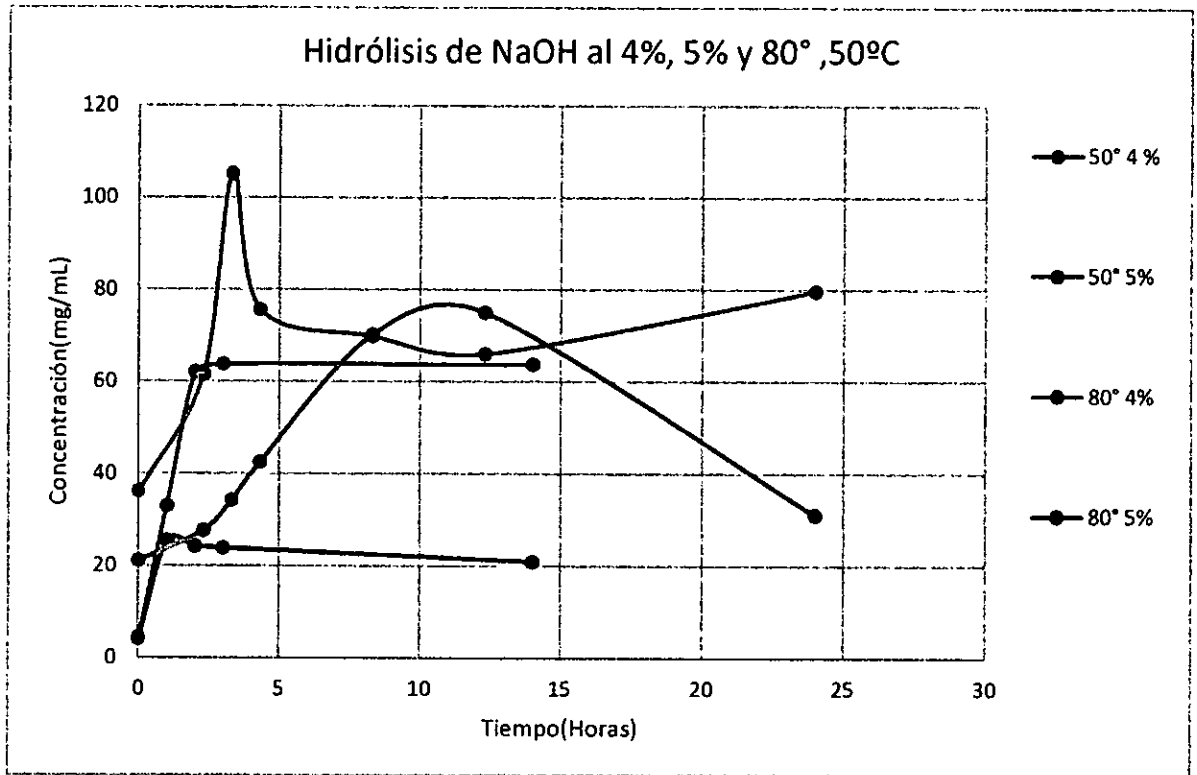
LECTURA DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADOS CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.1N AL CONTROL, 4% Y 5% Y TEMPERATURAS A 50°C Y 80°C

Temperatura (80°C)						Temperatura (50°C)					
Hidrolizado al 4%			Hidrolizado al 5%			Hidrolizado al 4%			Hidrolizado al 5%		
Muestra	Horas	Conc. Azúcar mg/ml	Muestra	Horas	Conc. Azúcar mg/ml	Muestra	Horas	Conc. Azúcar mg/ml	Muestra	Horas	Conc. Azúcar mg/ml
1	0	36.2	7	0	21.1	13	0	4.4	18	0	4.1
2	2.3	61.5	8	2.3	27.6	14	1	33	19	1	25.4
3	3.3	105.3	9	3.3	34.2	15	2	62.1	20	2	24.2
4	4.3	75.6	10	4.3	42.5	16	3	63.8	21	3	23.9
5	8.3	69.9	11	8.3	70.2	infinito	14	63.8	infinito	14	20.9
6	12.3	66	12	12.3	75						
infinito	24	79.7	infinito	24	31						

Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 9.4

CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO



Fuente: Elaboración propia

9.12.2 Cinética de hidrólisis de muestras de escobajo de la palma aceitera en la formación de azúcares reductores.

La velocidad de hidrólisis del material lignocelulósico presente en las muestras del escobajo de la palma aceitera, con pretratamiento a 0.1 N de NaOH, se evaluó a las concentraciones de 0%, 3%, 4% y 5% de NaOH, mediante la determinación de azúcares reductores empleando el método de DNS (véase la Tabla 9.15 y la Grafica 9.6).

TABLA N° 9.15

CINETICA DE HIDRÓLISIS ALCALINA EN MUESTRAS DE ESCOBAJO DE PALMA ACEITERA A 0.1N; AL 0%,3%,4% Y 5%

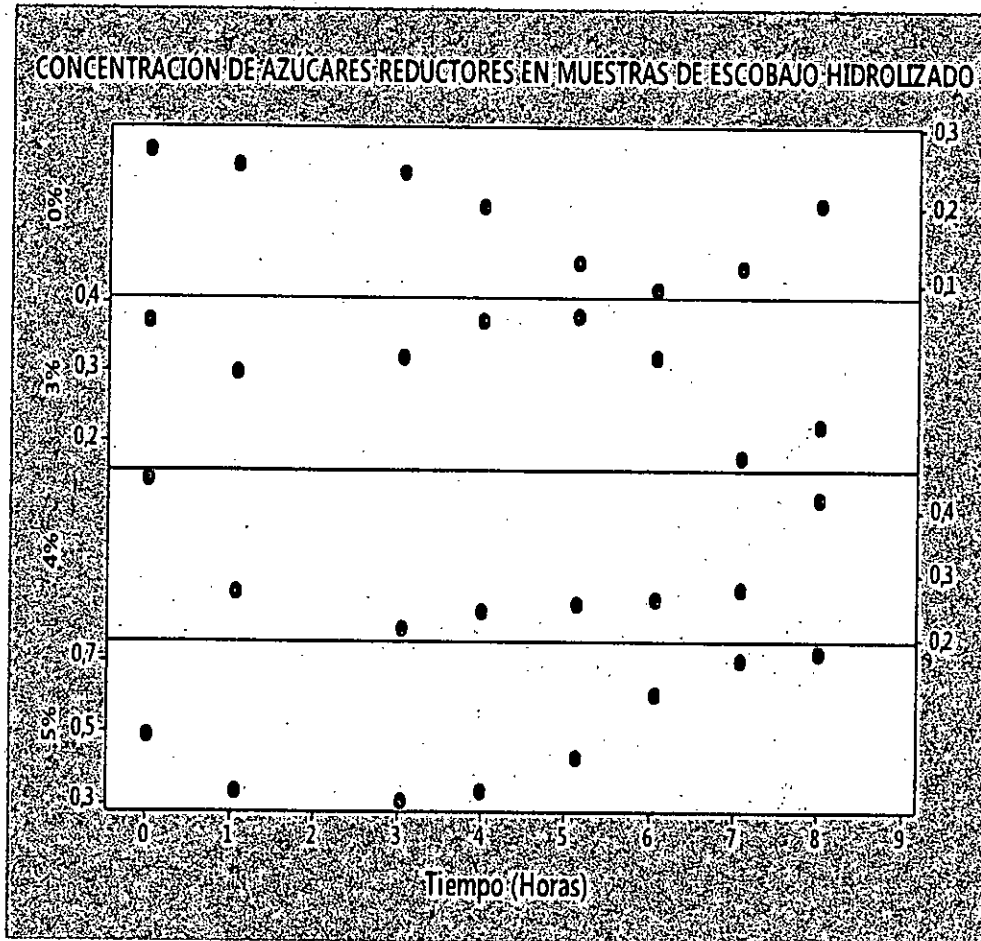
Muestra	Tiempo	NaOH 0%		NaOH 3%		NaOH 4%		NaOH 5%	
		Concentración mg/L	Abs media	Concentración mg/L	Abs media	Concentración mg/L	Abs media	Concentración mg/L	Abs media
1	0	27.3	0.1432	37.3	0.209	45	0.2598		0.2858
2	1.06	25.2	0.12912	29.7	0.15882	27.1	0.14166	32.9	0.17994
3	3.04	24.5	0.1245	32	0.174	21.5	0.1046	30	0.1608
4	4	20	0.0951	37.4	0.2102	24	0.1212	33	0.1806
5	5.13	12.8	0.0474	38.1	0.2145	25.2	0.129	42.5	0.2435
6	6.06	9.3	0.0239	32	0.1745	26	0.1344	60.5	0.3628
7	7.08	12	0.0423	17.2	0.0764	27.5	0.1446	70	0.4248
8	8	20.1	0.0955	21.9	0.1076	41.7	0.2384	72.6	0.4422

Fuente: Elaboración propia



GRAFICA N° 9.5

CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO POR MINITAB



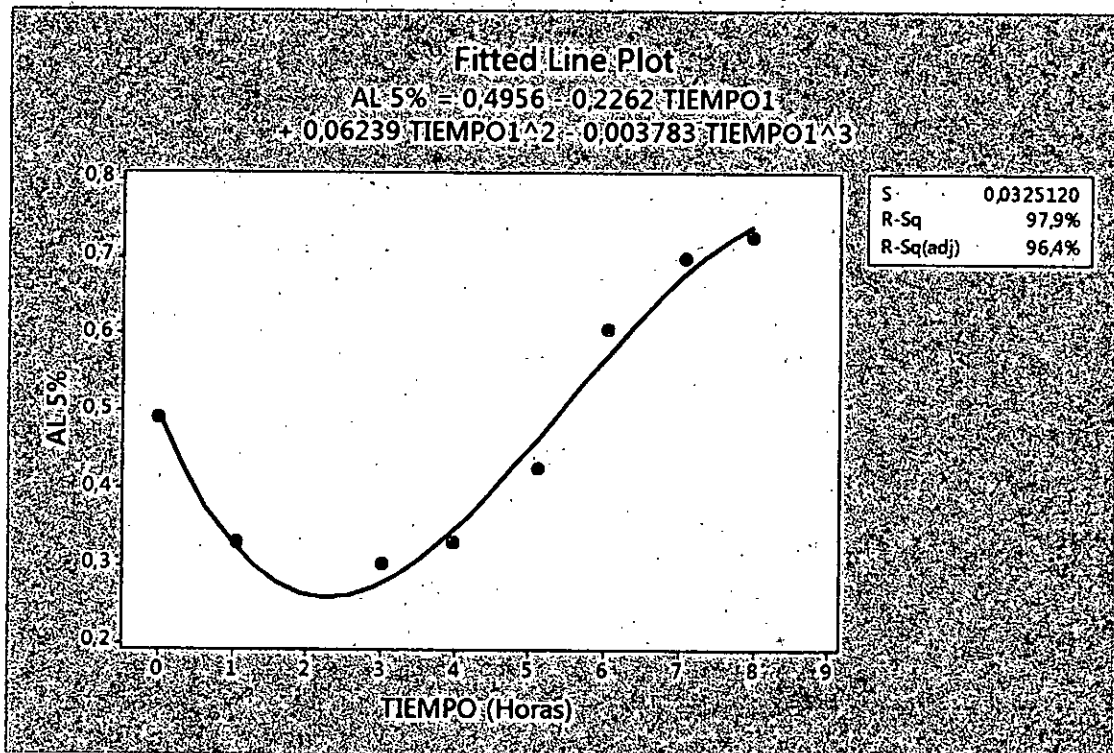
Fuente: Elaboración propia

Para obtener la ecuación que permite determinar el orden y la velocidad específica de reacción se efectúa una regresión al proceso que tiene mejor comportamiento y es al 5% de NaOH.

Para la determinación de los valores cinéticos para la regresión se consideró los puntos comprendidos en el rango de crecimiento exponencial (4-7.08 horas) obteniéndose la siguiente ecuación:

GRAFICA N° 9.6

REGRESIÓN CUBICA DE LA CINETICA DE HIDROLISIS AL 5% POR MINITAB



Fuente: Elaboración propia

$$y = -0.4406x^3 + 7.1462x^2 - 26.501x + 54.06$$

$$R^2 = 0.981$$

Se determino el 3er orden para la reacción de hidrolisis representada por :

$$\frac{dC}{dt} = -13218 t^2 + 14.2924t - 26.501$$



X. ANEXOS

10.1 Matriz de Consistencia

10.2 Glosario

10.3 Caracterización de la fibra de palma

10.4 Determinación de Azúcares Reductores.

10.5 Hidrólisis de las muestras de escobajo de palma aceitera.

10.6 Cinética de hidrólisis del residuo de fibra de palma.



Matriz de consistencia:

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long vertical stroke extending downwards.

13.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA: HIDROLISIS ALCALINA DEL ESCOBAJO DE LA PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis) PARA OBTENER UN SUSTRATO PREBIÓTICO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cuál es el método óptimo para hidrolizar la fracción celulósica y lignocelulósica presentes en el escobajo de la palma aceitera para obtener un sustrato prebiótico?</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>¿Cuál es el método que reduce significativamente la presencia de la fracción lignica en el escobajo de la palma aceitera?</p> <p>¿Cómo optimizar el rendimiento de la hidrólisis alcalina de la fracción celulósica y lignocelulosa presente en el escobajo de la palma aceitera?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Optimizar los parámetros de la hidrólisis alcalina de la fracción celulósica y lignocelulosa presentes en el escobajo de la palma aceitera para obtener un sustrato prebiótico.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <p>Determinar las condiciones del pre-tratamiento del escobajo de la palma aceitera para minimizar la presencia de lignina.</p> <p>Determinar el rendimiento de la hidrólisis alcalina de la fracción celulósica del escobajo de la palma aceitera.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>La hidrólisis alcalina permite el aprovechamiento óptimo de la fracción celulósica y lignocelulosa presentes en el escobajo de la palma aceitera para obtener un sustrato prebiótico</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA INDEPENDIENTE:</p> <p>El pre-tratamiento térmico reduce significativamente la presencia de la fracción lignica en el escobajo de la palma aceitera.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA DEPENDIENTE:</p> <p>El rendimiento de la hidrólisis alcalina de la fracción celulósica y lignocelulosa presente en el escobajo de la palma aceitera depende de la determinación de los parámetros óptimos del proceso.</p>	<p>I. INDEPENDIENTES:</p> <p>$F(x)$ = Fracción lignocelulosa presente en el escobajo de la palma aceitera</p> <p>H (I) = Parámetros de hidrólisis alcalina del escobajo de la palma aceitera</p> <p>II. DEPENDIENTES</p> <p>$G (y)$ = Rendimiento de la hidrólisis alcalina</p>	<p>I. INDEPENDIENTES:</p> <p>x_1 = Cantidad</p> <p>x_2 = componentes</p> <p>x_3 = características bromatológicas.</p> <p>II. DEPENDIENTES:</p> <p>y_1 = Coverción máxima</p> <p>y_2 = [Azúcares reductores]</p> <p>y_3 = Sustrato</p> <p>y_4 = grado de conversión</p> <p>y_5 = Rendimiento</p>	<p>$x_{1.1}$: Kg</p> <p>$x_{2.1}$: %</p> <p>$x_{3.1}$: humedad</p> <p>$x_{3.2}$: ceniza</p> <p>$x_{3.3}$: proteína</p> <p>$x_{3.4}$: fibra</p> <p>$i_{1.2}$: Hidrólisis alcalina</p> <p>$i_{2.1}$: %</p> <p>$i_{3.1}$: °C</p> <p>$i_{4.1}$: [H]</p> <p>$i_{5.1}$: %</p> <p>$i_{5.1}$ = HORAS</p> <p>$y_{1.2}$: Grado</p> <p>$y_{2.1}$: [g/litro]</p> <p>$y_{3.1}$: caracteristi°C</p> <p>$y_{4.1}$: %</p> <p>$y_{5.1}$: g sustrato/g de escobajo</p>

Fuente: Elaboración propia

Glosario

AZUCARES REDUCTORES: Son aquellos azúcares que poseen su grupo carbonilo intacto, y que a través del mismo pueden reaccionar como reductores con otras moléculas como con el 3, 5, Dinitro Salicílico. También provocan alteración de las proteínas mediante la reacción de glucosilación no enzimática también denominada reacción de Maillard o glicación. (Gonzales Flecha, 2000)

ESCOBAJO: Es el racimo de fruta vacío, generalmente es de naturaleza lignocelulósico, para el caso de los racimos de uva y para los racimos de fruta fresca de la palma aceitera.

FERMENTACIÓN: (OMGE), Un proceso en el cual un microorganismo transforma alimentos en otros productos, habitualmente a través de la producción de ácido láctico, etanol, y otros productos finales metabólicos.

FIBRA DIETÉTICA: es un grupo de diferentes sustancias de origen vegetal, que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, pero que sufren una digestión parcial o total en el colon. Comprende a la fibra soluble, fibra cruda.

HIDRÓLISIS: Es un tipo de reacción química. Donde el agua participa en el fraccionamiento de una sustancia tal como AB que representan átomos o iones formando la molécula, la molécula de agua se descompone en ion hidronio (H_3O^+) y el hidroxilo (OH^-) correspondiente; y la molécula AB se descompone en A^+ y B^- , reagrupándose posteriormente en AOH y HB obteniéndose nuevas especies químicas. (Espinosa, 2013)

HIDRÓLISIS ALCALINA: Se denomina hidrólisis alcalina, a determinados tipos de reacciones de sustitución nucleófila en las que el nucleófilo reactivo, es un ion hidróxido

MICROORGANISMO VIABLE: Es un microorganismo que está vivo y tiene la capacidad de reproducirse, desarrollan su actividad en condiciones



favorables como: nutrientes, temperatura, humedad relativa, actividad acuosa, pH, características de membrana, etc. para microorganismo sea tanto bacterias, levaduras, hongos y virus.

PREBIÓTICOS: (OMGO), Sustancias no digeribles que brindan un efecto fisiológico. Son compuestos que el organismo no puede digerir, pero que tienen un efecto fisiológico en el intestino al estimular, de manera selectiva, el crecimiento y la actividad de las bacterias beneficiosas (bifidobacterias y lactobacilos). Los prebióticos tienen esencialmente la misma finalidad los que los probióticos; son bacterias autóctonas.

SUSTRATO PARA LA FERMENTACIÓN: el sustrato es el alimento que van a usar las levaduras para crecer, multiplicarse y producir alcohol y CO₂; y para las bacterias lácticas, para alimentarse y producir ácido láctico.

10.3 Caracterización de la fibra de palma

TABLA N° 10.1

ANÁLISIS PROXIMAL Y DEFINITIVO DE LA FIBRA DE PALMA.

CONTENIDO	VALOR (%)
CENIZA	4.28
VOLATILES	72.13
CARBON FIJO	21.26
HUMEDAD	2.33
C, %	48.32
H, %	6.56
O, %	36.71
N, %	2.89
S, %	0.10

Fuente: (Chang et al., 2018)

TABLA N° 10.2
PORCENTAJE DE COMPONENTES DE LAS MUESTRAS DE FIBRA DE PALMA (BASE EN PESO SECO,%)

Muestra	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Extractivos
Fibra de palma	21.8 ± 1.2	36.3 ± 0.3	36.0 ± 0.7	5.9 ± 0.2
Pretratamiento fibra de palma	45.4 ± 1.6	22.3 ± 0.8	21.4 ± 0.3	10.9 ± 1.2
Residuo hidrólizados	39.5 ± 1.3	20.9 ± 1.5	29.8 ± 0.9	9.8 ± 1.1
Residuo de fibra con doble pretratamiento	50.7 ± 2.1	19.4 ± 2.7	24 ± 0.6	5.9 ± 0.3

Fuente: (Chang et al., 2018)

TABLA N° 10.3
RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA FIBRA DE RAQUÍZ (ESCOBAJO)

COMPONENTE	PORCENTAJE EN FIBRA (%)
CELULOSA	69,83
LIGNINA	16,46
GRASA, CERAS Y RESINAS	6.59
CENIZA	4,24
PENTOSANOS	4,23
HUMEDAD INICIAL	5.88
HUMEDAD DE ANÁLISIS	8.37

Fuente: (Mejía Almeida, 2012)

10.4 Determinación de Azúcares reductores

Lecturas espectrofotométrica. Gráficas de la Curva patrón para azúcares reductores. Tablas de datos registrados de muestras de hidrólizados del escobajo de la palma aceitera.

TABLA N° 10.4

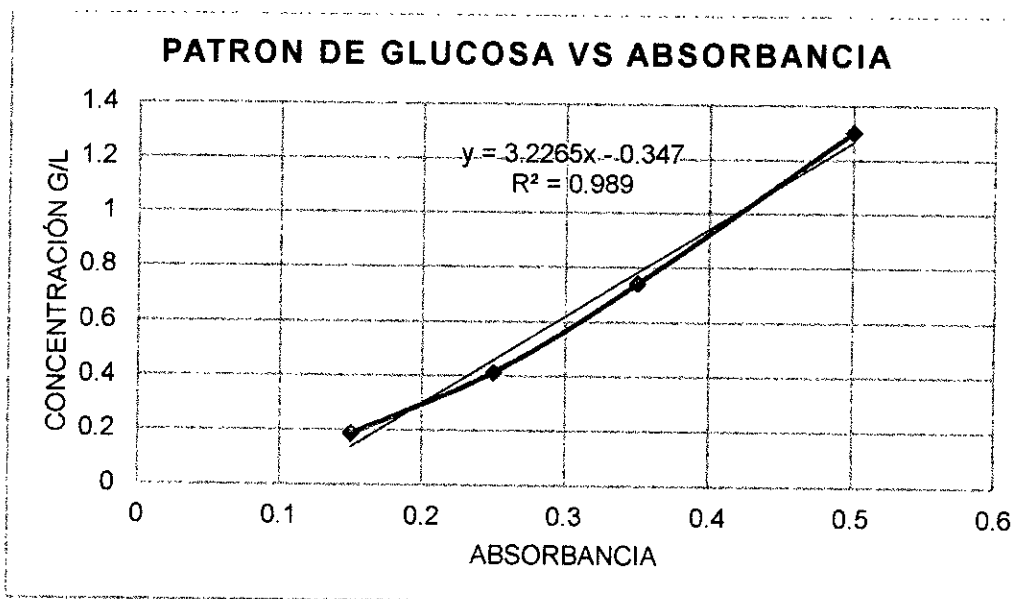
CURVA PATRÓN: AZUCARES REDUCTORES, MÉTODO SOMOGYI Y NELSON

Leer	Abs	nm
Cero	(0.1681)	515.0
Calibración Tiempo colección	20/04/2016 12:42:12 p.m.	
Patrón	Concentración f g/L	Lectura ABs
Patrón 1	0.15	0.1875
Patrón 2	0.25	0.4138
Patrón 3	0.35	0.7406
Patrón 4	0.50	1.3031
Ecuación Calib.	Abs = 3.22641xConc - 0.34701	
Coef. Correlación	0.98899	

Fuente : (Diaz Gutierrez, 2016)

GRAFICA N° 10.1

CURVA PATRÓN: AZUCARES REDUCTORES, MÉTODO SOMOGYI Y NELSON



Fuente: (Diaz Gutierrez, 2016)

TABLA N° 10.5

LECTURA DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADOS CON HIDROXIDO DE SODIO 0.1 N AL CONTROL, 3%,4% Y 5%

Hora Informe	01/10/2018 17:12:34		
Método			
Nombre de Lote	C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\queratin\hodrolisis del escobajo3.BCN		
Aplicación	Concentración 3.00(339)		
Operador	Azucares reductores		
Condiciones del Instrumento			
Instrumento	Cary 50		
N° Versión Intrumento.	3,00		
Long. Onda (nm)	540,0		
Modo Ordenadas	Abs		
T. Med. (sec)	0,1000		
Replicados	3		
Media Patrón/Muestra	Apag.		
Correcciones de peso y volumen	Apag.		
Tipo Ajuste	Lineal		
Mín R ²	0,95000		
Unidades Concentración	mg/L		
Cambiador Celdas	Encen.		
Comentarios:			
Informe Cero			
Leer	Absnm		
Cero	(0,1449)		540,0
Calibración			
Tiempo Colección	01/10/2018 17:12:49		
Patrón	Concentración mg/L	F	Media
Patrón1	5,0	0,0024	
Patrón2	10,0	0,0232	
Patrón3	20,0	0,0919	

Patrón4	40,0	0,2292	
Ecuación Calib.		Abs =0,00661*Conc	-0,03723
Coef. Correlación		0,99719	
Hora Calibración		01/10/2018 17:15:43	
Análisis			
Tiempo Colección		01/10/2018 17:15:43	
Muestra	Concentración	F	Media
mg/L			
Muestra1	27,3	0,1432	
Muestra2	25,2	0,12912	
Muestra3	24,5	0,1245	
Muestra4	20,0	0,0951	
Muestra5	12,8	0,0474	
Muestra6	9,3	0,0239	
Muestra7	12,0	0,0423	
Muestra8	20,1	0,0955	
Muestra9	37,3	0,2090	
Muestra10	29,7	0,15882	
Muestra11	32	0,174	
Muestra11	20,6	0,0990	

Muestra12	37,4	0,2102
Muestra13	38,1	0,2145
Muestra14	32,0	0,1745
Muestra15	17,2	0,0764
Muestra16	21,9	0,1076
Muestra17	65,7 0	0,3969
Muestra18	29,1	0,1548
Muestra19	21,5	0,1046
Muestra20	24	0,1212
Muestra21	25,2	0,1290
Muestra22	26	0,1344
Muestra23	27,5	0,1446
Muestra24	41,7	0,2384
Muestra25	48,9 0	0,2858



TABLA N° 10.6

LECTURA DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADOS CON HIDROXIDO DE SODIO 0.1N AL CONTROL, 4% Y 5% Y TEMPERATURAS A 50°C Y 80°C

Hora Informe	05/10/2018 17:03:23		
Método			
Nombre de Lote	C:\Documents and Settings\Administrador\Escritorio\queratin\glucosa 2.BCN		
Aplicación	Concentración 3.00(339)		
Operador	glucosal		
Condiciones del Instrumento			
Instrumento	Cary 50		
N° Versión Instrumento.	3,00		
Long. Onda (nm)	540,0		
Modo Ordenadas	Abs		
T. Med. (sec)	0,1000		
Replicados	3		
Media Patrón/Muestra	Apag.		
Correcciones de peso y volumen	Apag.		
Tipo Ajuste	Lineal		
Min R²	0,95000		
Unidades Concentración	mg/mL		
Cambiador Celdas	Encen.		
Comentarios:			
Informe Cero			
Leer	Absnm		
Cero	(0,1436)	540,0	
Calibración			
Tiempo Colección	05/10/2018 17:03:36		
Patrón	Concentración	F	Media SD %RSD Lecturas
mg/mL			
Patrón1			0,0009 0,0008 0,0007
	2,0	0,0008	0,0001 11,4
Patrón2			0,0066 0,0066 0,0068
	5,0	0,0067	0,0001 1,60
Patrón3			0,0368 0,0369 0,0368
	10,0	0,0368	0,0001 0,16
Patrón4			0,1084 0,1085 0,1084
	20,0	0,1084	0,0001 0,07
Patrón5			0,2455 0,2453 0,2454
	40,0	0,2454	0,0001 0,03
Ecuación Calib.	Abs =0,00663*Conc -0,02254		
Coef. Correlación	0,99581		
Fecha Calibración	05/10/2018 17:10:05		

Análisis

Tiempo Colección

05/10/2018 17:10:05

Muestra mg/mL	Concentración	F	Media	SD	%RSD	Lecturas
Muestral1						0,2177 0,2174 0,2174
	36,2		0,2175	0,0002	0,09	
Muestra2						0,3855 0,3855 0,3854
	61,5	o	0,3855	0,0001	0,02	
Muestra3						0,6758 0,6756 0,6765
	105,3	o	0,6760	0,0005	0,07	
Muestra4						0,4790 0,4794 0,4791
	75,6	o	0,4792	0,0002	0,05	
Muestra5						0,4412 0,4410 0,4412
	69,9	o	0,4411	0,0001	0,03	
Muestra6						0,4154 0,4152 0,4157
	66,0	o	0,4154	0,0002	0,06	
Muestra7						0,1202 0,1170 0,1158
	21,1		0,1177	0,0023	1,92	
Muestra8						0,1672 0,1671 0,1672
	27,6		0,1596	0,0000	0,03	
Muestra9						0,2345 0,2338 0,2329
	34,2		0,2032	0,0008	0,34	
Muestra10						0,2395 0,2393 0,2395
	42,5		0,258	0,0001	0,05	
Muestra11						0,2009 0,2009 0,2010
	70,2		0,4408	0,0001	0,04	
Muestra12						0,3197 0,3202 0,3198
	75,0	o	0,4725	0,0003	0,08	
Muestra13						0,0066 0,0066 0,0067
	4,4		0,0066	0,0001	0,80	
Muestra14						0,1968 0,1962 0,1960
	33,0		0,1963	0,0005	0,24	
Muestra15						0,3898 0,3896 0,3899
	62,1	o	0,3897	0,0001	0,04	
Muestra16						0,3990 0,4009 0,4029
	63,8	o	0,4009	0,0020	0,49	
Muestra17						0,4005 0,4006

Muestra18					0,0045 0,0049 0,0055
	4,1	0,0050	0,0005	9,31	
Muestra19					0,1453 0,1458 0,1462
	25,4	0,1458	0,0004	0,28	
Muestra20					0,1377 0,1378 0,1379
	24,2	0,1378	0,0001	0,04	
Muestra21					0,1361 0,1362 0,1362
	23,9	0,1362	0,0001	0,04	
Muestra22					0,1160 0,1162 0,1162
	20,9	0,1161	0,0001	0,11	
Muestra23					0,5059 0,5059 0,5060
	79,7 O	0,5059	0,0001	0,01	
Muestra24					0,1829 0,1828 0,1830
	31,0	0,1829	0,0001	0,06	
Muestra25					-0,0175 -0,0177 -0,0177
	0,7	-0,0176	0,0001	-0,5	
Muestra26					0,0757 0,0755 0,0757
	14,8	0,0756	0,0001	0,14	
Muestra27					-0,0198 -0,0197 -0,0197
	0,4	-0,0197	0,0000	-0,1	
Muestra28					0,1136 0,1137 0,1137
	20,5	0,1136	0,0001	0,05	
Muestra29					0,0639 0,0637 0,0640
	13,0	0,0639	0,0001	0,20	
Muestra30					0,0751 0,0749 0,0750
	14,7	0,0750	0,0001	0,12	
Muestra31					0,0606 0,0608 0,0609
	12,6	0,0608	0,0001	0,22	
Muestra32					0,0585 0,0584 0,0584
	12,2	0,0584	0,0000	0,07	

Leyenda Marcas Resultados

U = Sin calibrar O = Fuera de rango
N = No usado en calibración R = Lectura repetida

Análisis

Tiempo Colección

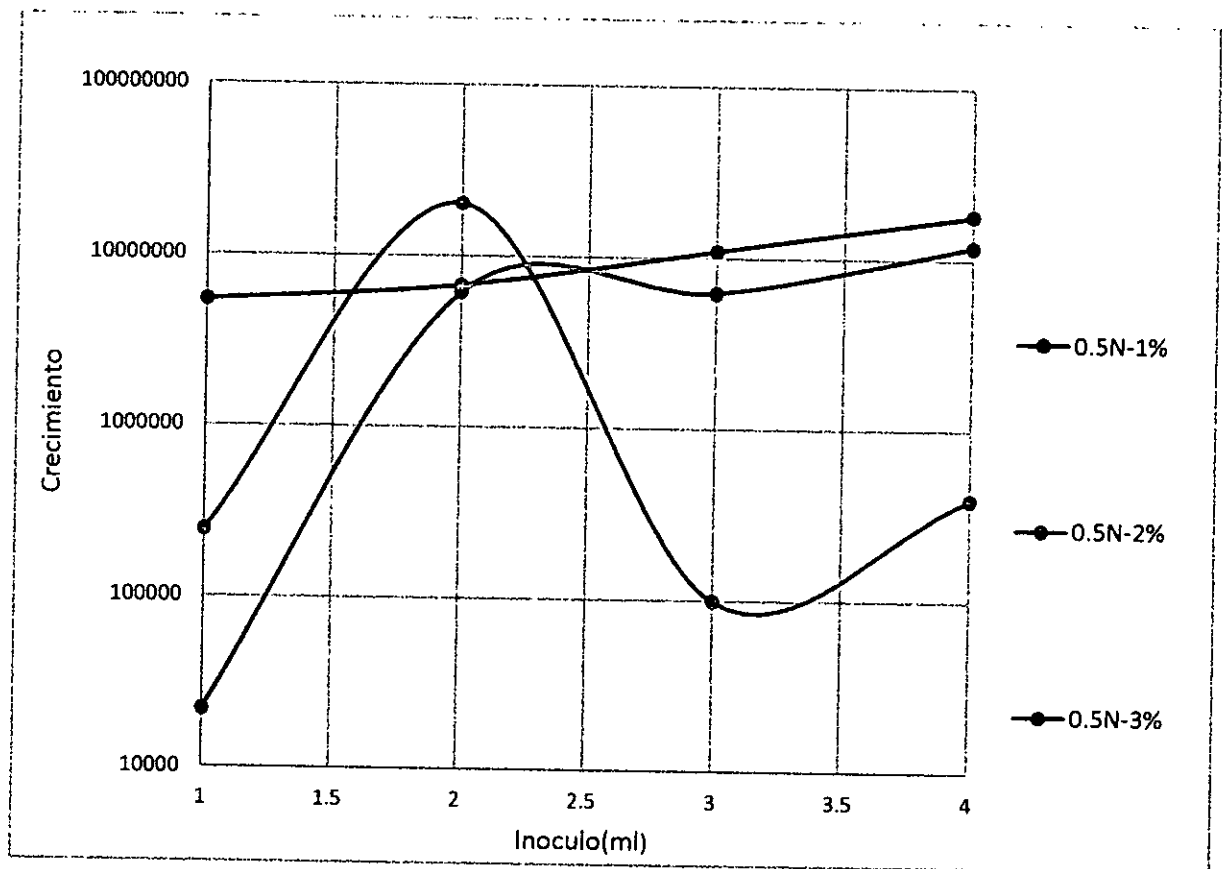
05/10/2018 17:10:05

Muestra mg/mL	Concentración	F	Media	SD	%RSD	Lecturas
Muestra1						0,2177 0,2174 0,2174
	36,2		0,2175	0,0002	0,09	
Muestra2						0,3855 0,3855 0,3854
	61,5	0	0,3855	0,0001	0,02	
Muestra3						0,6758 0,6756 0,6765
	105,3	0	0,6760	0,0005	0,07	
Muestra4						0,4790 0,4794 0,4791
	75,6	0	0,4792	0,0002	0,05	
Muestra5						0,4412 0,4410 0,4412
	69,9	0	0,4411	0,0001	0,03	
Muestra6						0,4154 0,4152 0,4157
	66,0	0	0,4154	0,0002	0,06	
Muestra7						0,1202 0,1170 0,1158
	21,1		0,1177	0,0023	1,92	
Muestra8						0,1672 0,1671 0,1672
	27,6		0,1596	0,0000	0,03	
Muestra9						0,2345 0,2338 0,2329
	34,2		0,2032	0,0008	0,34	
Muestra10						0,2395 0,2393 0,2395
	42,5		0,258	0,0001	0,05	
Muestra11						0,2009 0,2009 0,2010
	70,2		0,4408	0,0001	0,04	
Muestra12						0,3197 0,3202 0,3198
	75,0	0	0,4725	0,0003	0,08	
Muestra13						0,0066 0,0066 0,0067
	4,4		0,0066	0,0001	0,80	
Muestra14						0,1968 0,1962 0,1960
	33,0		0,1963	0,0005	0,24	
Muestra15						0,3898 0,3896 0,3899
	62,1	0	0,3897	0,0001	0,04	
Muestra16						0,3990 0,4009 0,4029
	63,8	0	0,4009	0,0020	0,49	
Muestra17						0,4005 0,4006

10.5 Hidrolisis de muestras de escobajo de palma aceitera.

GRAFICA N° 10.2

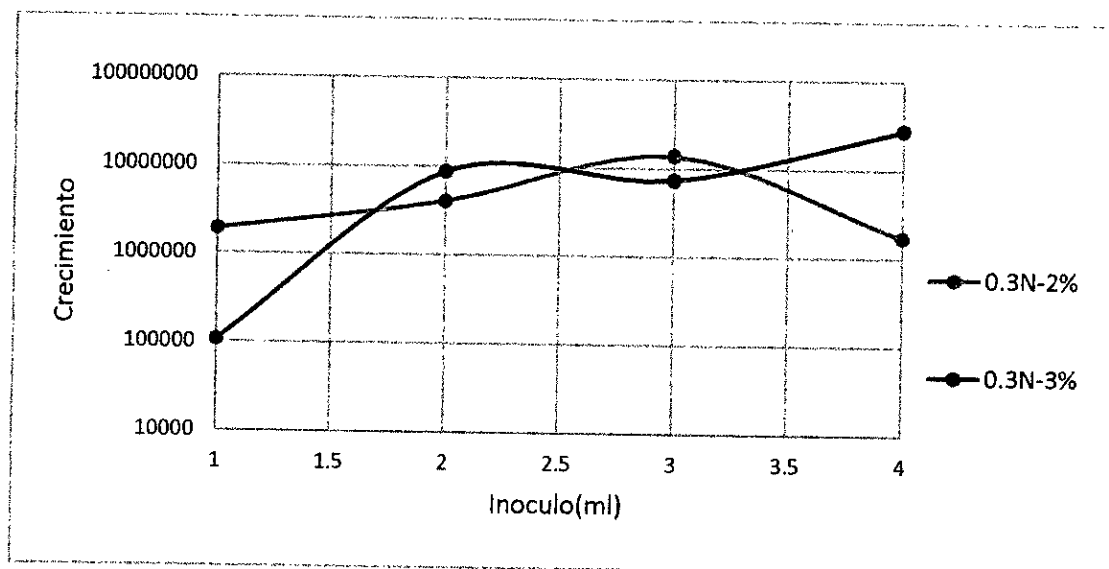
CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO



Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 10.3

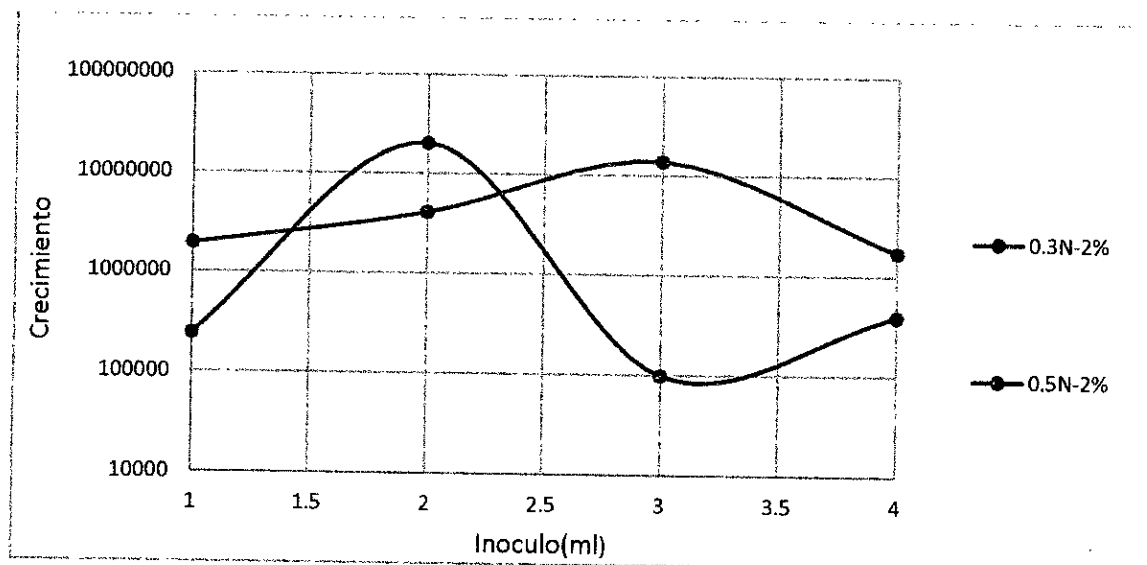
CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO



Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 10.4

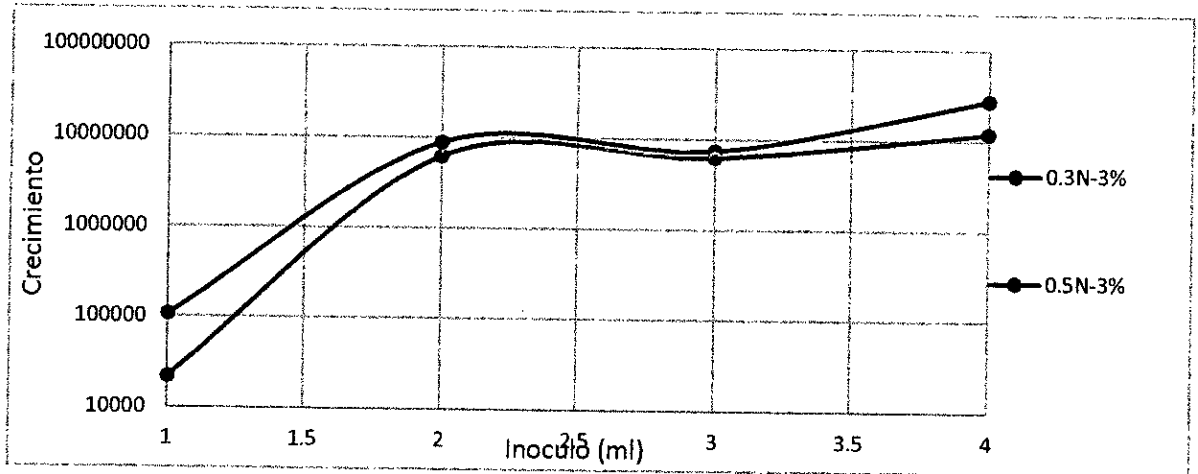
CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO



Fuente: Elaboración propia

GRAFICA N° 10.5

CONCENTRACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES EN MUESTRAS DE ESCOBAJO HIDROLIZADO

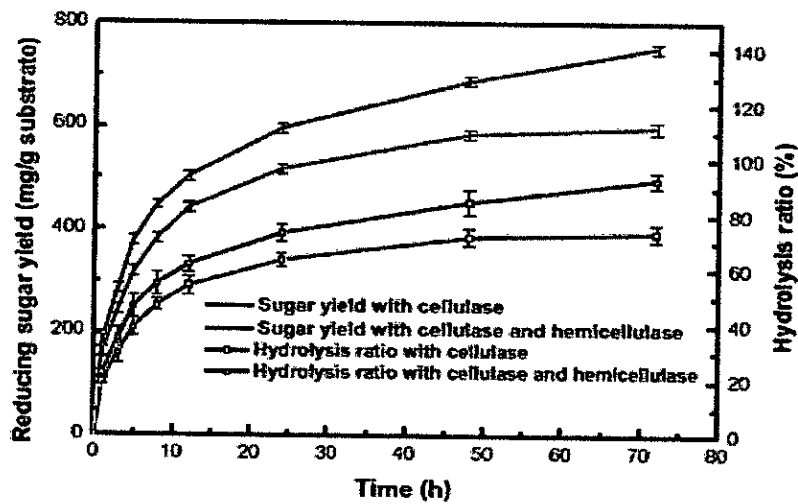


Fuente: Elaboración propia

10.6 Cinética de hidrólisis del residuo de fibra de palma

GRAFICA N° 10.6

PRETRATAMIENTO DOBLE EN EL RENDIMIENTO DE HIDRÓLISIS DEL RESIDUO DE FIBRA DE PALMA



Fuente: (Chang et al., 2018)