

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**CINÉTICA Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA EXTRACCIÓN
DE ACEITE DE LA COPRA DE COCO (*Cocos nucifera L.*) CON DOS
SOLVENTES ORGÁNICOS**

TESIS

PRESENTADA POR:

BACH. MONICA YENY ILLA CUTIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

CINÉTICA Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA EXTRACCIÓN
DE ACEITE DE LA COPRA DE COCO (*Cocos nucifera L.*) CON DOS
SOLVENTES ORGÁNICOS

PRESENTADA POR:

BACH. MONICA YENY ILLA CUTIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO



APROBADA POR:

PRESIDENTE:


.....
Dr. Sc. MOISES PEREZ CAPA

PRIMER MIEMBRO:


.....
M. Sc. JANETTE ROSARIO RAMOS PINEDA

SEGUNDO MIEMBRO:


.....
Ing. PERCY ELOY MAMANI LUQUE

DIRECTOR / ASESOR:


.....
Mg. HIGINIO ALBERTO ZUÑIGA SANCHEZ

Área : Procesos industriales

Tema : Cinética y caracterización fisicoquímica de la extracción de aceite de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*) con dos solventes orgánicos

Línea: Tecnologías ambientales y recursos naturales

Fecha de sustentación: 19 de noviembre del 2019

DEDICATORIA

A mi Dios por cuidarme, guiarme en cada momento de mi vida y darme la oportunidad de cumplir uno de mis sueños más anhelado y por ser mi maestro y amigo leal.

A mis queridos padres Patricio y Lidia por su amor y apoyo incondicional, por el trabajo y sacrificio en todos estos años. A mi abuelo Rosendo por enseñarme a amar a Dios guiarme en el camino correcto. Con todo el amor que les tengo a mis hermanos Gladys, Luis, Iván, Estrella, Alan por proporcionarme sus consejos y apoyo en cada momento. A mis pequeños sobrinos Anthony, Jhosias, Taylor, Zoe y Daenerys por ser la alegría de mi familia y su entrega del más puro amor y su inocencia.

A mis amigos por los momentos compartidos y el apoyo para realizar el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios por ser mi guía, mi ayuda y darme la oportunidad de ser un profesional. Quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional del Altiplano, por ser mi alma mater. A la Facultad de Ingeniería Química y los distinguidos Docentes, por ser parte de mi formación profesional.

Al Mg. Higinio Alberto Zuñiga Sanchez, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

A mis jurados de tesis quienes con sus experiencias, conocimientos y motivaciones me orientaron en la investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. Problema General	15
1.1.2. Problemas Específicos	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. Objetivo General	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. JUSTIFICACIÓN	18
1.5. HIPÓTESIS	19
1.5.1. Hipótesis General	19
1.5.2. Hipótesis Específicos	19
II. REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1. MARCO TEÓRICO	19
2.1.1. Lípidos	19
2.1.2. Ácidos grasos	21
2.1.3. Lípidos relacionados con ácidos grasos	22
2.1.4. Calidad de los aceites vegetales	23
2.1.5. Obtención de los aceites vegetales	24
2.1.6. Extracción sólido-líquido	24
2.1.7. Extracción Soxhlet	25
2.1.8. El coco (<i>Cocos nucifera L.</i>)	25
2.1.8.1. Generalidades del coco	25
2.1.8.2. Copra	26

2.1.8.3.	Aceite de Coco	27
2.1.8.4.	Clasificación y descripción botánica del coco	28
2.1.8.4.1.	Raíz.....	28
2.1.8.4.2.	Tallo.....	28
2.1.8.4.3.	Hojas.....	28
2.1.8.4.4.	Inflorescencia	28
2.1.8.4.5.	Fruto	29
2.1.8.4.6.	Tipos de cocoteros	30
2.1.8.5.	Hábitat	31
2.1.8.6.	Información fitoquímica.....	32
2.1.8.7.	Farmacología.....	32
2.1.8.8.	Toxicología	32
2.1.8.9.	Usos.....	33
2.1.8.10.	Cinética Química:.....	33
2.1.8.11.	Ley de Rapidez de Reacción:	33
2.1.8.12.	Constante Especifica de Rapidez, K	34
2.1.8.13.	Determinación de la Ley de Rapidez:	34
2.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	34
2.2.1.	Aceite	34
2.2.2.	Extracción solido liquido	34
2.2.3.	Copra de coco.....	35
2.2.4.	Cinética Química.....	35
2.2.5.	Caracterización.....	35
2.2.6.	Diseño Experimental.....	35
2.2.7.	Análisis Físico Químico:.....	35
2.2.8.	Modelamiento matemático de primer orden	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACION.....	36
3.1.	LOCALIZACIÓN.....	36
3.2.	REACTIVOS	37
3.2.1.	Solventes utilizados en el trabajo experimental.	37
3.2.2.	Materiales y equipos	37

3.3.	METODOLOGIA	38
3.3.1.	Materia Prima.....	39
3.3.2.	Determinación de la Cinética	41
3.3.3.	Caracterización físicoquímico.....	42
3.3.4.	Diseño Experimental 2 ²	46
3.3.5.	Diseño Experimental para el éter de petróleo.....	46
3.3.6.	Diseño experimental para el Etanol.....	47
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1.1.	Comportamiento Concentración de Aceite Versus Tiempo (Muestra extraída con etanol)	49
4.1.2.	Cinética de primer orden (muestra Extraída con etanol)	51
4.1.3.	Ecuación del modelo Cinético de la muestra extraída con etanol.....	51
4.1.4.	Calculando la concentración CA de la muestra extraída con etanol	51
4.1.5.	Cálculo de la Velocidad de Reacción de la muestra extraída con etanol.....	51
4.1.6.	Comportamiento Concentración de Aceite Versus Tiempo (Muestra extraída con éter de petróleo)	51
4.1.7.	Cinética de primer orden (muestra Extraída con éter de petróleo)	53
4.1.8.	Ecuación del modelo Cinético de la muestra Extraída con éter de petróleo....	53
4.1.9.	Calculando la concentración CA de la muestra Extraída con éter de petróleo.	53
4.1.10.	Cálculo de la Velocidad de Reacción de la muestra Extraída con éter de petróleo	53
4.2.	Resultados de las pruebas físico químicas.	53
4.3.	Evaluación estadística de la eficiencia de extracción del aceite de la copra de coco (<i>cocos nucifera L.</i>) de la muestra extraída con etanol.....	55
4.3.1.	Tabla Anova para la muestra extraída con etanol	55
4.3.2.	Optimizar Respuesta para la muestra extraída con etanol	56
4.3.3.	Diagramas de Pareto para la muestra extraída con etanol	56
4.3.4.	Grafica de efectos principales para la muestra extraída con etanol	57

4.3.5.	Coef. de regresión para Eficiencia De Extracción para la muestra extraída con etanol.....	58
4.4.	Evaluación estadística de la eficiencia de extracción del aceite de la copra de coco (<i>cocos nucifera L.</i>) de la muestra extraída con Éter de Petróleo.....	58
4.4.1.	Tabla Anova de la muestra extraída con Éter de Petróleo.	58
4.4.2.	Optimizar Respuesta de la muestra extraída con Éter de Petróleo.....	59
4.4.3.	Diagrama de Pareto de la muestra extraída con Éter de Petróleo.	60
4.4.4.	Grafica de efectos principales de la muestra extraída con Éter de Petróleo. ...	60
4.4.5.	Coefficiente De Regresión de la muestra extraída con Éter de Petróleo.....	61
V.	CONCLUSIONES	62
VI.	RECOMENDACIONES	63
VII.	REFERENCIAS.....	64
VIII.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de Lípidos.....	20
Figura 2 Ácido palmítico $C_{15}H_{31}-COOH$; ($C_{16}:0$)	21
Figura 3 Prostaglandina	23
Figura 4 Estructura del coco (<i>Cocos nucifera</i> L.).....	29
Figura 5 Comportamiento concentración versus tiempo.	
Figura 6 Diagrama de bloques del proceso de extracción del aceite de la copra de coco.	38
Figura 7 Descascarado y triturado de la copra de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.)	
Figura 8 Pesado de la copra de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.).....	40
Figura 9 Extracción por soxhlet.....	40
Figura 10 Ejemplo de la determinación del índice de yodo	43
Figura 11 Procedimiento para determinar el índice de saponificación.....	44
Figura 12 Concentración Vs Tiempo de la muestra extraída con etanol	50
Figura 13 Ln de concentración Vs Tiempo de la muestra extraída con etanol.....	50
Figura 14 Concentración de aceite Vs Tiempo M- éter.....	52
Figura 15 Ln de concentración Vs Tiempo M- éter.....	52
Figura 16 Pareto Estandarizado para la muestra extraída con etanol	56
Figura 17 Efectos principales para la Eficiencia de Extracción para la muestra extraída con etanol.....	57
Figura 18 Pareto Estandarizada de la muestra extraída con Éter de Petróleo.....	60
Figura 19 Efectos Principales de la muestra extraída con Éter de Petróleo.	60
Figura 20 Análisis Físico químico M1	65
Figura 21 Análisis Físico químico M2	66
Figura 22 Descascarado de la materia prima	67
Figura 23 Secado de la Materia prima	68
Figura 24 Triturado de la materia prima	69
Figura 25 Pesado de muestra para la Extracción	69
Figura 26 Extracción en el equipo soxleth.....	70
Figura 27 Equipo de Rota evaporador	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido nutricional de la copra de coco	27
Tabla 2 Clasificación botánica del cocotero (Cocos nucifera L.).....	29
Tabla 3 Cuadro del método Wijs para el yodo	43
Tabla 4 Diseño Experimental para la muestra extraída con éter de petróleo	46
Tabla 5 Variable respuesta Eficiencia de Extracción para el éter de petróleo.....	47
Tabla 6 Diseño factorial 2^k lineal para el éter de petróleo.....	47
Tabla 7 Diseño Experimental Etanol	47
Tabla 8 Variable de respuesta Eficiencia de extracción para el etanol.....	48
Tabla 9 Diseño factorial 2^k lineal para el etanol.....	49
Tabla 10 Concentración de aceite versus Tiempo (Muestra extraída con etanol)	49
Tabla 11 Concentración de aceite Vs Tiempo M- éter	51
Tabla 12 Características organolépticas del aceite de coco (Cocos nucifera L.).....	53
Tabla 13 Densidad e Índice de refracción	54
Tabla 14 Características físico químicas para el etanol	54
Tabla 15 Características físico químicas para el éter de petróleo.....	54
Tabla 16 Anova para la muestra extraída con etanol.....	55
Tabla 17 Coeficiente de regresión para la muestra extraída con etanol	58
Tabla 18 Anova de la muestra extraída con Éter de Petróleo.....	58
Tabla 19 Coeficiente de regresión de la muestra extraída con Éter de Petróleo.....	61

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ρ : densidad del fluido (Kg/m^3)

μ : Viscosidad dinámica (Ns/m^2)

X_1 : Tiempo (h)

X_2 : Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Y: Coeficiente de Extracción (%)

Ln: Logaritmo Natural

C_A : Concentración (g/ml)

$-r_A$ = Velocidad de reacción

h = hora

n = Índice de refracción ($^{\circ}$ brix)

t = tiempo

T = Temperatura

V = Volumen

m = Masa

η = viscosidad del fluido.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar la cinética de extracción y las características fisicoquímicas de la fracción lipídica de la copra del coco (*Cocos nucifera L.*) utilizando dos solventes, Éter de petróleo al 95%, y alcohol al 96%, a escala laboratorio. La copra, que es el núcleo de los frutos maduros, se redujo de tamaño y se sometió a un proceso de secado controlado. Esto se hizo para prevenir la descomposición de la materia prima y de la fracción lipídica extraída. El secado de la materia prima se realizó en lunas de reloj en un secador eléctrico. La copra se deshidrató durante 10 horas hasta obtener una humedad óptima, la materia prima se trituro en un mortero hasta obtener un tamaño de partícula uniforme. Se extrajo la fracción lipídica de coco a escala laboratorio por medio de una extracción sólido-líquido utilizando el equipo soxhlet a la temperatura de ebullición del solvente para el éter es de 30 a 40 °C y para el etanol se trabajó con 60 y 70 °C, la concentración se determinó en el modelo cinético de primer orden C_A y $(-r_A)$, para la muestra extraída con éter de petróleo $C_A = 0,29176 \text{ g/ml}$ y $(-r_A) = 0,776 \text{ g/ml} \cdot \text{h}$ y para la muestra extraída con etanol $C_A = 0,95361 \text{ g/ml}$ y $(-r_A) = 0,0034329 \text{ g/ml} \cdot \text{h}$. Luego se procedió a la caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica, evaluando su densidad 1,017 g/ml extraído con el éter y 0,9395 g/ml extraído con el etanol, índice de refracción 16,5 ° brix la muestra extraída con éter de petróleo y 17,0 ° brix la muestra extraída con etanol y las características físico químicas para la muestra extraída con éter de petróleo son de índice de yodo ($I_2/100\text{g}$) = 7,20, índice de saponificación (mg KOH/mg) = 210,10 y la viscosidad (CP A 20°C) = 27,07 y para la muestra extraída con etanol son de índice de yodo ($I_2/100\text{g}$) = 7,25 índice de saponificación (mg KOH/mg) = 201,71 y la viscosidad (CP A 20°C) = 16,84 fueron realizados en el laboratorio de ensayo y control de calidad Universidad Católica De Santa María – Arequipa. Y a la vez utilizando el software statigraphic se determina el tiempo óptimo, la temperatura óptima y el porcentaje de rendimiento, para la muestra extraída con éter de petróleo $t=2,0\text{h}$, $T=40^\circ\text{C}$ y el valor óptimo=47,5517%, para la muestra extraída con etanol $t=3,0\text{h}$, $T=70^\circ\text{C}$ y el valor óptimo=37,6363. Se concluye que la ecuación que más se ajusta para la cinética es de primer orden. En caso del tiempo influye en la extracción de la materia prima, y la temperatura si bien es cierto existe influencia en la extracción del aceite, sin embargo, no es tan significativo.

Palabras Clave: Caracterización, Cinética, Copra de coco, Extracción, Solventes.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of determining the extraction kinetics and physicochemical characteristics of the lipid fraction of the coconut copra (*Cocos nucifera* L.) using two solvents, petroleum ether 95%, and alcohol 96%, at laboratory scale. The copra, which is the core of ripe fruits, was reduced in size and underwent a controlled drying process. This was done to prevent the decomposition of the raw material and the extracted lipid fraction. The drying of the raw material was carried out in watch glasses in an electric dryer. The copra was dehydrated for 10 hours until optimum moisture was obtained, the raw material was triturated in a mortar until a uniform particle size was obtained. The coconut lipid fraction was extracted on a laboratory scale by means of a solid-liquid extraction using the soxhlet equipment at the boiling temperature of the solvent for the ether is 30 to 40°C and for ethanol, it was worked 60 and 70 °C, the concentration was determined in the first order kinetic model $C_A * y (-r_A)$, for the sample extracted with petroleum ether $C_A=0,29176\text{g/ml}$ and $(-r_A) = 0,776 \text{ g/ml} * \text{h}$ and for sample extracted with ethanol $C_A=0,95361\text{g/ml}$ and $(-r_A) = 0,0034329 \text{ g/ml} * \text{h}$. The physicochemical characterization of the lipid fraction was then carried out, assessing its density 1,017 g/ml extracted with the ether and 0,9395 g/ml extracted with the ethanol, refractive index 16,5° brix the sample extracted with petroleum ether and 17,0 °brix the sample extracted with ethanol and the physical chemical characteristics for the sample extracted with petroleum ether are iodine index (12/100g)=7,20, saponification index (mg KOH/mg) = 210 , 10 and the viscosity (CP at 20 °C)=27,07 and for the sample extracted with ethanol are iodine index (12 / 100g) = 7,25 saponification index (mg KOH / mg) = 201,71 and the viscosity (CP at 20 ° C) = 16.84 were performed in the test and quality control laboratory of Católica De Santa María University - Arequipa. And at the same time using the statigraphic software, the optimal time, the optimum temperature and the percentage of yield are determined, for the sample extracted with petroleum ether $t = 2,0\text{h}$, $T = 40 \text{ °C}$ and the optimum value = 47.5517 %, for the sample extracted with ethanol $t = 3,0\text{h}$, $T = 70 \text{ °C}$ and the optimum value = 37,6363. It is concluded that the equation that best fits the kinetics is first order. In the case of time it influences the extraction of the raw material, and although the temperature is true, there is an influence on the extraction of the oil, however, it is not so significant.

Keywords: Characterization, Kinetics, Coconut copra, Extraction, Solvents.

I. INTRODUCCIÓN

La palma de coco (*Cocos nucifera L.*) es una importante fuente de grasa vegetal, el endospermo de la semilla es rico en ácidos grasos. Las propiedades de este aceite están definidas por sus principales componentes químicos. El alto contenido de ácido laurico permite su uso en la industria cosmética y en la fabricación de jabones y detergentes. Además, sus propiedades antivirales, antibacteriales y antiprotozoales, lo hace apropiado para su uso en productos alimenticios. El aceite refinado se utiliza principalmente en la fabricación de productos de panadería, pastelería, chocolate, productos farmacéuticos y pinturas.

Actualmente en Puno la copra del coco se utiliza para consumo directo, para la elaboración artesanal de dulce de coco y para repostería. Uno de objetivos de este estudio es determinar la cinética de la extracción del aceite con cada solvente de la fracción lipídica de coco, y la característica fisicoquímica del aceite de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*), a partir de la copra deshidratada del fruto del coco (*Cocos nucifera L.*) luego llevado a secado durante 10 horas hasta obtener una humedad óptima, la materia prima se trituró en un mortero hasta obtener un tamaño de partícula uniforme, se extrajo el aceite de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*) a escala laboratorio utilizando distintos solventes por el método sólido-líquido en el equipo soxhlet, a la temperatura de ebullición de cada solvente.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú, diversas instituciones han prestado atención a la elaboración de productos naturales con variadas orientaciones respecto a las materias primas, usos y localización de las plantas industriales; dentro de los cuales se encuentran los aceites esenciales que tienen una creciente demanda en el mercado nacional y pueden proporcionar ingresos tanto a los agricultores como a los productores debido a que actualmente las personas están orientando sus consumos a productos alternativos gracias a que éstos son más saludables que los tradicionales.

En la ciudad Puno existe gran cantidad de venta de coco (*Cocos nucifera L.*) más es el consumo del agua de coco que la copra que por no utilizarse se seca y se desperdicia; la población la utiliza para repostería.

1.1.1. Problema General

¿Cómo determinar la cinética de extracción y sus características fisicoquímicas del aceite de la copra del coco (*Cocos nucifera L.*) con los solventes orgánicos éter de petróleo y etanol en el equipo soxhlet?

1.1.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿Cuál es la cinética de extracción del aceite de la copra del coco (*Cocos nucifera L.*)?
- ✓ ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del aceite de coco (*Cocos nucifera L.*) obtenida de la copra de coco?

1.2. ANTECEDENTES

Umaña, (2016) El objetivo principal de este trabajo es evaluar la aplicación de asistencia acústica como tecnología para favorecer la extracción de pectinas de subproductos de naranja (var. Navelina), utilizando un ácido orgánico (ácido cítrico) como disolvente, potenciando así su posible uso alimentario. Para alcanzar el objetivo planteado se procedió a estudiar el efecto de la potencia acústica y el pH del medio sobre las cinéticas de extracción, el grado de metilesterificación, el color y la composición de los extractos obtenidos.

Para evaluar el efecto de la asistencia acústica, se utilizaron dos potencias de ultrasonidos (US) (US1=542±4 y US2=794±4 W L-1), usando como control el tratamiento sin asistencia acústica con agitación a 82 rpm. Como medio de extracción se utilizó ácido cítrico a dos pH (1,5 y 2,0); y se obtuvieron las cinéticas a diferentes tiempos de extracción (0, 3, 6, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 min); todas las experiencias se realizaron a temperatura controlada de 25±2°C; las cinéticas se modelizaron mediante el modelo empírico de Weibull. Se caracterizaron los extractos obtenidos mediante la determinación de color, microestructura, composición en monosacárido y polisacáridos y grado de metilesterificación (GME).

Saavedra, (2016) Tuvo como objetivo general, extraer y caracterizar el aceite esencial de la semilla de Tamarindo (*Tamarindus indica*), y como objetivos específicos, determinar el rendimiento del aceite esencial de la semilla de Tamarindo aplicando la

extracción por hidrodestilación, arrastre con vapor y método soxhlet; caracterizar las propiedades físico-químicas del aceite esencial de las semillas de Tamarindo.

La investigación se justifica porque se requiere darles un uso final a los residuos agroindustriales para evitar la contaminación ambiental. Tuvo como línea de investigación área agroindustria – desarrollo de nuevos productos.

Fuentes, (2013) El porcentaje de rendimiento de la extracción de la fracción lipídica del coco utilizando la técnica de maceración dinámica con reflujo en función de la capacidad extractora de tres solventes y realizar su caracterización fisicoquímica.

Como solventes se utilizaron hexano anhidro al 99,8 %, alcohol isopropílico al 99,97 % y acetato de etilo al 99,996 %. La extracción de la fracción lipídica se llevó a cabo a la temperatura de ebullición de cada solvente (68,6 grados Celsius para el hexano, 76,6 grados Celsius para el acetato de etilo y 82,0 grados Celsius para el alcohol isopropílico).

Páez, Portacio, & Lafont, (2010) La evaluación de diferentes métodos de extracción de aceite de semillas de almendras (*Anacardium occidentale* L) y caracterización de sus propiedades físico-químicas. El procedimiento consiste en someter la muestra a procesos de extracción mecánica o prensado y a extracción con solventes aplicando dos métodos: inmersión e inmersión-percolación.

El método que presentó mejor rendimiento para la extracción del aceite de la almendra de *Anacardium occidentale* L, es el de soxhlet utilizando como solvente el hexano. Los aceites obtenidos por prensado y soxhlet poseen buenas características organolépticas y excelentes propiedades fisicoquímicas, que cumple con las normas internacionales para aceites utilizados en la industria de jabones y cosméticos. De acuerdo con los valores obtenidos en las propiedades fisicoquímicas y el alto contenido de ácido oleico (61.36%), siendo este un ácido graso esencial (omega 9) se puede decir que el aceite extraído por el método de prensado podría ser utilizado en la industria alimenticia, pero el de soxhlet no es el mejor para fines comestibles.

Salamanca Garcia & Sánchez Bermúdez, (2009) En este estudio se realizó la extracción, análisis fisicoquímicos y microbiológicos a la oleorresina del Orégano. Las extracciones realizadas fueron obtenidas a partir del orégano previamente lavado y deshidratado a 40°C por dos días. El método Soxhlet utilizando como solvente etanol al 75% presentó un mayor porcentaje de rendimiento y buenas características organolépticas

en la extracción. Se realizaron pruebas de cenizas, densidad, índice de refracción, índice de acidez, análisis GC-MS, análisis microbiológicos, actividad antioxidante y análisis sensorial; todas las pruebas fueron realizadas por triplicado.

Los resultados obtenidos para los análisis microbiológicos fueron satisfactorios presentando negativo para coliformes totales, coliformes fecales *E. coli* y mesófilos aerobios viables; teniendo en cuenta que este estudio preliminar puede dar paso a otros estudios para la comercialización de esta oleoresina como un producto comestible según la norma ISO 22000 (inocuidad alimentaria).

Huamanyauri, (2016) El aceite de almendra de palma es obtenida después de extraer el aceite de palma, es utilizado mayormente para la fabricación de cosméticos; uno de los problemas más comunes es su calidad fisicoquímica, el cual acarrea costos muy elevados para poder utilizarlo en las industrias, por ello la estabilidad oxidativa es una prueba predictiva que evalúa la resistencia de las grasas y los aceites a reacciones de oxidación y da indicación de su vida de anaquel, dependiendo de las condiciones de manejo, almacenamiento y procesamiento.

Los parámetros de cinética de deterioro para índice de acidez fueron: Orden de reacción=0 ($R_2=0,9617$), $E_a=5,0792$ Kcal/mol, llegando 81 días al máximo de índice de acidez (4 mg de KOH/g de aceite a 30°C).

Los parámetros de cinética de deterioro para índice de peróxido fueron: Orden de reacción=0 ($R_2=0,9817$), $E_a=5,8463$ Kcal/mol, llegando 613 días al máximo de peróxido (10 meq O_2 /Kg de aceite a 30°C).

Rivera et. al (2001) Acetato de Etilo, alcohol Isopropílico, Hexano, Tetracloruro de carbono y xileno, fueron usados como disolventes para extraer de la copra aceite de coco.

Se aplicaron dos procedimientos de extracción sólido-líquido a la temperatura de ebullición de los disolventes, así mismo se efectuaron tres corridas de extracción a tiempos de 1,0, 1.5 y 2,0 hrs.

Los procedimientos de extracción por medio de disolventes químicos confirman la factibilidad de extraer aceite de coco de la copra.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Obtener la cinética de extracción del aceite de la copra del coco (*Cocos nucifera L.*) con los solventes orgánicos éter de petróleo y etanol en el equipo soxhlet y realizar la caracterización fisicoquímica.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la cinética de la extracción del aceite de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*).
- Determinar las propiedades fisicoquímicas del aceite de coco (*Cocos nucifera L.*) en función del extracto obtenido con los solventes orgánicos (Éter de Petróleo, Etanol).

1.4.JUSTIFICACIÓN

El proceso de extracción mediante el prensado aplicadas a semillas oleaginosas con alto contenido de aceite dejan un residuo aproximado de un 6%; es por ello que la extracción por solvente es especialmente ventajosa en el tratamiento de semillas con un contenido bajo de aceite, éste es un procedimiento muy eficaz para la extracción de aceites vegetales y puede reducir el contenido de aceites de las semillas oleaginosas hasta menos de un 1% a la extracción debe preceder la limpieza y trituración de la semilla. Esta trituración tiene por finalidad abrir las células y facilitar la salida del aceite (Martínez, 2010).

Existen muchos métodos de obtención de extractos vegetales (oleaginosos), sin embargo, en este apartado se habla de una extracción sólido-líquido en el equipo Soxhlet, donde se debe establecer los parámetros de extracción para lograr la estandarización del proceso, esto garantiza la eficacia y el rendimiento del producto. Para una extracción óptima es necesario que las semillas contengan un porcentaje mínimo de humedad de (aproximadamente 5%) para favorecer al proceso.

Hoy en día la atención se ha enfocado al desarrollo de nuevas técnicas que permitan un control más efectivo que el proceso de oxidación de aceites. Las mejores opciones para extraer y determinar los compuestos se pueden realizar mediante la extracción por solvente.

Es por ello que el objetivo de la investigación del proyecto pretende extraer, caracterizar el aceite de la copra de coco.

La producción de coco se realiza más en zonas tropicales por ejemplo en la región San Martín es el mayor productor de esta fruta el otro más cercano a la región Puno es Madre de Dios que es el otro productor de donde se está tomando como objeto de estudio, de ahí que en la región Puno en el mercados de Puno y la región casi todo el año hay la venta de coco y es económico por el cual el trabajo de investigación se realizará sin muchos inconvenientes, el solvente éter de petróleo es un medio de rendimiento la idea es trabajar con el etanol ya que es económico y para que en el futuro se trabaje más con el etanol que es permitido.

1.5.HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis General

- La cinética de extracción de aceite de la copra del coco (*Cocos nucifera L.*) se obtiene con el equipo soxhlet con respecto al tiempo, utilizando dos solventes, (Éter de Petróleo, Etanol).

1.5.2. Hipótesis Específicos

- La cinética de extracción del aceite de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*), está en función de la concentración y el tiempo.
- El aceite de la copra del coco (*Cocos nucifera L.*), se determinan las características fisicoquímicas, mediante el extraído por sólido líquido en el equipo soxhlet y análisis físico químico en un laboratorio de ensayo y control de calidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.MARCO TEÓRICO

2.1.1. Lípidos

Los lípidos constituyen un grupo de biomoléculas estructuralmente muy heterogéneo, pero con características comunes de solubilidad; es decir, son poco o nada solubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos (éter, benceno, cloroformo...). La mayoría de los lípidos forman los aceites y las grasas. Los lípidos cumplen funciones diversas en

los organismos vivientes, entre ellas la de reserva energética (triglicéridos), la estructural (fosfolípidos) y la reguladora (esteroides).

La baja solubilidad de los lípidos en agua, se debe a que su estructura química es fundamentalmente hidrocarbonada, es decir, deriva en gran parte de las propiedades de los enlaces carbono-hidrógeno y carbono-carbono presentes en estos compuestos, cuya naturaleza es 100 % covalente y su momento dipolar es mínimo. Por ello el agua que es una molécula muy polar y con gran facilidad para formar puentes de hidrógeno, no es capaz de interactuar con estas moléculas. En presencia de moléculas lipídicas, las moléculas de agua adoptan en torno a ellas una estructura muy ordenada que maximiza las interacciones entre las propias moléculas de agua, forzando a la molécula hidrofóbica al interior de una estructura en forma de jaula, que también reduce la movilidad del lípido. (Fuentes, 2013)

La mencionada heterogeneidad estructural de los lípidos dificulta cualquier clasificación sistemática. Aunque rara vez se hallan en estado libre, los llamados ácidos grasos –ácidos carboxílicos de cadena larga- forman parte de la mayoría de los lípidos. Por esta razón, se procederá en primer lugar a dividir los lípidos en 2 grandes grupos para su estudio:

Lípidos relacionados con ácidos grasos.

Lípidos no relacionados con ácidos grasos.

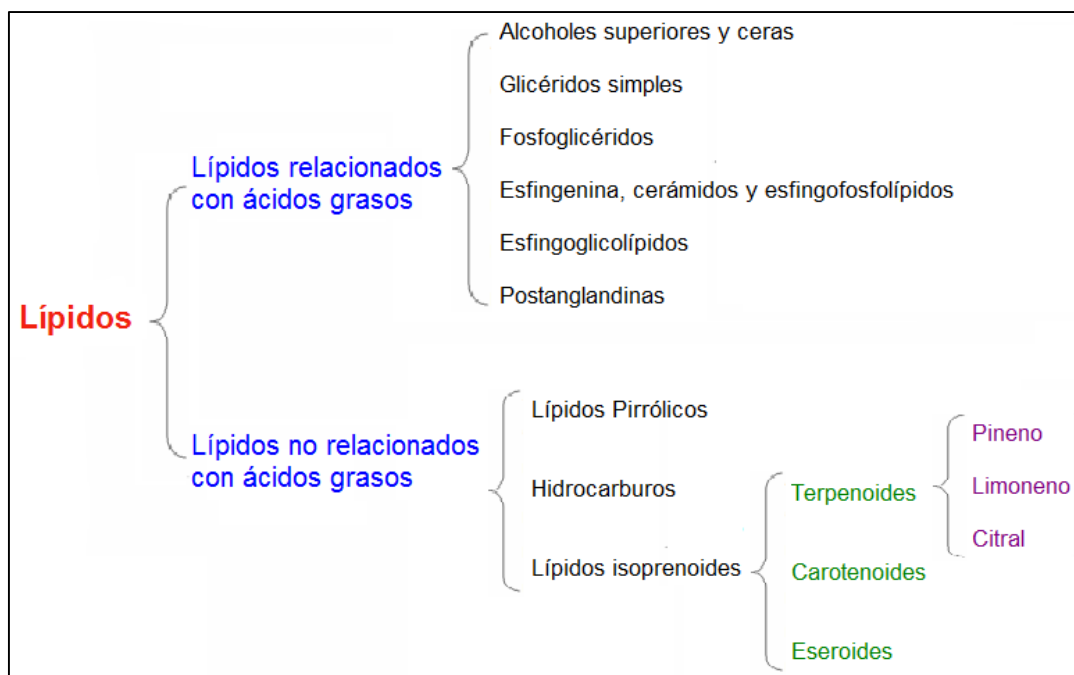


Figura 1 Clasificación de Lípidos.

Fuente: Fuentes, 2013

2.1.2. Ácidos grasos

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, que se hallan normalmente formando parte de otros lípidos por medio de enlaces éster, y rara vez amida. Tienen en un extremo de la cadena un grupo carboxilo (-COOH).

Según la naturaleza de la cadena carbonada de los ácidos grasos, éstos pueden ser saturados, insaturados, lineales, ramificados o alicíclicos, y pueden tener como sustituyentes grupos hidroxilo u oxo. Los más abundantes son los ácidos grasos lineales con número par de átomos de carbono, generalmente más de 12 átomos de carbono y menos de 24. Por ejemplo, el ácido palmítico, lineal, saturado, de 16 átomos de carbono y el ácido esteárico, de 18 átomos de carbono. (Fuentes, 2013)

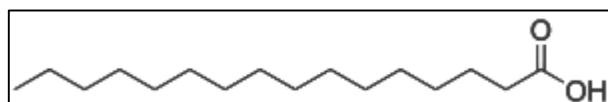


Figura 2 Ácido palmítico $C_{15}H_{31}-COOH$; ($C_{16}:0$)

Fuente: Fuentes, 2013

Fuente: MACARULLA, José. Biomoléculas: lecciones de bioquímica estructural. p. 59.

También son frecuentes las cadenas insaturadas con enlaces dobles cis, como el oleico o el linoleico. Una nomenclatura abreviada, muy útil para designar ácidos grasos, es la que emplea una C mayúscula seguida de números separados por dos puntos, que indican respectivamente el número de carbonos y el de dobles enlaces. Por ejemplo, el ácido araquidónico sería $C_{20}:4,8,11,14$.

Los ácidos carboxílicos presentan solubilidad decreciente en agua al aumentar la longitud de la cadena carbonada, de manera que a partir de $C_{12}:0$ son prácticamente insolubles. Las sales de los ácidos grasos se llaman jabones, y debido a la polaridad del anión carboxilato son muy miscibles con el agua.

Los diferentes ácidos grasos que intervienen en la composición de los glicéridos son los que confieren las características particulares de cada aceite y determinan su comportamiento como nutriente.

Los ácidos grasos saturados sólo tienen enlaces simples entre los átomos de carbono. Son ejemplos de este tipo de ácidos el mirístico (14C); el palmítico (16C) y el esteárico (18C).

Los ácidos grasos insaturados tienen uno o varios enlaces dobles entre los átomos de carbono. Son ejemplos el oleico (18C, un doble enlace) y el linoleico (18C y dos dobles enlaces). La adición de hidrógeno a los ácidos grasos insaturados permite el endurecimiento de las grasas, es decir, la conversión de aceites en margarinas. El doble enlace también es susceptible a la autoxidación por el oxígeno del aire, ésta es una reacción espontánea en la que se producen radicales de peróxido que se descomponen dando ruptura de la cadena carbonada y formación de aldehídos, este es el origen del enranciamiento de las grasas. (Fuentes, 2013)

2.1.3. Lípidos relacionados con ácidos grasos

Se incluyen los lípidos que por hidrólisis liberan ácidos grasos o productos emparentados metabólicamente con ácidos grasos.

Alcoholes superiores y ceras. Son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, con alcoholes también de cadena larga. En general son sólidas y totalmente insolubles en agua.

Por ejemplo, del ácido palmítico se obtiene el hexadecanol. Todas las funciones que realizan están relacionadas con su impermeabilidad al agua y con su consistencia firme. Así la piel, las hojas, frutos, están cubiertas de una capa cerosa protectora.

Glicéridos simples. Son lípidos que constan de ácidos, aldehídos o alcoholes grasos y glicerol. Los más abundantes contienen ácidos grasos unidos al glicerol por enlaces éster. Según el número de hidróxidos sustituidos en el glicerol se distinguen los monoacilglicéridos, diacilglicéridos y triacilglicéridos. Los aceites y grasas naturales están compuestos básicamente por mezclas complejas de triacilglicéridos, con cantidades menores de otros lípidos. Los aceites y grasas se diferencian únicamente por sus propiedades físicas: las grasas son mezclas lipídicas que permanecen sólidas a temperatura ambiente, mientras que los aceites se hallan en estado líquido. Fosfoglicéridos. Son moléculas lipídicas del grupo de los fosfolípidos.

Están compuestos por ácido fosfatídico, una molécula compleja compuesta por glicerol, en el que se han esterificado dos ácidos grasos (uno saturado y otro insaturado) y un grupo fosfato. A su vez, al grupo fosfato se une un alcohol o un aminoalcohol. En la estructura de la molécula se distinguen una parte hidrofílica y otra hidrofóbica, debido a esta estructura, los fosfoglicéridos en medio acuoso forman espontáneamente dispersiones coloidales altamente organizadas. (Fuentes, 2013)

Esfingoglicolípidos. Son lípidos complejos formados por un cerámido y un mono- u oligosacárid, unidos por enlace glicosídico. El cerámido suele contener un ácido graso de cadena muy larga, como lignocérico o nervónico. Los esfingoglicolípidos se suelen clasificar en cerebrósidos y gangliósidos. (Fuentes, 2013)

Prostaglandinas. Son un conjunto de sustancias de carácter lipídico derivadas de un hipotético prostanoico, de 20 átomos de carbono (eicosanoides), que contienen un anillo pentagonal entre C8 y C12. Detectadas en casi todos los tejidos y líquidos orgánicos y con una producción que aumenta en respuesta a diversos estímulos, provocan un amplio espectro de efectos biológicos, siendo algunos de ellos de relevancia original y continuada para la reproducción. Pueden obtenerse de dos fuentes: directamente de la dieta (carnes) o por la formación a partir de su precursor, el ácido linoleico (Fuentes, 2013)

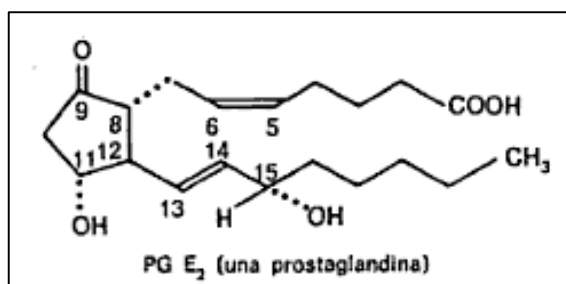


Figura 3 Prostaglandina

Fuente: MACARULLA, José. Biomoléculas: lecciones de bioquímica estructural. p. 68.

2.1.4. Calidad de los aceites vegetales

La calidad de todo producto es una medida del grado de adecuación del mismo al uso esperado y puede definirse como el conjunto de aquellas características de atributos individuales del mismo que son significativos para determinar el grado de aceptación que aprecia el consumidor.

El Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.40:07: Alimentos y Bebidas Procesados. Grasas y Aceites. Especificaciones, fue creado por los respectivos Comités Técnicos de Normalización o Reglamentación Técnica a través de los Entes de Reglamentación Técnica de los países centroamericanos.

Dicho reglamento tiene como objetivo establecer las especificaciones generales que deben cumplir los aceites y grasas vegetales, animales y marinos, y sus derivados comestibles, pre envasados y procesados de tal forma que sean aptos para el consumo humano y que se comercialicen en el territorio centroamericano.

Las especificaciones y parámetros que cubre el presente reglamento aplican a los aceites y grasas refinados pre envasados descritos.

Según el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.40:07, la calidad de un aceite vegetal está formada por un conjunto de propiedades físicas y químicas, y por índices de calidad. Entre estas propiedades se encuentra, la solubilidad, el punto de fusión, el índice de acidez y el contenido de ácidos grasos.

2.1.5. Obtención de los aceites vegetales

El aceite vegetal se puede obtener mecánica o químicamente, y generalmente se usa alguna combinación de ambas técnicas. En el método mecánico las semillas y frutos oleaginosos se someten a un proceso de prensado (extracción por expresión). Los residuos de este prensado se aprovechan como alimento para el ganado, por ser un producto muy rico en proteínas. Finalmente se somete al aceite extraído a un proceso de refinamiento. El método químico utiliza disolventes químicos que generalmente tienen un mejor rendimiento. El solvente generalmente usado es el hexano, por sus propiedades no polares (baja constante dieléctrica) lo que aumenta el rendimiento de la extracción.

2.1.6. Extracción sólido-líquido

La extracción sólido-líquido es una de las operaciones unitarias más ampliamente utilizadas en la industria alimentaria y, entre otros fines, se aplica en la recuperación de ciertos compuestos bioactivos retenidos en la matriz de productos naturales (Pinelo et al., 2006).

La extracción sólido-líquido (S-L) es un proceso de transferencia de materia mediante el cual el compuesto de interés pasa desde la matriz del sólido hasta el seno de la fase líquida. Dicho mecanismo tiene lugar en dos etapas: una primera en la que se produce una rápida transferencia del soluto desde la superficie del sólido al disolvente; y una segunda etapa de transferencia desde el interior del sólido mediante difusión (Sturzoiu & Stroescu, 2011). En la mayoría de sistemas de extracción de la industria alimentaria, se asume que la segunda etapa es el paso limitante del proceso, debido a la resistencia natural que ofrece la fase sólida (a menudo tejidos de origen vegetal) a la transferencia de materia y/o penetración de líquidos (Hojnik et al., 2008).

Las materias primas vegetales contienen en general, pequeñas concentraciones de soluto activo, pero de alto valor añadido que justifica el desarrollo de procesos de separación de alto rendimiento (Romdhane, 2002).

2.1.7. Extracción Soxhlet

La extracción soxhlet es la técnica más antigua para la extracción de analitos desde una matriz sólida a una matriz líquida. La extracción exhaustiva de componentes orgánicos en este sistema se lleva a cabo usando un disolvente orgánico, el cual refluye a través de la muestra contenida en un dedal poroso de celulosa o vidrio. El matraz inferior se calienta y evapora el disolvente, que pasa a través del condensador.

Cuando el disolvente se condensa, cae gota a gota en el depósito interior, donde se encuentra el sólido sobre el que se ha de realizar la extracción. El disolvente caliente contacta con el sólido y empieza a producirse la transferencia de masa hacia el líquido. El disolvente condensado se acumula en el receptáculo interior del extractor y, cuando el nivel alcanza el de la válvula interior, el líquido es succionado y devuelto al matraz inferior. El matraz inferior continúa calentándose y el disolvente es destilado de nuevo, repitiéndose así el proceso durante el tiempo necesario, normalmente varias horas, lo que da lugar a decenas de ciclos de extracción.

Dado que el punto de ebullición del analito siempre será superior al disolvente empleado, el disolvente destilado no contiene cantidades importantes de este, con lo que nunca se alcanzará el límite de solubilidad del analito en el depósito interior y, por lo tanto, la transferencia de masa desde el sólido hasta el disolvente se estará produciendo hasta que prácticamente desaparezca de la matriz. Esto hace que la extracción Soxhlet sea un proceso muy eficaz de extracción sólido-líquido.

Dada la alta eficacia de la extracción Soxhlet, este método se utiliza como referencia para contrastar resultados de extracciones con otros métodos.

2.1.8. El coco (*Cocos nucifera L.*)

2.1.8.1. Generalidades del coco

El coco se encuentra distribuido en todas las regiones tropicales, es una de las plantas que proporciona una mayor diversidad de productos, pues es una fuente de alimento,

bebida y de abrigo, se dice que es la planta a la que se le conocen más aplicaciones y puede ser una de las más aprovechadas por el hombre. (Rodríguez, 1969)

Coco es comúnmente llamado al fruto del árbol cocotero, de la familia de las palmáceas, especie cocos nucifera; el árbol tiene un tronco cilíndrico de 30 – 45 centímetros de diámetro aproximadamente y dependiendo de la especie hasta 30 metros de altura, marcado por anillos que señalan la posición de las hojas que ha ido perdiendo. En el extremo superior se encuentran las hojas curvadas en forma de arco que llegan a tener de 3 a 4,5 metros de longitud. El fruto cuelga en racimos de 10 a 20 unidades y 19 en cada árbol puede haber, dependiendo de la época unos 10 racimos. (Rodríguez, 1969)

Coco maduro es de forma ovoidal, de unos 30 centímetros de longitud y puede llegar a pesar hasta 2,5 kilogramos, está revestido de una cáscara fibrosa (exocarpo) de 4 o 5 centímetros de espesor que envuelve una cáscara dura (endocarpo) de 5 milímetros de espesor; parte del exocarpo es una capa intermedia (mesocarpo) que recubre el endocarpo y dentro de este último está una pulpa blanca oleaginosa (endosperma) conteniendo en su cavidad central un líquido dulce conocido como agua de coco (cotiledón) de aproximadamente 300 gramos, que se encuentra encerrado en el interior hueco del fruto. (Rodríguez, 1969)

La composición nutritiva del coco varía a medida que éste madura. Destaca su aporte de grasas, principalmente saturadas (88,6 % del total) que lo convierten en un fruto muy calórico. Aporta una baja cantidad de hidratos de carbono y proteínas. Muy rico en sales que participan en la mineralización de los huesos (magnesio, fósforo y calcio). (Rodríguez, 1969)

2.1.8.2.Copra

Es el aceite que se obtiene de la parte sólida del endospermo del fruto, seco y reducido a trozos. Por saponificación e hidrogenación se obtiene mantequilla y aceite de coco. La grasa de copra contiene un 65% de aceite, el cual contiene ácidos grasos saturados.

El aceite de coco forma parte de la clasificación de grasas saturadas, las cuales deben ser evitadas siempre que sea posible ya que favorecen la aparición de colesterol.

A continuación, se muestra el contenido nutricional de la copra tierna y madura para 100 gramos de producto. (Labin, 2011)

Tabla 1 Contenido nutricional de la copra de coco

COMPOSICIÓN	TIERNA	MADURA
Agua (g)	80,6	51,9
Lípidos (g)	5,5	26,1
Carbohidratos (g)	11	15,1
Cenizas (g)	0,6	0,9
Fibra (g)	0,9	2,1
Calcio (mg)	10	32
Fósforo (mg)	54	96
Hierro (mg)	0,7	1,5
Tiamina (mg)	0,07	0,04
Riboflavina (mg)	0,04	0,03
Niacina (mg)	0,9	0,4
Vitamina C (mg)	4	3

Fuente: Labin, 2011

2.1.8.3. Aceite de Coco

El aceite de coco puede ser extraído directamente del endosperma o de la copra. En el primer caso, no tiene prácticamente color y presenta un bajo nivel de acidez (0,1- 0,2%). Cuando se extrae de la copra, adquiere un color marrón- amarillo, y la calidad del aceite estará directamente relacionada con la calidad de la copra (De Taffin, 1998).

Es utilizado para la cocina, tiene un importante mercado en la industria de la cosmética (para la elaboración de jabones y cremas) debido a su alto contenido de ácido láurico, para el cabello y cuerpo, así como, para el uso industrial. Su uso en la industria alimenticia es en los productos de bollería y en la elaboración de snacks. Por su elevado porcentaje de ácidos grasos saturados, no es muy recomendable para la salud al favorecer la aparición de colesterol, pero esto dejó de ser un mito, hasta ahora, los investigadores científicos y médicos no ven ninguna evidencia concreta que muestre que el colesterol cause enfermedades cardiovasculares, ya que este en su estado natural no causa un incremento de los niveles de colesterol en sangre (Carandang, 2007).

A pesar de que los principales derivados del coco son agua, aceite y fibra de coco, uno de los mayores movimientos comerciales se ha orientado principalmente al aceite, aunque el agua ha recorrido un largo camino.

La campaña en contra del aceite de coco, especialmente fundamentada en su alto contenido de grasas y de ácido ahora ha sido revertida y comienzan a reconocerse los beneficios de su composición (Enig, 1999).

2.1.8.4. Clasificación y descripción botánica del coco

2.1.8.4.1. Raíz

El sistema radicular del cocotero es fasciculado. Las raíces primarias son las encargadas de la fijación de la planta y de la absorción de agua. Las terciarias (que se derivan de las secundarias) son las verdaderas extractoras de nutrientes. Las raíces activas se localizan en un radio de 2 metros del tronco, a una profundidad entre los 0,2 a 0,8 metros, dependiendo de la profundidad efectiva del suelo y de la profundidad del nivel freático. (Medarno, 2010)

2.1.8.4.2. Tallo

El tronco del cocotero es un espite no ramificado. En su extremo superior o ápice presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento o yema terminal que posee la planta. La inflorescencia es la única ramificación del tallo. En ocasiones se presentan anomalías como las ramificaciones múltiples. Debido a que el tronco no posee tejido meristemático no engruesa, sin embargo, las variaciones en la disponibilidad de agua inducen cambios en el diámetro del tronco. El crecimiento en altura, depende de las condiciones ecológicas y de la edad de la planta. También varía entre los diferentes tipos de cocoterros. (Medarno, 2010)

2.1.8.4.3. Hojas

La hoja del cocotero es de tipo pinnada y está formada por un pecíolo que casi circunda el tronco, continua un ráquis del cual se desprenden de 200 a 300 folíolos. El largo de la hoja puede alcanzar los 6 metros y es menor al aumentar la edad de la planta. En condiciones ambientales favorables una planta adulta de cocotero gigante emite de 12 a 14 hojas por año, en cambio el enano puede emitir hasta 18 hojas en el mismo período. La copa presenta de 25 a 30 hojas (Santos, 1998)

2.1.8.4.4. Inflorescencia

Posee inflorescencias paniculadas, axilares, protegidas por una bráctea llamada espada. La espada se desarrolla en 3 o 4 meses, después se abre y libera las espigas. Cada espiga posee flores masculinas en los dos tercios terminales y femeninas en el tercio basal.

En los cocoteros gigantes las flores masculinas se abren antes que las femeninas estén receptivas, induciendo así la polinización cruzada. En el caso de los enanos la apertura es simultánea, por tanto, hay un porcentaje alto de autofecundación. (Medarno, 2010).

2.1.8.4.5. Fruto

El fruto es una drupa, formado por una epidermis lisa, un mesocarpo espeso (también conocido como estopa) del cual se extrae fibra. Más al interior se encuentra el endocarpo que es una capa fina y dura de color marrón llamada hueso o concha, envuelto por él se encuentra el albumen sólido o copra que forma una cavidad grande donde se aloja el albumen líquido, también conocido como agua de coco. El embrión se encuentra próximo a dos orificios del endocarpo, envuelto por el albumen sólido. (Medarno, 2010)

Tabla 2 Clasificación botánica del cocotero (*Cocos nucifera* L.)

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Arecales
Familia	Arecaceae
Subfamilia	Arecoideae
Tribu	Cocoeae
Subtribu	Butinae
Genero	Cocos
Especie	Cocos nucifera

Fuente: Medarno, 2010

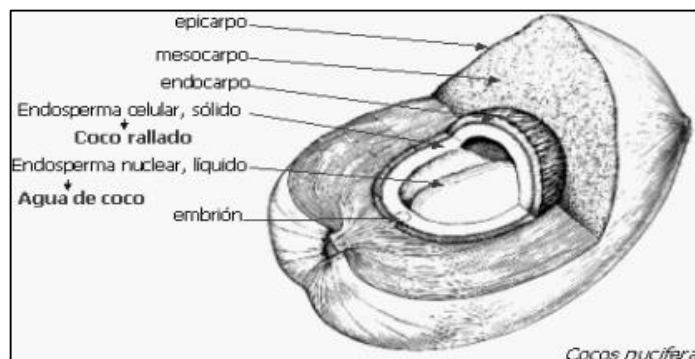


Figura 4 Estructura del coco (*cocos nucifera* L.)

Fuente: www.biologia.edu.ar

2.1.8.4.6. Tipos de cocoteros

La clasificación mayor del cocotero se basa en la altura de la planta, y es de la siguiente manera: Palmas altas: algunas veces referidas como var. *typica*. Son ampliamente cultivadas tanto para uso comercial como doméstico y crecen a una altura de 20 a 30 metros.

Estas maduran lentamente y florecen de 6 a 10 años después de haber sido plantadas. Presentan una larga vida productiva de 60 a 70 años, a pesar de que existen palmas más viejas que producen bien. La polinización es cruzada por ello existe una diversidad de tipos. Por la mayor cantidad de copra se utiliza para la elaboración de aceite. Entre sus ventajas para el cultivo están: el tamaño grande del fruto, la robustez de la planta, el alto contenido de copra, entre otros.

Sin embargo, posee varias desventajas como: la baja tolerancia a la enfermedad conocida como *Amarillamiento Letal del Cocotero*, la fructificación tardía, la baja producción de frutos por planta y la dificultad para realizar labores de cultivo por su porte alto.

Palmas enanas: algunas referidas como var. *nana*. Se cree que son mutantes de los tipos altos con una corta estatura, de 8 a 10 metros cuando tienen 20 años de edad. Comienzan a producir alrededor del tercer año a menos de un metro de altura. Tienen una corta vida productiva de 30 a 40 años. Se autofecundan, permitiendo su reproducción por semilla, sin perder las características de la planta madre.

Por el excelente sabor del agua, son potenciales para el envasado de agua de coco. Algunas ventajas de los cocoteros enanos son: la resistencia al *Amarillamiento Letal del Cocotero*, la precocidad de producción, el mayor número de frutos por palma y el crecimiento lento. Entre las desventajas se encuentran: el tamaño pequeño del fruto, la mala calidad de la copra.

Híbridos: son el producto del cruce entre plantas del grupo de los gigantes y los enanos. Los usos de los híbridos son múltiples ya que adquieren las mejores cualidades de los padres dando como resultado frutos de tamaño mediano a grande, buen sabor del agua, buen rendimiento de la copra, crecimiento lento, producción de frutos alta y la resistencia al *Amarillamiento Letal*.

2.1.8.5.Hábitat

El cocotero requiere clima cálido, sin grandes variaciones de temperatura. Una temperatura media en torno a los 27 grados Celsius con variaciones de 5 a 7 grados Celsius.

Humedad relativa: por la distribución geográfica del cocotero, se puede concluir que los climas cálidos y húmedos son los más favorables para su cultivo. Una humedad atmosférica baja o excesiva es perjudicial para el cocotero. Menos del 60 % de humedad relativa es nociva para la planta.

Cuando el nivel freático es poco profundo (1 a 3 metros) o cuando se garantiza el riego, aumenta la transpiración foliar, provocada por la baja humedad atmosférica, induciendo un aumento en la absorción de agua y de nutrientes por las raíces.

Precipitación: el régimen de precipitación pluvial ideal se caracteriza por una lluvia anual promedio de 1 500 milímetros, con precipitación mensual mayor a 130 milímetros. Reportes sobre el déficit hídrico, señalan que períodos de tres meses con menos de 50 milímetros son perjudiciales al cultivo.

Intensidad lumínica: el cocotero es una planta heliofílica, por lo tanto, no admite sombreamiento. Una insolación de 2 000 horas anuales con un mínimo de 120 horas mensuales, es considerada ideal para el cultivo.

Vientos: los vientos suaves o moderados favorecen el cultivo, sin embargo, los vientos fuertes en períodos de sequía aumentan las condiciones de sequedad del suelo y la transpiración de la planta, generando un déficit hídrico perjudicial para la planta. Las condiciones de vientos huracanados son limitantes, principalmente para los cocoteros del tipo enano, pues poseen menor resistencia en su tronco y raíces.

Suelos: los suelos aptos para el cultivo del cocotero son aquellos con texturas livianas (de francos a arenosos), aluviales, profundos (más de 1 metro), con una capa freática superficial de 1 a 2 metros de profundidad. Los suelos de la planicie costera presentan estas características.

Cuando se maneja la humedad del suelo con riego, el cultivo puede realizarse en suelos arcillosos y limosos.

El cocotero se adapta bien a los suelos donde la capa freática es salina. Debido a la gran demanda de cloro de la planta, la existencia de agua salobre es hasta beneficiosa, por ello es uno de los pocos cultivos que puede verse en las cercanías de las playas.

Altitud: el rango óptimo de elevación en que se desarrolla el cocotero está entre los 0 a 400 metros sobre el nivel del mar. (Fuentes, 2013)

2.1.8.6. Información fitoquímica

En la planta se han identificado ácidos grasos: caproíco, caprílico, laúrico, mirístico, tridecanóico, undecanóico.

Del fruto se han aislado alcaloides, fenoles, lignina, pentosanos, anhídridos urónicos, nitrógeno, metoxil, celulosa.

En el endospermo se han identificado: alcaloides: 2-3-5-6- tetrametilpirazina, 2-3-5-trimetilpirazina; lactonas: δ -dodecalactona, δ - octalactona.

En la copra seca se han identificado: lípidos, glucósidos, proteínas, glicéridos: ácido laúrico, mirístico, caprílico.

El agua de coco contiene carbohidratos; ácidos: málico, aminados; proteína: aminopurina.

De la semilla se han aislado; triterpenos; α y β -amirina, cicloartenol, 24 metilencicloartenol, escualeno; esteroides: campesterol, estigmasterol, β - sitosterol.

En la savia se han identificado sesquiterpenos. Los terpenos son los principios activos del *Cocos nucifera L.* (Fuentes, 2013)

2.1.8.7. Farmacología

Se ha demostrado cierta actividad biológica. El extracto etanólico de la cáscara del fruto tiene actividad antiespasmódica y el extracto etanólico de la copra tiene actividad anti fúngica. (Fuentes, 2013)

2.1.8.8. Toxicología

El agua del fruto maduro puede ser tóxica en personas sensibles a los fenoles. Los ácidos caproíco, laúrico, mirístico, tridecanóico y undecanóico son considerados como toxinas de la planta. (Fuentes, 2013)

2.1.8.9. Usos

La palma de coco, económicamente hablando, es el miembro más importante de la familia de las palmeras. Las diversas partes de la palma de coco se utilizan de muchas maneras por los nativos de los trópicos. La madera del cocotero se usa para la construcción de casas. La corteza exterior es dura y muy útil para la fabricación de muebles. Para mejorar su calidad se deja un mes en agua salada.

El palmito o yema terminal del cocotero se consume crudo o cocido, contiene 3 % de almidón y 5 % de azúcar. Las raíces tienen propiedades antidiarréicas. Las palmas son usadas para techos, canastas, sombreros, alfombras, etc. El agua de coco se consume como bebida rehidratante, ha sido usada como sustituto de sueros, y posee un alto valor nutritivo. (Fuentes, 2013)

De la copra del coco se obtiene el aceite, el cual se usa en alimentos, cosmetología, combustibles y lubricantes. La copra también se usa para repostería. La torta, subproducto de la extracción del aceite se usa como alimento para ganado, por su alto contenido de proteínas.

El endocarpo que cubre la copra se usa como materia prima para producir carbón y carbón activado, también se utiliza para fabricar botones, cucharas y adornos. (Fuentes, 2013)

2.1.8.10. Cinética Química:

Tiene que ver con la rapidez de la reacción química y el estudio de los factores que determinan o controlan la rapidez de un cambio químico tales como: la naturaleza de los reactivos o productos, concentración de las especies que reaccionan, el efecto de la temperatura, la naturaleza del medio de reacción y la presencia de agentes catalíticos.

Para entender los diferentes pasos o procesos elementales (cómo ocurren las reacciones a nivel atómico- molecular) a través de los cuales los reactivos se convierten en productos debemos estudiar los mecanismos de reacción. (Rosas, 2015)

2.1.8.11. Ley de Rapidez de Reacción:

Expresión matemática que relaciona el cambio en concentración de un reactivo o producto por unidad de tiempo y que se determina experimentalmente. Siempre tiene un valor positivo y es proporcional a la concentración.

$$\text{Rapidez de rx} = r = \pm \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{d[A]}{dt} = f([A], [B], [C] \dots) = k[A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma \dots \quad (1)$$

2.1.8.12. Constante Especifica de Rapidez, K

Es la constante de proporcionalidad entre la rapidez de reacción experimental y las concentraciones elevadas a exponentes dados y es función de temperatura, agente catalítico e independiente de concentración.

2.1.8.13. Determinación de la Ley de Rapidez:

Podemos determinar la ley de rapidez de reacción por un experimento donde se mida el cambio en concentración de una especie como función de tiempo. Si la especie es un reactivo (R), la concentración del mismo disminuye con el tiempo y si la especie es un producto (P), la concentración aumenta con el tiempo.

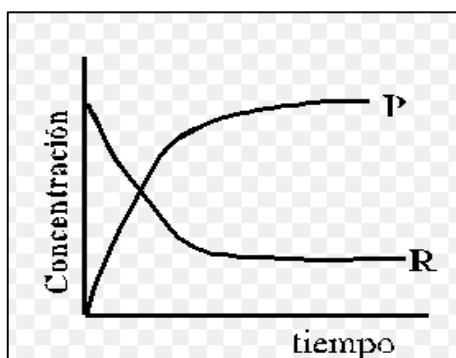


Figura 5 Comportamiento concentración versus tiempo.

Fuente: Rosas, 2015

2.2.MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Aceite

Son productos alimenticios constituidos principalmente por glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales. Podrán contener pequeñas cantidades de otros lípidos, tales como fosfátidos, de constituyentes insaponificables y de ácidos grasos libres naturalmente presentes en la grasa o el aceite.

2.2.2. Extracción sólido líquido

La extracción sólido-líquido es una de las operaciones unitarias más ampliamente utilizadas en la industria alimentaria y, entre otros fines, se aplica en la recuperación de ciertos compuestos bioactivos retenidos en la matriz de productos naturales (Pinelo et al., 2006).

2.2.3. Copra de coco

La copra es la almendra seca extraída del coco maduro. Su contenido de humedad se encuentra alrededor del 6% y se clasifica en dos tipos, comestible y para molido. La primera corresponde a una calidad superior y es utilizada para diversas preparaciones comestibles, así como, para el consumo directo. La segunda, es utilizada para la extracción de aceite (Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth, P., & Gopala, A.G., 2014).

La producción de copra no requiere procesos muy técnicos por lo que está al alcance de prácticamente todos los productores que cultiven la palma de coco. La misma cuenta con aproximadamente 63% de aceite, 31% de materia seca y 6% de agua. Las industrias con alta capacidad de procesamiento pueden extraer 62% de aceite y 35% de torta (De Taffin, 1998). De la misma se obtiene aceite y pasta, materia prima básica para la industria jabonera.

2.2.4. Cinética Química

Tiene que ver con la rapidez de la reacción química y el estudio de los factores que determinan o controlan la rapidez de un cambio químico tales como: la naturaleza de los reactivos o productos, concentración de las especies que reaccionan, el efecto de la temperatura, la naturaleza del medio de reacción y la presencia de agentes catalíticos. Para entender los diferentes pasos o procesos elementales (cómo ocurren las reacciones a nivel atómico- molecular) a través de los cuales los reactivos se convierten en productos debemos estudiar los mecanismos de reacción.

2.2.5. Caracterización

Es la determinación de aquellos atributos peculiares que presenta una persona o una cosa y que por tanto la distingue claramente del resto de su clase.

2.2.6. Diseño Experimental

Es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. Se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés.

2.2.7. Análisis Físico Químico:

Es un método que permite determinar en los análisis de productos químicos la naturaleza de las interacciones entre los componentes de un sistema mediante el estudio de las relaciones entre las propiedades físicas y la composición del sistema, por lo tanto,

los análisis fisicoquímicos consisten en la medición de diversas propiedades físicas de los sistemas.

2.2.8. Modelamiento matemático de primer orden

Método integral de análisis de datos.

En el método de análisis se ensaya siempre una ecuación cinética particular, se integra y se compara los datos de concentración C frente al tiempo t.

$$-r_0 = -\frac{dC_A}{dt} = f(k, C) \dots \dots \dots (2.1.1)$$

$$-r_0 = -\frac{dC_A}{dt} = kf(C) \dots \dots \dots (2.1.2)$$

$$-\frac{dC_A}{f(C)} = kdt \dots \dots \dots (2.1.3)$$

$$C_A = C_{A0}(1 - X) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\int_{C_0}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = -k \int_0^t dt \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\ln C_A - \ln C_{A0} = -kt \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\ln C_A = -kt + \ln C_{A0} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$C_A = C_{A0} EXP^{-kt} \dots \dots \dots (2.6)$$

En la que f(C) solamente ha de contener concentraciones de sustancias que pueden expresar en función de C_{A0}

III. MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACION

3.1.LOCALIZACIÓN.

Los trabajos experimentales se han realizado en la ciudad de Puno la temperatura varia de 8 y 20 °C registrados durante la ejecución de las pruebas experimentales.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de ingeniería química e ingeniería agroindustrial, de la Universidad Nacional del Altiplano, en la Ciudad Puno ubicación geográfica en las coordenadas UTM (WGS-84) zona 19L Este (m) 390998 Norte (m) 8250307

3.2.REACTIVOS

3.2.1. Solventes utilizados en el trabajo experimental.

- Éter de petróleo (95°).
- Etanol (96°).
- Agua, destilada y desionizada.

3.2.2. Materiales y equipos

- Pipetas.
- Equipo soxhlet.
- Probeta.
- Termómetro calibrado de 0-100°C.
- Refractómetro.
- Rota Evaporador.
- Picnómetro.
- Balanza Analítica.
- Mortero.
- Cocina eléctrica.
- Pinzas metálicas.
- Espátula.

3.3.METODOLOGIA

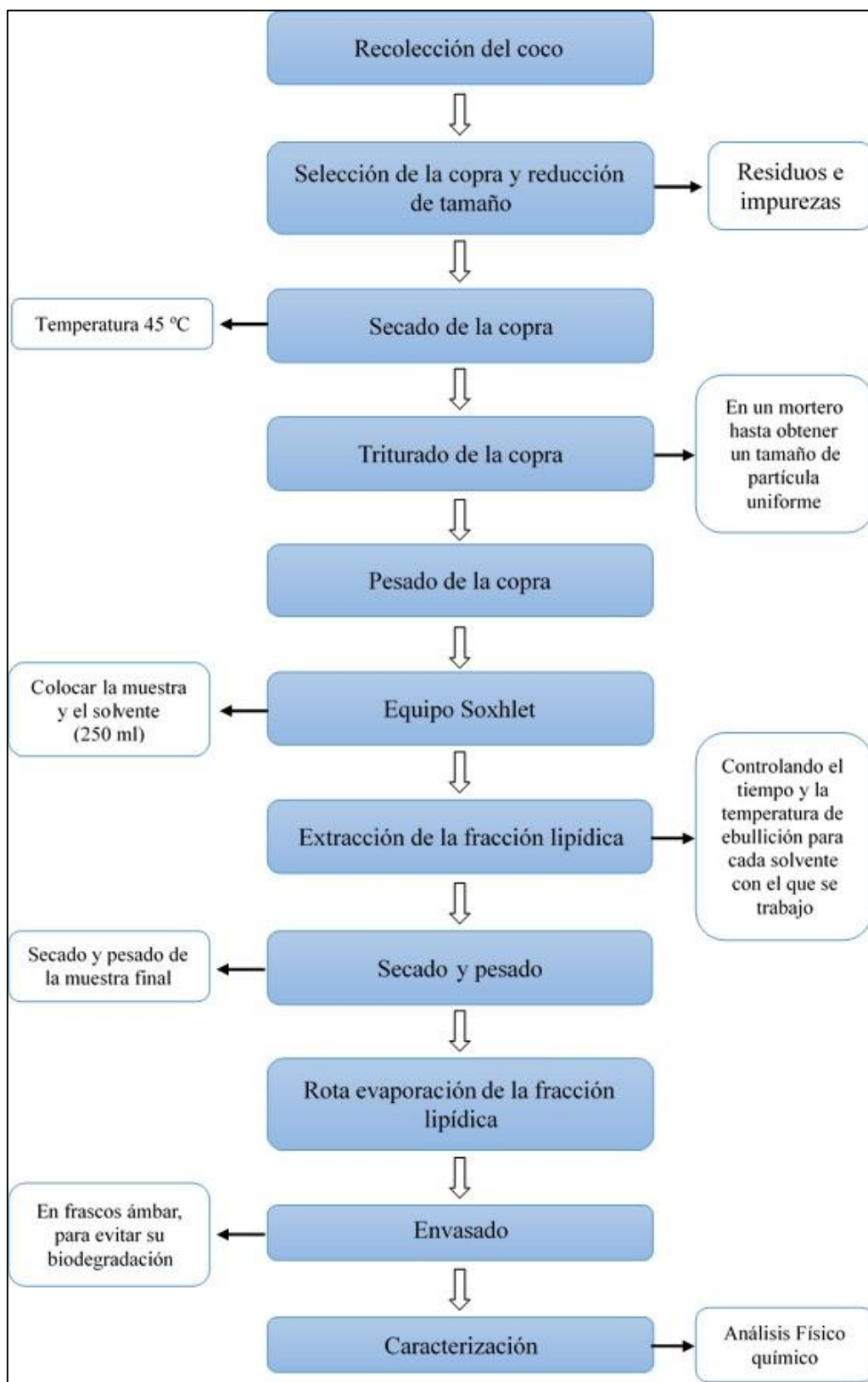


Figura 6 Diagrama de bloques del proceso de extracción del aceite de la copra de coco.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Materia Prima

Recolección de la materia prima.

Se recolecto el coco (*Cocos nucifera L.*) proveniente de la región Madre de dios.

Selección de la copra y reducción de tamaño.

Se realizó la selección de la copra de coco que es el núcleo de frutos maduros donde empezamos descascarando el epicarpo, mesocarpo y endocarpo hasta llegar al núcleo, luego de obtener la copra de coco se redujo de tamaño con un rallador metálico hasta obtener un tamaño uniforme.

Secado de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*).

El secado de la materia prima se realizó en lunas de reloj en un secador eléctrico, la copra se deshidrato durante 10 horas a 45 °C hasta obtener una humedad óptima.



*Figura 7 Descascarado y triturado de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*)*

Fuente: Elaboración propia.

Triturado de la copra

Luego de tener la materia prima seca se trituro en un mortero hasta obtener un tamaño de partícula uniforme.

Pesado de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*).

Se pesó en una balanza analítica (JM Electric Scale).

- Para el solvente etanol, un total de 240g de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*) seco, para cada prueba se llega a pesar 20g después del pesado se envolvió en papel filtro, y se colocó dentro del equipo soxhlet haciendo un total de 12 corridas experimentales (Véase ANEXO 8), controlando el tiempo y la temperatura.
- Para el solvente éter de petróleo, un total de 120g de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*) seco, para cada prueba se llega a pesar 10g después del pesado se colocó los sobres al equipo soxhlet haciendo un total de 12 corridas

experimentales (Véase ANEXO 8), a la vez controlando el tiempo y la temperatura.

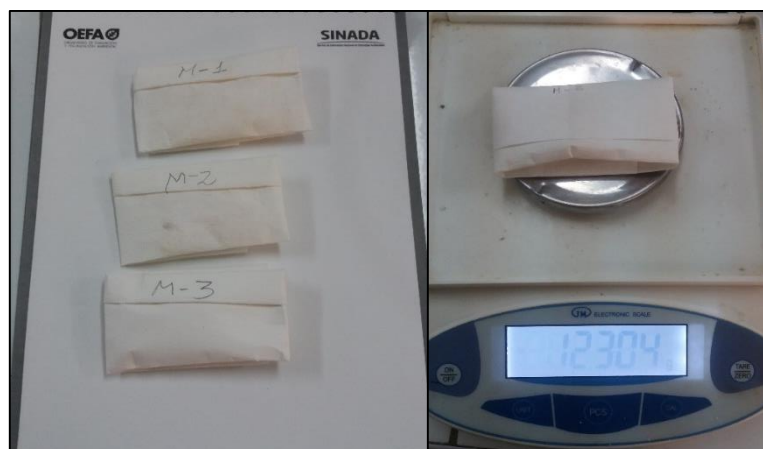


Figura 8 Pesado de la copra de coco (Cocos nucifera L.)

Fuente: Elaboración propia.

Equipo soxhlet

Se coloca la muestra en el equipo soxhlet con 250 ml del solvente.



Figura 9 Extracción por soxhlet

Fuente: Elaboración propia.

Extracción de la fracción lipídica

Cuando el disolvente se condensa, cae gota a gota en el depósito interior, donde se encuentra el sólido sobre el que se ha de realizar la extracción. El disolvente caliente

contacta con el sólido y empieza a producirse la transferencia de masa hacia el líquido. El disolvente condensado se acumula en el receptáculo interior del extractor y, cuando el nivel alcanza el de la válvula interior, el líquido es succionado y devuelto al matraz inferior.

Secado y pesado

Se extrae la muestra final, luego se lleva a la estufa para que se evapore el solvente residual hasta obtener una humedad óptima y se procede al pesado.

Rota evaporación de la fracción lipídica

Colocar la muestra al balón del equipo rota evaporador para concentrar el aceite.

Envasado

La fracción lipídica de coco (*Cocos nucifera* L.) se envasa en un frasco ámbar, para así evitar su biodegradación.

Caracterización

Las características fisicoquímicas de la fracción lipídica de coco (*Cocos nucifera* L.) se determina en un laboratorio de ensayo de control de calidad.

3.3.2. Determinación de la Cinética

Cinética química

Tiene que ver con la rapidez de la reacción química y el estudio de los factores que determinan o controlan la rapidez de un cambio químico tales como: la naturaleza de los reactivos o productos, concentración de las especies que reaccionan, el efecto de la temperatura, la naturaleza del medio de reacción y la presencia de agentes catalíticos.

Para entender los diferentes pasos o procesos elementales (cómo ocurren las reacciones a nivel atómico- molecular) a través de los cuales los reactivos se convierten en productos debemos estudiar los mecanismos de reacción.

Modelo Cinético de primer orden

$$-r_A = \frac{dC_A}{dt}$$

Como determinar la concentración

La concentración que se obtiene en los experimentos está en gramos es por ello que se hizo una conversión, primero de gramos a mililitros con la formula $V = \frac{m}{\rho}$, teniendo así la concentración en mililitros, luego se hizo una conversión a $(\frac{g}{ml})$ y después que ya se tiene los datos en las unidades requeridas, se llega a graficar la *concentración Vs tiempo* como se muestra en las tablas 7 y 8 para determinar la cinética de extracción.

3.3.3. Caracterización físicoquímico

Se determinó el índice de iodo, índice de saponificación, viscosidad, densidad, índice de refracción del aceite de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*). El análisis se realizó en el Laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de santa maría de Arequipa.

Las condiciones del análisis fueron por:

- Determinación de índice de iodo: Método Wijs
- Determinación del índice saponificación: NMX-F-174-SCFI-2006, Alimentos y Grasas vegetales o animales
- Determinación de la Viscosidad: Método Viscosímetro de Oswald

Índice de Yodo (II)

Esta norma establece los pasos a utilizar en el procedimiento de índice de yodo en grasas y aceites, desde el momento de la recepción de las muestras, según su estado hay que calentarlas para luego filtrarlas, luego se procede a realizar un blanco, que servirá como comparativo de acuerdo al índice de yodo que se espera encontrar, posterior a la preparación del blanco se agrega del reactivo Wijs, y se lleva a un lugar oscuro por el tiempo que se requiera, luego de este tiempo se adiciona yoduro de potasio y agua, inmediatamente se titula con Tiosulfato de sodio hasta obtener una coloración amarilla, se adiciona almidón mediante un gotero y se continua la titulación hasta que desaparezca la coloración azul, el blanco debe operar bajo las mismas condiciones.¹⁷ De acuerdo con el valor de yodo esperado, se pesa en el matraz, con precisión a 0,000 1g, la masa de la porción de ensayo indicada en figura 11. Peso de la Muestra Según Índice de Yodo Esperado (Rodríguez, 2013)

Tabla 3 Cuadro del método Wijs para el yodo

Índice de yodo esperado, g/100g	Masa de porción de ensayo, g	Volumen de solvente ml
< 1,5	15,00	25
1,5 a 2,5	10,00	25
2,5 a 5	3,00	20
5 a 20	1,00	20
20 a 50	0,40	20
50 a 100	0,20	20
100 a 150	0,13	20
150 a 200	0,10	20

Nota. La cantidad de la muestra puede ser tal que el exceso del relativo de Wijs este entre el 50% al 60% de la cantidad adicionada.

Fuente: Rodríguez 2013

$$\Pi = \frac{(V_{BI} - V_M) \times 1,27}{W};$$

$$\Pi = \frac{2 \times 127 \times 100 \times n^{\circ}(=)}{PM} \quad \text{Lípidos puros se conoce su estructura}$$

VBI = mL de Na₂S₂O₃ 0,1N gastados por "blanco"
 VM = mL de Na₂S₂O₃ 0,1N gastados por muestra
 W = gramos de la muestra
 n°(=) = n° de dobles enlaces
 PM = peso molecular del lípido

Ejemplo:
 En el siguiente ejemplo se muestra la determinación del índice de yodo del ácido oleico, el cual fue de 90., lo cual significa que 90g de yodo reacciona con 100 g de ácido oleico.

Mientras mayor sea las **instauraciones de una grasa, mayor será el índice de yodo.**

$$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH + I_2 \longrightarrow \begin{array}{c} CH_3(CH_2)_7CH-CH(CH_2)_7COOH \\ | \quad | \end{array}$$

Figura 10 Ejemplo de la determinación del índice de yodo

Fuente: Rodríguez 2013

Índice de saponificación o de Koettsdorfer (IS)

Se define como los miligramos de KOH necesarios para saponificar 1 g de grasa, reacción en la que intervienen triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres y cualquier otro lípido saponificable. Es equivalente a la masa en mg de KOH necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres y los ácidos grasos liberados de los glicéridos, luego de su saponificación. Para determinarlo, la grasa o aceite se saponifica

con un exceso medido de KOH etanólico y luego se valora el excedente de KOH frente a HCl normalizado con fenolftaleína como indicador. El procedimiento incluye la saponificación bajo reflujo de 4-5 g de aceite filtrado con 50 mL de KOH aproximadamente 0,5 M en etanol al 96 % durante 30-60 min. El exceso de KOH se determina por retro titulación con solución estandarizada de HCl 0,5 M en presencia de fenolftaleína.

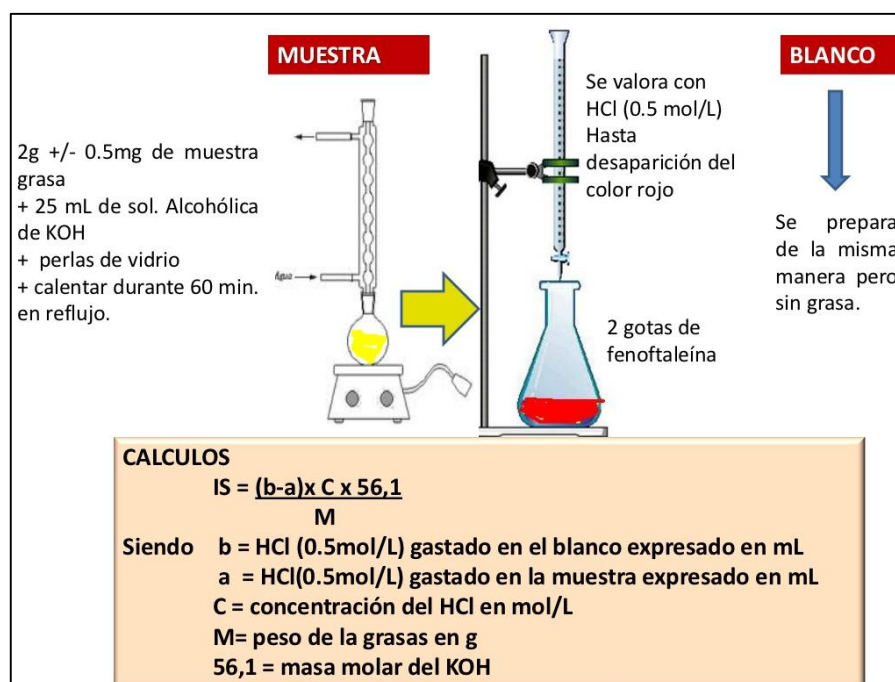


Figura 11 Procedimiento para determinar el índice de saponificación

Fuente: Rodríguez, 2013

Viscosidad

Las fuerzas de atracción que mantienen las moléculas a distintas ínfimas dando a los líquidos suficiente cohesión determinan que estos al fluir a través de un tubo produzcan fricción. La resistencia que el líquido ofrece al flujo se denomina viscosidad. Los líquidos tienen coeficientes de viscosidad invariablemente más altos que los gases. Como quedo establecido, la viscosidad de los gases aumenta con la temperatura y es independiente de la presión. En cambio, la viscosidad de los líquidos disminuye a medida que aumenta la temperatura y decrece la presión. En el análisis del fenómeno se establece que la velocidad con la que las capas de un líquido fluyen aumente a medida que crecen las distancias de las capas del líquido en dirección normal a las paredes del conducto (Ramirez, 2002)

El fundamento de la mayor parte de los viscosímetros que se utilizan en la práctica es la fórmula de Poiseuille, que nos da el caudal Q (volumen de fluido por unidad de tiempo) que atraviesa un capilar de radio R y longitud I entre cuyos extremos se ha aplicado una diferencia de presiones Δp

$$Q = v/t = n\Delta p R^4/8 \eta I$$

Donde η es la viscosidad del fluido. Esto es

$$\eta = n\Delta p R^4/v8 I$$

Como R , I y V son constantes para un tubo determinado, los agrupamos en la constante K (al igual que $n/8$) y por lo tanto se tiene.

$$\eta = K\Delta p t$$

Densidad

La densidad es una propiedad característica, significa que es específica de cada materia y depende de sus características internas y no de la cantidad de ella, lo cual permite diferenciar a un material de otro con la ayuda de otras propiedades. En una sustancia es una medida que nos dice cuanta materia hay de esa sustancia en cierto espacio (Punina et al., 2010).

Procedimiento

- Pesar el picnómetro vacío.
- Llenar el picnómetro con la fracción lipídica y colocar el tapón.
- Pesar el picnómetro lleno de la fracción lipídica.

$$\rho = \frac{\text{peso 1} - \text{peso 2}}{v}$$

Donde:

Peso 1 = peso del picnómetro lleno (gramos)

Peso 2 = peso del picnómetro vacío (gramos)

V = volumen del picnómetro (mililitros)

Índice de refracción

El índice de refracción de una sustancia es, la relación entre la velocidad de un rayo de luz en el vacío y la velocidad de la luz a través de la sustancia, es decir la relación aire-sustancia. Es igualmente la relación del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción (Organización Internacional De Normalización, 1998). Es el método óptico, que guarda relación directa con la pureza de un aceite esencial.

3.3.4. Diseño Experimental 2²

Se planteó el objetivo de conocer los factores tiempo y temperatura y sus interacciones influyen significativamente en la cantidad de aceite de copra de coco (*cocos nucifera L.*), medida como la eficiencia de extracción del aceite extraído por solido liquido en el equipo soxhlet.

El estudio de la eficiencia de extracción del aceite de la copra de coco (*cocos nucifera L.*), se realizó mediante un diseño factorial 2²

3.3.5. Diseño Experimental para el éter de petróleo

Tabla 4 Diseño Experimental para la muestra extraída con éter de petróleo

Símbolo	Nombre de la variable	Unidad	X min	Xmax
X₁	Tiempo de extracción	h	1	2
X₂	Temperatura	°C	30	40

Fuente: Elaboración propia

Estas variables naturales se cambian a variables codificadas mediante las siguientes operaciones:

Tiempo de extracción (t)

Cálculo del promedio: $t = (1 + 2) / 2 = 1,5$

Cálculo de la diferencia $td = (2 - 1) / 2 = 0,5$

Cambio de variable $X_1 = (t - 1,5) / 0,5$

Luego:

Si $t = 1 \rightarrow X_1 = -1$

Si $t = 2 \rightarrow X_1 = +1$

Si $t = 1,5 \rightarrow X_1 = 0$

Temperatura (T)

Cálculo del promedio: $T = (30 + 40) / 2 = 35$

Cálculo de la diferencia $Td = (40 - 30) / 2 = 5$

Cambio de variable $X_2 = (T - 35) / 5$

Luego:

Si $T = 30 \rightarrow X_2 = -1$

Si $T = 40 \rightarrow X_2 = +1$

Si $T = 35 \rightarrow X_2 = 0$

Tabla 5 Variable respuesta Eficiencia de Extracción para el éter de petróleo

Símbolo	Nombre de la respuesta	Unidad
Y	Eficiencia de extracción	%

Fuente: Elaboración propia

Se hará uso del diseño experimental 2^k , para la determinación el predominio de las variables, la interacción y la curva de ajuste, como se muestra en la tabla N°6.

Tabla 6 Diseño factorial 2^k lineal para el éter de petróleo

Experimentos	MATRIZ DE DISEÑO		
	Variables codificadas		
	X_0	X_1	X_2
1	+1	-1	-1
2	+1	+1	-1
3	+1	-1	+1
4	+1	+1	+1
5	0	0	0
6	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

• **Optimización de variables**

Se hará uso del criterio de la primera derivada para determinar los parámetros mínimos y máximos relativos que pueden existir en la ecuación:

$$Y = X_0 + b*X_1 + c*X_2 + e*X_1*X_2$$

3.3.6. Diseño experimental para el Etanol

Tabla 7 Diseño Experimental Etanol

Símbolo	Nombre de la variable	Unidad	Xmin	Xmax
X_1	Tiempo de extracción	h	2	3
X_2	Temperatura	°C	60	70

Fuente: Elaboración propia

Estas variables naturales se cambian a variables codificadas mediante las siguientes operaciones:

Tiempo de extracción (t)

$$\begin{aligned} \text{Cálculo del promedio:} & \quad t = (2 + 3) / 2 = 2,5 \\ \text{Cálculo de la diferencia} & \quad td = (3 - 2) / 2 = 0,5 \\ \text{Cambio de variable} & \quad X_1 = (t - 2,5) / 0,5 \end{aligned}$$

Luego:

$$\begin{aligned} \text{Si } t = 2 & \quad \rightarrow \quad X_1 = -1 \\ \text{Si } t = 3 & \quad \rightarrow \quad X_1 = +1 \\ \text{Si } t = 2,5 & \quad \rightarrow \quad X_1 = 0 \end{aligned}$$

Temperatura (T)

$$\begin{aligned} \text{Cálculo del promedio:} & \quad T = (60 + 70) / 2 = 65 \\ \text{Cálculo de la diferencia} & \quad Td = (70 - 60) / 2 = 5 \\ \text{Cambio de variable} & \quad X_2 = (T - 65) / 5 \end{aligned}$$

Luego :

$$\begin{aligned} \text{Si } T = 60 & \quad \rightarrow \quad X_2 = -1 \\ \text{Si } T = 70 & \quad \rightarrow \quad X_2 = +1 \\ \text{Si } T = 65 & \quad \rightarrow \quad X_2 = 0 \end{aligned}$$

Tabla 8 Variable de respuesta Eficiencia de extracción para el etanol

Símbolo	Nombre de la respuesta	Unidad
Y	Eficiencia de extracción	%

Fuente: Elaboración propia

Se hará uso del diseño experimental 2^k , para la determinación el predominio de las variables, la interacción y la curva de ajuste, como se muestra en la tabla N°9.

Tabla 9 Diseño factorial 2^k lineal para el etanol

Experimentos	MATRIZ DE DISEÑO		
	Variables codificadas		
	X_0	X_1	X_2
1	+1	-1	-1
2	+1	+1	-1
3	+1	-1	+1
4	+1	+1	+1
5	0	0	0
6	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

- **Optimización de variables**

Se hará uso del criterio de la primera derivada para determinar los parámetros mínimos y máximos relativos que pueden existir en la ecuación:

$$Y = X_0 + b*X_1 + c*X_2 + e*X_1*X_2$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Comportamiento Concentración de Aceite Versus Tiempo (Muestra extraída con etanol)

Tabla 10 Concentración de aceite versus Tiempo (Muestra extraída con etanol)

Nº	Tiempo (min)	Concentración (g/ml)
1	60	1,0600
2	90	1,0620
3	120	1,0630
4	150	1,0640
5	180	1,0646
6	180	1,0646
7	210	1,0648
8	220	1,0649

Fuente: Elaboración propia

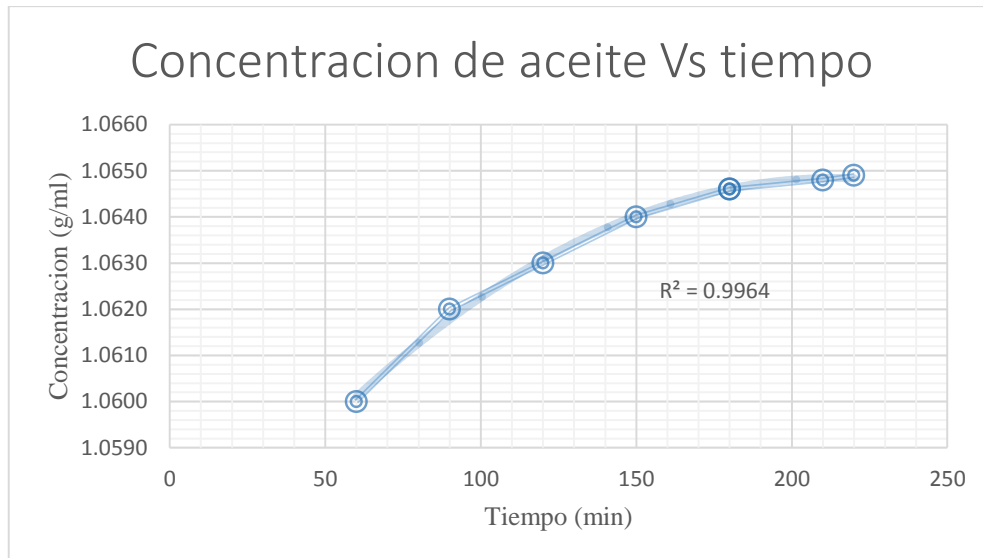


Figura 12 Concentración Vs Tiempo de la muestra extraída con etanol

Fuente: Elaboración propia

En la figura (12), observamos la concentración vs Tiempo en base al tratamiento del primer bloque de datos y para cada intervalo de tiempo, donde la concentración aumenta a medida que transcurre el tiempo. Y también observamos que a mayor temperatura mayor es la extracción del aceite.

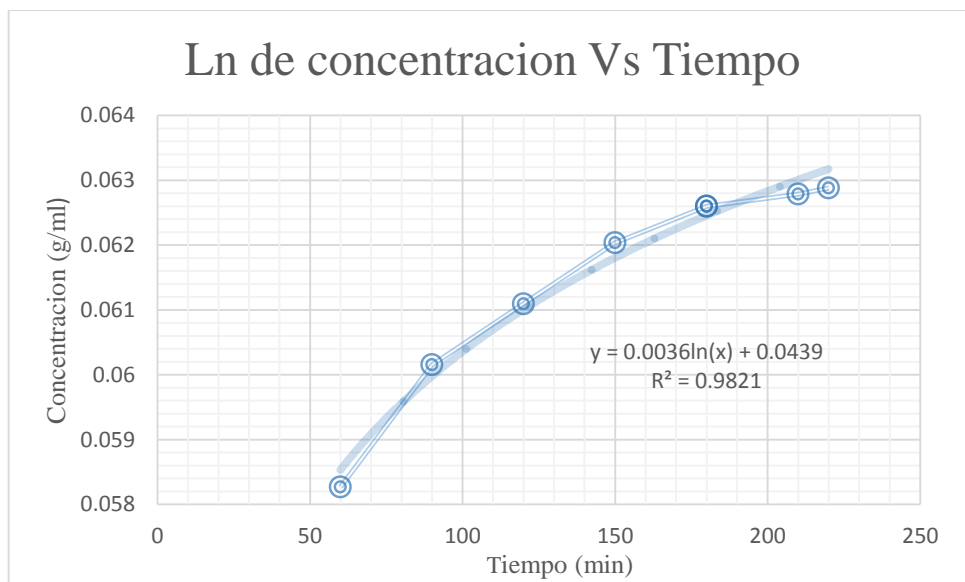


Figura 13 Ln de concentración Vs Tiempo de la muestra extraída con etanol

Fuente: Elaboración propia

En la figura (13), observamos que el logaritmo natural de la concentración Vs Tiempo se ajusta a un modelo de primer orden cuya ecuación es lineal.

4.1.2. Cinética de primer orden (muestra Extraída con etanol)

A partir del grafico se obtiene $\ln C_A = f(t,)$ se obtiene la siguiente ecuación

$$\ln C_A = -0,0036t - 0,0439$$

Donde: $m = -K$, $K = 0,0036h^{-1}$

4.1.3. Ecuación del modelo Cinético de la muestra extraída con etanol

$$(-r_A) = K_1 C_A$$

$$(-r_A) = 0,0036 C_A$$

4.1.4. Calculando la concentración C_A de la muestra extraída con etanol

$$\ln C_A = -0,0439 - 0,0036t$$

Para $t = 0$ $\ln C_A = -0,0475$

$$C_A = e^{-0,0475}$$

$$C_A = 0,95361g/ml$$

4.1.5. Cálculo de la Velocidad de Reacción de la muestra extraída con etanol

$$(-r_A) = K_1 C_A$$

$$(-r_A) = 0,0036 g/ml * 0,95361$$

$$(-r_A) = 0,0034329 g/ml * h$$

4.1.6. Comportamiento Concentración de Aceite Versus Tiempo (Muestra extraída con éter de petróleo)

Tabla 11 Concentración de aceite Vs Tiempo M- éter

Nº	Tiempo (min)	Concentración (g/ml)
1	15	0,589
2	30	0,659
3	45	0,801
4	60	0,945
5	90	0,971
6	90	0,971
7	110	0,983
8	120	0,989

Fuente: Elaboración propia

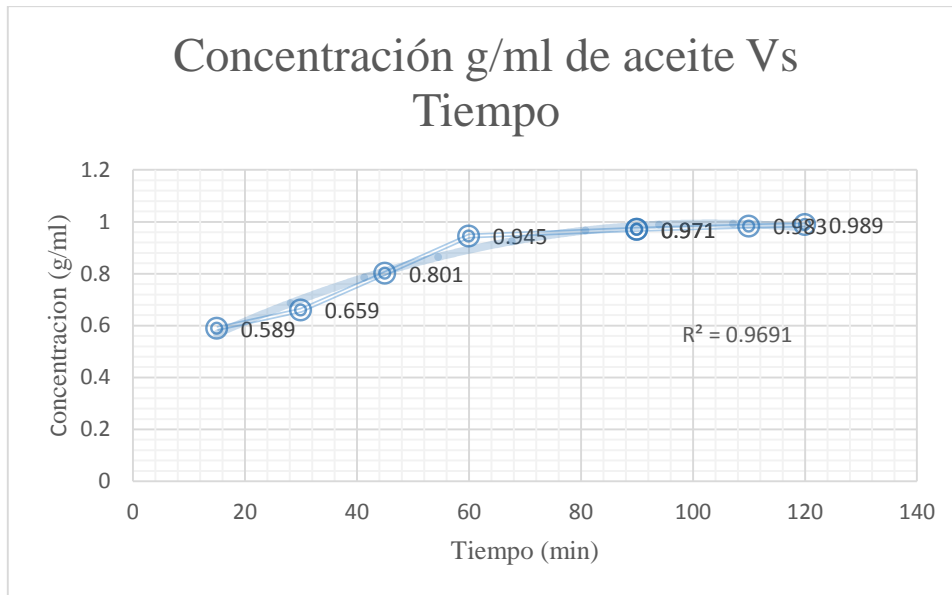


Figura 14 Concentración de aceite Vs Tiempo M- éter

Fuente: Elaboración propia

En la figura (14), observamos la concentración vs Tiempo en base al tratamiento del primer bloque de datos y para cada intervalo de tiempo, donde la concentración aumenta a medida que transcurre el tiempo. Y también observamos que a mayor temperatura mayor es la extracción del aceite.

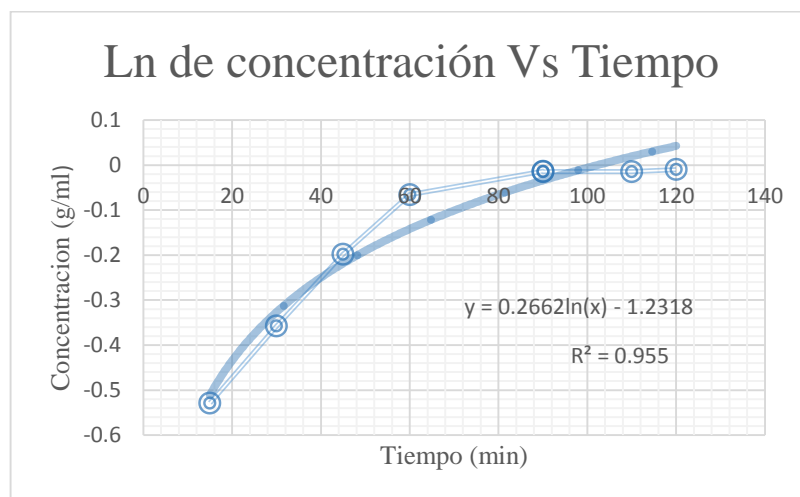


Figura 15 Ln de concentración Vs Tiempo M- éter

Fuente: Elaboración propia

En la figura (15), observamos que el logaritmo natural de la concentración Vs Tiempo se ajusta a un modelo de primer orden cuya curva es logarítmica teniendo así una ecuación es lineal.

4.1.7. Cinética de primer orden (muestra Extraída con éter de petróleo)

A partir del grafico se obtiene $\ln C_A = f(t,)$ se obtiene la siguiente ecuación

$$\ln C_A = -0,2662t - 1,2318$$

Donde: $m = -K$, $K = 0,2662h^{-1}$

4.1.8. Ecuación del modelo Cinético de la muestra Extraída con éter de petróleo

$$(-r_A) = K_1 C_A$$

$$(-r_A) = 0,2662 C_A$$

4.1.9. Calculando la concentración C_A de la muestra Extraída con éter de petróleo

$$\ln C_A = -1,2318 - 0,2662t$$

Para $t = 0$

$$\ln C_A = 1,2318$$

$$C_A = e^{-1,2318}$$

$$C_A = 0,29176g/ml$$

4.1.10. Cálculo de la Velocidad de Reacción de la muestra Extraída con éter de petróleo

$$(-r_A) = K_1 C_A$$

$$(-r_A) = 0,2662 g/ml * 0,29176$$

$$(-r_A) = 0,776 g/ml * h$$

4.2.Resultados de las pruebas físico químicas.

Tabla 12 Características organolépticas del aceite de coco (*cocos nucifera L.*)

Características	Descripción
Aspecto	Líquido Homogéneo
Color	Amarillo
Olor	Característico
Sabor	Coco

Fuente: Elaboración propia

El aceite vegetal de coco (*cocos nucifera L.*). Presenta características organolépticas como: es un líquido de color amarillo, de olor característico y sabor a coco, el cual debe

ser almacenado en envases de vidrio de color Ámbar (caramelo). Esto para evitar degradaciones químicas.

Tabla 13 Densidad e Índice de refracción

Características físicas	Resultado (éter de petróleo)	Resultado (etanol)
Densidad (g/ml)	1,017	0,9395
Índice de refracción (°brix)	16,5	17,0

Fuente: elaboración propia

La densidad relativa y el índice de refracción que se obtuvieron del aceite de la copra de coco (cocos nucifera L.), es de 0,9025 y 1,4500 comparando con la investigación realizada por (Fuentes, 2013) comparando con los resultados que nosotros obtuvimos se ve una diferencia mínima debido a la temperatura donde se trabajó y también por solventes que se utilizaron en la investigación.

Tabla 14 Características físico químicas para el etanol

Análisis	Resultado
Determinación de índice de Yodo (I_2 /100g)	7,25
Determinación del índice de saponificación (mg KOH/mg)	201,71
Determinación de viscosidad (CP A 20°C)	16,84

Fuente: Laboratorio de control de calidad Universidad Católica de Santa María – Arequipa.

El índice de yodo y el índice de saponificación según (Soto, 2011) es de 190 (mg KOH/mg) y de 6,3-10,6 de índice de yodo comparando con los resultados que nosotros obtuvimos se ve una diferencia mínima debido al método de extracción del aceite y las condiciones del clima en donde se realizó la investigación.

Tabla 15 Características físico químicas para el éter de petróleo

Análisis	Resultado
Determinación de índice de Yodo (I_2 /100g)	7,20
Determinación del índice de saponificación (mg KOH/mg)	210,10
Determinación de viscosidad (CP A 20°C)	27,07

Fuente: Laboratorio de control de calidad Universidad Católica de Santa María – Arequipa.

El índice de yodo y el índice de saponificación según (Soto, 2011) es de 190 (mg KOH/mg) y de 6,3-10,6 de índice de yodo comparando con los resultados que obtuvimos

se ve una diferencia mínima debido al método de extracción del aceite y las condiciones del clima en donde se realizó la investigación.

4.3. Evaluación estadística de la eficiencia de extracción del aceite de la copra de coco (*cocos nucifera L.*) de la muestra extraída con etanol.

Para la obtención de los datos respecto a la eficiencia de extracción del aceite de la copra de coco (*cocos nucifera L.*) se utilizó el diseño factorial 2^2 cada experimento, obtenido como variable de respuesta la eficiencia de extracción del aceite.

Los resultados presentados en las siguientes tablas correspondientes.

4.3.1. Tabla Anova para la muestra extraída con etanol

Análisis de Varianza para Eficiencia de Extracción

Tabla 16 Anova para la muestra extraída con etanol

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo	107,071	1	107,071	33,83	0,0283
B: Temperatura	1,48231	1	1,48231	0,47	0,5644
AB	1,00501	1	1,00501	0,32	0,6298
Error total	6,32932	2	3,16466		
Total (corr.)	115,887	5			

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

R-cuadrada = **94,5384** porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **86,346** porciento

Error estándar del est. = **1,77895**

Error absoluto medio = **0,968333**

Estadístico Durbin-Watson = 0,746572 (P=0,1322)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,417233

El StatAdvisor

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Eficiencia de extracción en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen una valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 94,5384% de la variabilidad en Eficiencia de extracción. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 86,346%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 1,77895. El error medio absoluto (MAE) de 0,968333 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación

4.3.2. Optimizar Respuesta para la muestra extraída con etanol

Meta: maximizar Eficiencia de Extracción

Valor óptimo = 37,6363

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo	2,0	3,0	3,0
Temperatura	60,0	70,0	70,0

El StatAdvisor

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Eficiencia de Extracción sobre la región indicada.

Use el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para indicar la región sobre la cual se llevará a cabo la optimización. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor.

4.3.3. Diagramas de Pareto para la muestra extraída con etanol

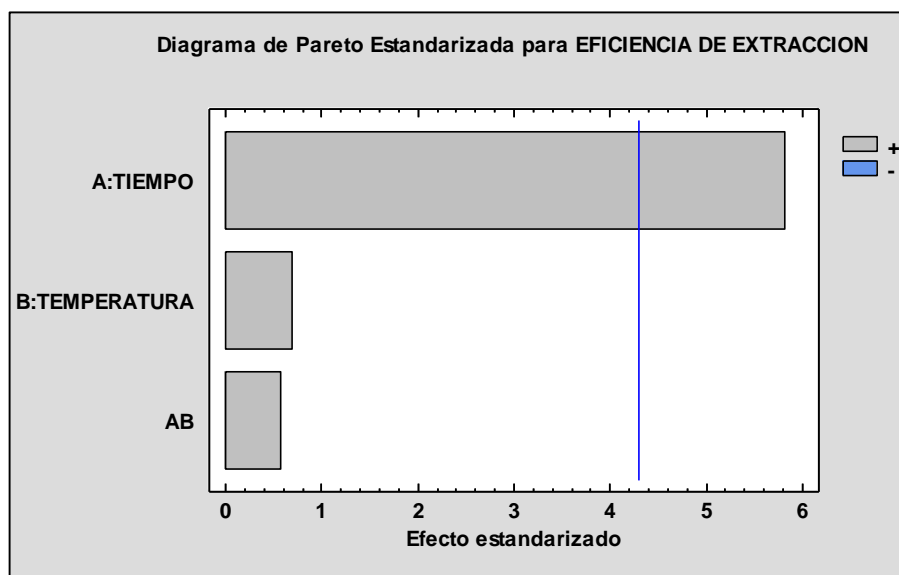


Figura 16 Pareto Estandarizado para la muestra extraída con etanol

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

A través del diagrama de Pareto se observa la influencia de los factores sobre el aceite extraído. En el A el rendimiento es óptimo debido a que el tiempo influye en la extracción con la materia prima. En la temperatura si bien es cierto existe influencia en la extracción de aceite sin embargo esto no es significativo.

4.3.4. Grafica de efectos principales para la muestra extraída con etanol

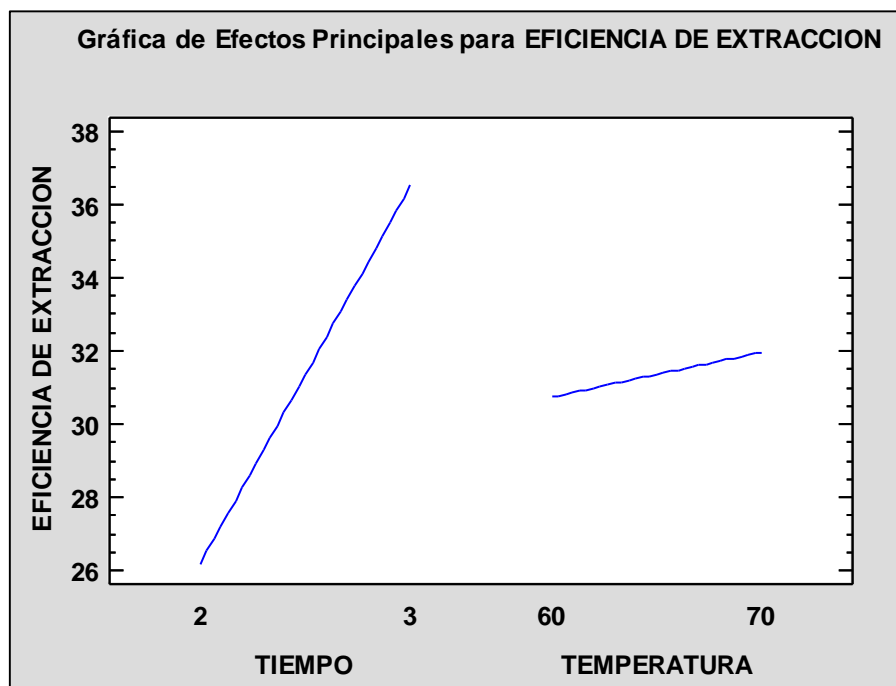


Figura 17 Efectos principales para la Eficiencia de Extracción para la muestra extraída con etanol

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

De la figura 17 en el factor tiempo al ser una línea ascendente nos indica que aún se debería en probar incrementar las unidades para llegar a un valor óptimo esto se logrará cuando la línea de tendencia se transforme en una línea descendente, pero al final se curve para descender, lo propio sería para el factor temperatura; sin embargo, como en la tabla de análisis de varianza nos indica que no es significativa este se omite.

- Con respecto al tiempo a mayor tiempo se incrementa más la eficiencia de extracción.
- Con respecto a la temperatura a mayor temperatura se incrementa más la eficiencia de extracción.

4.3.5. Coef. de regresión para Eficiencia De Extracción para la muestra extraída con etanol

Tabla 17 Coeficiente de regresión para la muestra extraída con etanol

Coeficiente	Estimado
Constante	30.1512
A: Tiempo	-2.685
B: Temperatura	-0.3795
AB	0.2005

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

La ecuación de regresión que se ajusta a los datos. La ecuación ajustada es:

$$\text{Eficiencia de Extracción} = 30,1512 - 2,685*t - 0,3795*T + 0,2005*t*T$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Mediante este modelo es posible realizar algunas estimaciones con un grado de acierto de un R-cuadrada.

4.4.Evaluación estadística de la eficiencia de extracción del aceite de la copra de coco (*cocos nucifera L.*) de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Para la obtención de los datos respecto a la eficiencia de extracción del aceite de la copra de coco (*cocos nucifera L.*) se utilizó el diseño factorial 2², cada experimento, obtenido como variable de respuesta la eficiencia de extracción del aceite.

Los resultados presentados en las siguientes tablas correspondientes.

4.4.1. Tabla Anova de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Análisis de Varianza para Eficiencia de Extracción

Tabla 18 Anova de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo	27,04	1	27,04	37,14	0,0259
B: Temperatura	0,0016	1	0,0016	0,00	0,9669
AB	0,0036	1	0,0036	0,00	0,9503
Error total	1,45608	2	0,728042		
Total (corr.)	28,5013	5			

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

R-cuadrada = **94,8912** porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **87,2279** porciento

Error estándar del est. = 0,853254

Error absoluto medio = 0,464444

Estadístico Durbin-Watson = 0,757237 (P=0,1359)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0,415439

El StatAdvisor

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de Eficiencia de extracción en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 94,8912% de la variabilidad en Eficiencia de extracción. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 87,2279%.

El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,853254. El error medio absoluto (MAE) de 0,464444 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5,0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

4.4.2. Optimizar Respuesta de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Meta: maximizar Eficiencia de Extracción

Valor óptimo = 47,5517

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo	1,0	2,0	2,0
Temperatura	30,0	40,0	40,0

El StatAdvisor

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Eficiencia de Extracción sobre la región indicada.

Use el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para indicar la región sobre la cual se llevará a cabo la optimización. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor.

4.4.3. Diagrama de Pareto de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

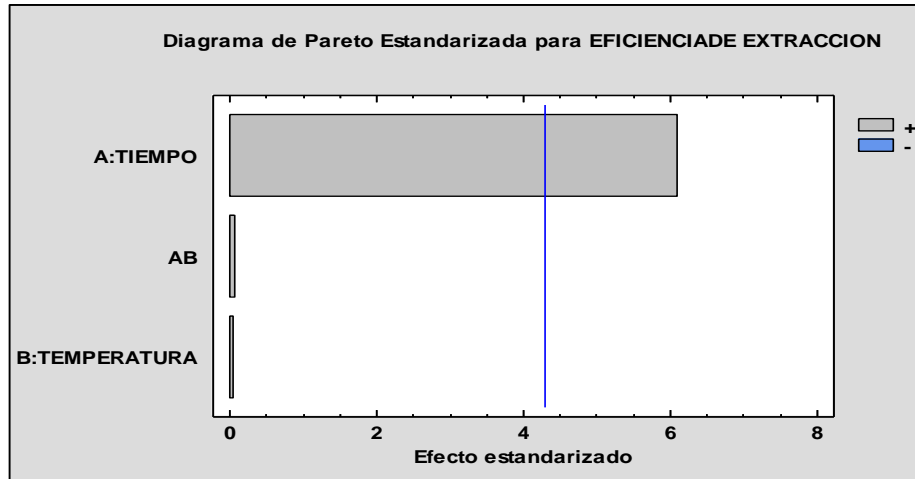


Figura 18 Pareto Estandarizada de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

A través del diagrama de Pareto se observa la influencia de los factores sobre el aceite extraído. En el A el rendimiento es óptimo debido a que el tiempo influye en la extracción con la materia prima. En la temperatura si bien es cierto existe influencia en la extracción de aceite sin embargo esto no es significativo.

4.4.4. Gráfica de efectos principales de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

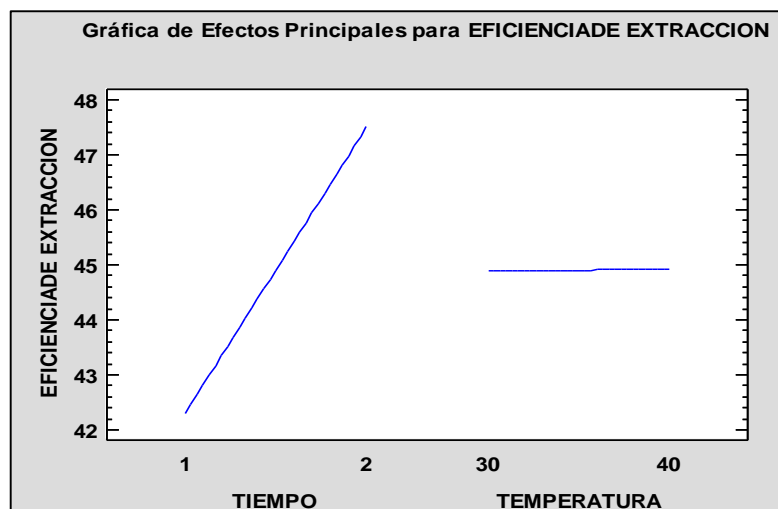


Figura 19 Efectos Principales de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

De la figura 19 en el factor tiempo al ser una línea ascendente nos indica que aún se debería en probar incrementar las unidades para llegar a un valor óptimo esto se logrará cuando la línea de tendencia se transforme en una línea descendente, pero al final se curve para descender, lo propio sería para el factor temperatura; sin embargo, como en la tabla de análisis de varianza nos indica que no es significativa este se omite.

- Con respecto al tiempo a mayor tiempo se incrementa más la eficiencia de extracción.
- Con respecto a la temperatura a mayor temperatura se incrementa más la eficiencia de extracción.

4.4.5. Coeficiente De Regresión de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Coef. de regresión para Eficiencia de Extracción

Tabla 19 Coeficiente de regresión de la muestra extraída con Éter de Petróleo.

Coeficiente	Estimado
Constante	37,5917
A: Tiempo	4,78
B: Temperatura	-0,014
AB	0,012

Fuente: Statgraphics centurión versión 17.2.07.

El StatAdvisor

Esta ventana despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Eficiencia de Extracción} = 37,5917 + 4,78*t - 0,014*T + 0,012*t*T$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que statgraphics evalúe esta función.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir:

- ✓ Se extrajo el aceite de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*) mediante la técnica de extracción sólido - líquido, se utilizó una muestra de 10g con el solvente éter de petróleo y 20g para el solvente etanol. La muestra que se obtuvo, fue un total de 70 ml de aceite de coco (*Cocos nucifera L.*), con un tiempo total de extracción de 12 horas para un total de 8 corridas con el solvente éter de petróleo. Y se obtuvo un total de 50ml en 20 horas para un total de 8 corridas con el solvente etanol, a una temperatura de ebullición de cada solvente que varía de 30 a 40 °C para el éter de petróleo y de 60 a 70 °C para el etanol.
- ✓ En el análisis de la cinética por extracción sólido - líquido se ha obtenido el mejor modelo matemático de primer orden basado en 8 corridas efectivizadas y ajustando datos experimentales encontramos el siguiente modelo:

Para la muestra extraída con etanol

$$C_A = e^{-0,0475}$$

$$C_A = 0,95361g/ml$$

Para la muestra extraída con éter de petróleo

$$C_A = e^{-1,2318}$$

$$C_A = 0,29176g/ml$$

- ✓ El aceite de coco presenta las propiedades físico químicas tales como la densidad 1,017 g/ml extraído con el éter y 0,9395 g/ml extraído con el etanol, índice de refracción 16,5 ° brix la muestra extraída con éter de petróleo y 17,0 °brix, la muestra extraída con etanol y las características físico químicas para la muestra extraída con etanol son de índice de yodo ($I_2/100g$) = 7,25 índice de saponificación (mg KOH/mg) = 201,71 y la viscosidad (CP A 20°C) =16,84 y para la muestra extraída con éter de petróleo son de índice de yodo ($I_2/100g$) = 7,20 índice de saponificación (mg KOH/mg) = 210,10 y la viscosidad (CP A 20°C) =27,07 fueron realizados en el laboratorio de ensayo y control de calidad Universidad Católica De Santa María – Arequipa.

VI. RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos sobre la cinética de extracción de la copra de coco (*Cocos nucifera L.*) se puede recomendar lo siguiente:

- ✓ Estudiar la cinética de Extracción con cada solvente ya que es diferente el tiempo de extracción, así como también la temperatura de extracción y la temperatura del ambiente donde se trabaje.
- ✓ Investigar el efecto de otras variables para determinar la cinética de extracción óptima en el equipo soxleth.
- ✓ Realizar pruebas preliminares antes del diseño experimental y generar la matriz de diseño.

VII. REFERENCIAS

- Belen Camacho, D. R., López, I., Garcia, D., González, M., Moreno Alvarez, M. J., & Medina, C. (2005). Evaluación físico-Química de la semilla del aceite de corozo (*Acronomia aculeata* Jacq.).
- Fuentes, F. E. (Noviembre de 2013). Evaluación del rendimiento y caracterización físico química de la extracción de la fracción lipídica de la copra de coco (*Cocos nucifera* L.) variedad verde utilizando tres solventes a escala laboratorio. Guatemala.
- Huamanyauri, B. E. (2016). Cinética de deterioro en la viscosidad del aceite almendra de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tingo María.
- Labin, J. E. (2011). Obtención a Nivel Laboratorio del Tinte Natural del Exocarpo del coco (*Cocos nucifera* L.) Mediante lixiviación por maceración dinámica utilizando muestras seca y fresca. Guatemala.
- Morocco, Q. S. (2017). Caracterización micro-histológica, física y química del aceite esencial de las hojas de matico (*Piper aduncum*), extraído por arrastre de vapor en el equipo modular.
- Padron, M. A. (septiembre de 2015). Obtención de ácidos grasos a partir de aceite de coco, soya y canola mediante hidrólisis ácida .
- Páez, M. S., Portacio, A. A., & Lafont, J. J. (2010). Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la semilla (almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L.).
- Ramirez, J. (2002). *Fundamentos de la Reología de Alimentos* . Cali, Colombia: Ed. Recitala.p. 8-9.
- Rivera Hernández, R., Lomeli Soto, J. M., Román Salinas, L., & Vera Figueroa, F. (2001). Extracción del Aceite de Coco a partir de la copra por medio de disolventes Químicos. *Conciencia Tecnológica*.
- Rodríguez, J. A. (2013). Implementación del análisis cuantitativo de índice de yodo para aceite de palma, aceite de pescado y sebo, en la compañía industrial de productos agropecuarios (CIPA S.A).
- Rosas, M. V. (2015). Cinética de extracción del aceite esencial del kjenjo (*Rumex crispus* L.).
- Saavedra, M. M. (2016). Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (*Tamarindus indica*). Pimentel.
- Salamanca García, M. A., & Sánchez Bermúdez, M. Y. (2009). Extracción y caracterización de la oleoresina del orégano (*Oreganum vulgare*). Pereira.
- Soto, M. R. (2011). Control de calidad de aceites vegetales.
- Umaña, M. M. (2016). Cinética de extracción y caracterización de pectinas de los subproductos de naranja mediante asistencia acústica.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO M1 (ÉTER DE PETRÓLEO)



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Aptdo. 1350
 AREQUIPA - PERÚ





INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA02H18.003489A

Nombre del Cliente	: Mónica Yeny Illa Cutipa
Dirección del Cliente	: Jirón Tacna N°970 Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreo	: Por el cliente
Descripción	: Aceite de coco M1
Tamaño de muestra	: Fco x 60 mL
Fecha de Recepción	: 02/08/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 02/08/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 09/08/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE IODO (I2 /100 g) NTP 209.008:1968 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación del índice de yodo. Método Wijs	7,20
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g) NMX-F-174-SCFI-2006, Alimentos – Aceites Y Grasas Vegetales O Animales	291,40
DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD (CP A 20°C) Método viscosímetro de Ostwald	27,07

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad



Q.F. Ricardo A. Al-H Ramírez
 COFDA 1004
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



Figura 20 Análisis Físico químico M1

ANEXO 2 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO M2 (ÉTANOL)



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
 ✉ laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe 📄 Apto: 1350
 AREQUIPA - PERÚ



INFORME DE ENSAYO
Nº DE INFORME: ANA02H18.003489B

Nombre del Cliente	: Mónica Yeny Illa Cutipa
Dirección del Cliente	: Jirón Tacna N°970 Puno
RUC	: No corresponde
Condición del Muestreado	: Por el cliente
Descripción	: Aceite de coco M2
Tamaño de muestra	: Fco x 30 mL
Fecha de Recepción	: 02/08/2018
Fecha de Inicio del Ensayo	: 02/08/2018
Fecha de Emisión de Informe	: 09/08/2018
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	RESULTADO
DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE IODO (I2 /100 g) NTP 209.008:1968 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de determinación del índice de yodo. Método Wijs	7,25
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g) NMX-F-174-SCFI-2006, Alimentos – Aceites Y Grasas Vegetales O Animales	201,71
DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD (CP A 20°C) Método viscosímetro de Ostwald	16,84

OBSERVACIONES:

- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL –DA.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramirez
 CQFCA 00824
 ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC



Figura 21 Análisis Físico químico M2

ANEXO 3 DESCASCARADO DE LA MATERIA PRIMA



Figura 22 Descascarado de la materia prima

ANEXO 4 SECADO DE MATERIA PRIMA



Figura 23 Secado de la Materia prima

ANEXO 5 MATERIA PRIMA PESADO Y TRITURADO EN EL MORTERO



Figura 24 Triturado de la materia prima

ANEXO 6 PESADO DE MUESTRAS PARA EXTRAER EL ACEITE

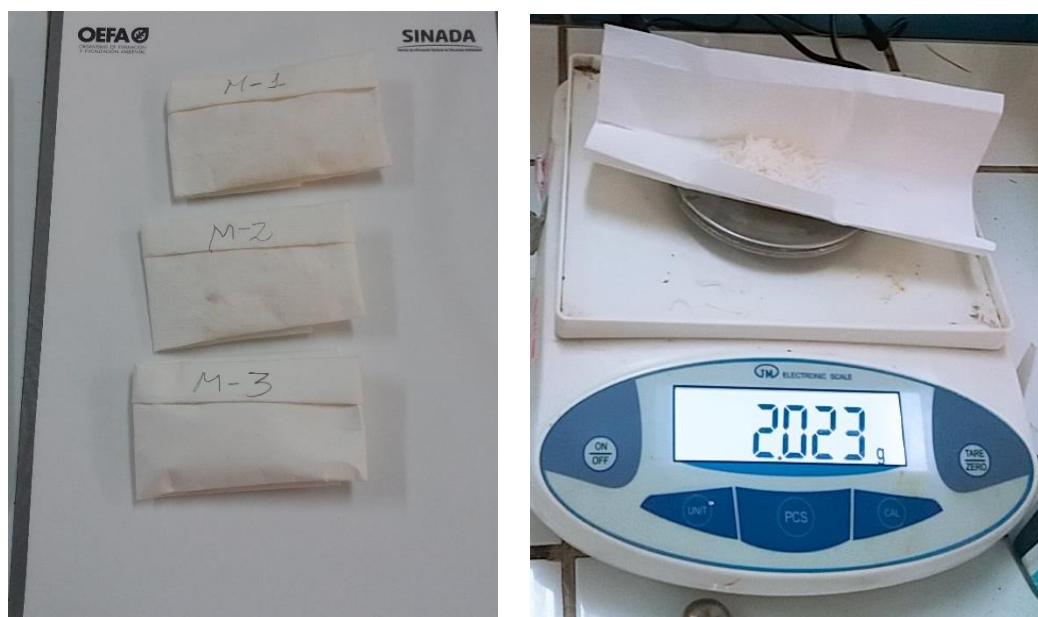


Figura 25 Pesado de muestra para la Extracción

ANEXO 7 EXTRACCCION EN EL EQUIPO SOXLETH



Figura 26 Extracción en el equipo soxleth



Figura 27 Equipo de Rota evaporador

ANEXO 8.

PARA EL SOLVENTE ETANOL

N° de muestras	Peso inicial (g)	Temperatura de extracción (°C)	Tiempo de extracción (h)
1	20	60	2
2	20	70	2
3	20	70	3
4	20	60	3
5	20	70	2
6	20	60	2
7	20	70	3
8	20	60	3
9	20	65	2,5
10	20	65	2,5
11	20	65	2,5
12	20	65	2,5

Fuente: Elaboración propia.

PARA EL SOLVENTE ETER DE PETROLEO

N° de muestras	Peso inicial (g)	Temperatura de extracción (°C)	Tiempo de extracción (h)
1	10	30	1
2	10	40	1
3	10	40	2
4	10	30	2
5	10	40	1
6	10	30	1
7	10	40	2
8	10	30	2
9	10	35	1,5
10	10	35	1,5
11	10	35	1,5
12	10	35	1,5

Fuente: Elaboración propia.