

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA**



**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE
TEBERINTO (MORINGA OLEIFERA) MEDIANTE MÉTODO SOXHLET”**

**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA**

MARIA LUCILA GABRIEL GASPAR

Callao, 2019

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

La presente Tesis fue Sustentada por la señora Bachiller GABRIEL GASPAR MARIA LUCILA ante el JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS conformado por los siguientes Docentes:

Dr. OSCAR JUAN RODRÍGUEZ TARANCO	Presidente
Dr. JULIO CÉSAR CALDERÓN CRUZ	Secretario
Dra. CARMEN GILDA AVELINO CARHUARICRA	Miembro
Mg. RICARDO RODRÍGUEZ VÍLCHEZ	Miembro
Mg. PABLO BELIZARIO DÍAZ BRAVO	Asesor

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 1 Folio N° 014 y Acta N° 12 de fecha SÁBADO 11 DE MAYO DEL 2019, para obtener el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Química, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 319–2017–CU de fecha 21 de noviembre de 2017 y Resolución N° 028–2019–CD–UPG–FIQ–UNAC de fecha 11 de mayo de 2019 de sustentación de tesis.

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme la oportunidad y sabiduría para cumplir uno más de mis metas en mi vida.

A mis padres Esteban y Beatriz, quienes fueron los pilares y ejemplos más valioso en mi vida, siendo unos padres muy responsables y la inspiración para seguir caminando por nuevos senderos, que con su amor, enseñanza y apoyo incondicional en la etapa de formación profesional me ayudaron a culminar una meta y hoy en memoria a ellos con perseverancia e interés logro cumplir uno más de mis objetivos en mi vida profesional. A mis hermanos y sobrinos por ser mi alegría, mi apoyo en esos momentos difíciles y sus valiosos consejos para alcanzar esta meta.

A mis amigos Santos Pio Álvarez López, Estela Toledo Palomino y Juan Medina que me brindaron su apoyo incondicional, demostrando siempre su confianza en mí y dándome consejos muy valiosos.

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO	3
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 Descripción de la realidad problemática	9
1.2 Formulación del problema	9
1.2.1. Problema general	9
1.2.2. Problemas específicos	9
1.3 Objetivos de la investigación	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Limitantes de la investigación.....	10
II MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes	12
2.2 Bases Teóricas	15
2.2.1 Teberinto	15
2.2.2 Aceites y Grasas	25
2.2.3 Proceso de Extracción de Aceites	35
2.2.4 Aceite del Teberinto.....	50
2.3 Conceptual	54
2.4 Definición de Términos básicos.....	54
III HIPÓTESIS Y VARIABLES	58
3.1 Hipótesis general e hipótesis específico.	58
3.1.1 Hipótesis general.....	58
3.1.2 Hipótesis específico.....	58
3.2 Definición conceptual de Variables.....	58
3.3 Operacionalización de las variables	60
IV DISEÑO METODOLÓGICO	61
4.1 Tipo y diseño de Investigación	61
4.1.1 Tipo de investigación.....	61
4.1.2 Diseño de la Investigación.....	61
4.2 Método de la Investigación.....	63
4.3 Población y muestra.....	67

4.3.1 Población.....	67
4.3.2 Muestra.....	67
4.4 Lugar de Estudio y Periodo desarrollado	67
4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	67
4.6 Análisis y procesamiento de datos	84
V. RESULTADOS.....	85
5.1.Resultado del rendimiento experimental del Proceso de extracción de aceite de Teberinto (Moringa Olifera).....	85
5.2. Resultados descriptivos sobre las cantidades extractivas de aceite de teberinto.....	90
5.3. Pruebas inferenciales sobre los factores influyentes en la extracción de aceite de teberinto.....	93
5.3.1. Pruebas de normalidad.....	94
5.3.2. Prueba Anova.....	98
5.3.3. Prueba de Tukey	100
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
6.1 Contrastación y Demostración de la hipótesis con los resultados	103
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	104
6.2.1 Caracterización de la Semilla de Moringa.....	104
6.2.2. Rendimiento de la Extracción del Aceite de Moringa.....	105
6.2.3. Características Fisicoquímicas del Aceite de Moringa	106
6.2.4. Perfil de Ácidos Grasos del Aceite de Moringa	107
6.3 Responsabilidad Ética de acuerdo a los reglamentos vigentes....	109
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	112
ANEXOS	119

TABLAS DE CONTENIDO

TABLA 1	Ubicación Taxonómica del Teberinto.	16
TABLA 2	Contenido de vitaminas y minerales de la moringa en base 100 gramos de porción comestible.	19
TABLA 3	Aminoácidos contenidos en la moringa en base de 100 gramos de porción comestible.	20
TABLA 4	Características organolépticas generales de los aceites comestibles.	28
TABLA 5	Comparación de la extracción de aceites de forma mecánica y con solventes en semillas con bajo, medio y alto contenido de aceite.	37
TABLA 6	Punto de ebullición de solventes (°C).	42
TABLA 7	Variables dependientes e independientes en el proceso de extracción continua	48
TABLA 8	Propiedades fisicoquímicas en los aceites de semillas de moringa según la variedad y condiciones de extracción.	52
TABLA 9	Composición porcentual del aceite de la semilla de moringa.	52
TABLA 10	Los componentes del aceite.	53
TABLA 11	Operacionalización de variables Dependiente e Independientes	60
TABLA 12	Diseño de Investigación	63
TABLA 13	Rendimiento de la extracción del aceite.	86
TABLA 14	Rendimiento de la extracción del aceite.	88
TABLA 15	Estadísticos descriptivos para las cantidades extraídas de aceite de teberinto	90
TABLA 16	Pruebas de normalidad de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según cada combinación entre n° de malla y tipo de solvente utilizados	98
TABLA 17	Prueba ANOVA para todas las cantidades extraídas de aceite de teberinto según los tipos de solventes utilizados	99
TABLA 18	Subconjuntos homogéneos de Tukey para cada cantidad de solventes	101
TABLA 19	Análisis proximal de las semillas de Moringa oleífera (% base seca)	104
TABLA 20	Características fisicoquímicas del aceite de moringa	107
TABLA 21	Contenido de ácidos grasos del aceite de semillas de Moringa oleífera obtenido.	108

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Usos Potenciales de diferentes partes de la moringa oleífera en la Industria y Producción de Alimentos.	17
FIGURA 2	Usos potenciales de la Moringa en la isla de Tenerife	22
FIGURA 3	Estados de la oxidación lipídico.	31

FIGURA 4	Extracción con Soxhlet en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente.	38
FIGURA 5	Cartucho de alúmina.	40
FIGURA 6	Calentador múltiple con seis equipos de extracción.	42
FIGURA 7	Equipo soxhlet	45
FIGURA 8	Esquema de una prensa hidráulica artesanal.	46
FIGURA 9	Esquema de una prensa hidráulica continuo.	47
FIGURA 10	Proceso de extracción supercrítico.	49
FIGURA 11	Proceso de extracción de aceites vegetales mediante fluido supercríticos.	49
FIGURA 12	Diagrama de bloques del proceso de producción de aceite teberinto (moringa oleifera).	51
FIGURA 13	Mapa conceptual de la variable dependiente e independiente	62
FIGURA 14	Proceso de extracción de aceite de teberinto	65
FIGURA 15	Mostrando la materia prima con cascara, pelada, secada triturada y tamizada y producto final aceite de moringa	65
FIGURA 16	Diagrama de flujo de la extracción de aceite de moringa olifeira por el método soxhlet.	66
FIGURA 17	Instrumento de recolección de datos.	68
FIGURA 18	Instrumento de recolección de datos.	69
FIGURA 19	Evaluando el color aroma sabor del aceite	81
FIGURA 20	Muestra de aceite antes de titular.	81
FIGURA 21	Titulando con tiosulfato de sodio.	81
FIGURA 22	Muestra después de la titulación.	81
FIGURA 23	Muestra de blanco.	81
FIGURA 24	Muestra de aceite.	82
FIGURA 25	Muestra de aceite saponificada.	82
FIGURA 26	Titulando la muestra.	82
FIGURA 27	Se terminó de titular la muestra.	82
FIGURA 28	Diagrama de caja y bigotes para comparar las cantidades extraídas de aceite de teberinto en función a la malla 800.	91
FIGURA 29	Diagrama de caja y bigotes para comparar las cantidades extraídas de aceite de teberinto en función a la malla 1000.	92
FIGURA 30	Diagrama de caja y bigotes para comparar las cantidades extraídas de aceite de teberinto en función a la malla 1200.	93
FIGURA 31	Histogramas de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según la malla 800 y los tipos de solventes utilizados, con curvas de normalidad	95
FIGURA 32	Histogramas de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según la malla 1000 y los tipos de solventes utilizados, con curvas de normalidad.	96
FIGURA 33	Histogramas de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según la malla 1200 y los tipos de solventes utilizados, con curvas de normalidad.	97
FIGURA 34	Gráfico de las medias de las cantidades de aceite extraídas mediante los tipos de solventes utilizados.	102

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la optimización del proceso de extracción de aceite de Teberinto (*moringa oleifera*) mediante el método Soxhlet, En el año 2010, el Ministerio de Agricultura (MINAG) y el Programa Sembrando, llevaron a cabo en Ica una campaña de cultivo de moringa oleífera perteneciente a la familia Moringaceae, planta con enorme potencial nutritivo originaria de la India y África, conocida como el "El árbol de la Vida" por la cual hoy en día se cosecha en la costa y parte de la selva peruana, se le reconoce como una fuente de nutrientes esenciales, rico en proteínas, aceite, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas, por esta razón en esta investigación se usa la semilla de Teberinto procedente del distrito de Huacho provincia de Huaura Lima, para la extracción de aceite por presentar alto poder nutritivo.

Se evaluó el rendimiento más elevado en la extracción del aceite en función a los factores que influyen, las propiedades fisicoquímicas de la semilla, caracterización y calidad del aceite obtenido, donde el diseño de la investigación está dado por los factores que influyen en la extracción del aceite como son: el tamaño de partícula, trabajando con malla 800,1000 y 1200; tipo de solvente usando tres solventes como son n- hexano, éter de petróleo y éter dietílico; tiempo que se realizó en 2hrs, 2.5hrs, y 3.00 hrs, y la relación de peso de semilla de moringa por volumen de solvente que son 1:10, 1:12, y 1:15.

De acuerdo a los resultados experimentales y al estudio del análisis estadístico se obtuvo el rendimiento más alto en la extracción del aceite de moringa con el tamaño de partícula más pequeña malla 800 en tres horas y con el solvente n-hexano. Se determinó que el ácido oleico se encuentra en mayor proporción en el aceite de moringa (73%) en comparación al aceite de oliva, en lo que respecta a la calidad y caracterización son semejantes a las del aceite de oliva garantizada por el laboratorio acreditado internacionalmente como es la SGS

Palabras clave: *Moringa oleifera*, ácidos grasos, ácido oleico, tocoferoles, índice de saponificación.

ABSTRACT

The objective of this research work is to optimize the oil extraction process of Teberinto (*moringa oleifera*) by means of the Soxhlet method. In 2010, the Ministry of Agriculture (MINAG) and the Sowing Program carried out in Ica a *Moringa oleifera* cultivation campaign belonging to the Moringaceae family, a plant with enormous nutritional potential originating in India and Africa, known as the "The Tree of Life" for which today it is harvested on the coast and part of the jungle Peruvian, is recognized as a source of essential nutrients, rich in protein, oil, amino acids and essential fatty acids, minerals and vitamins, for this reason in this research is used Teberinto seed from the district of Huacho province of Huaura Lima, for the extraction of oil due to its high nutritive power.

The highest yield in oil extraction was evaluated according to the factors that influence, the physicochemical properties of the seed, characterization and quality of the oil obtained, where the design of the research is given by the particle size, or number of mesh working with 800,1000 and 1200 mesh; type of solvent using three solvents such as n-hexane, petroleum ether and diethyl ether; time that was carried out in 2hrs, 2.5hrs, and 3.00 hrs, and the weight ratio of moringa seed per volume of solvent that are 1:10, 1:12, and 1:15.

According to the experimental results and the study of the statistical analysis, the highest yield was obtained in the extraction of moringa oil with the smallest particle size 800 mesh in three hours and with the solvent n-hexane. It was determined that oleic acid is found in greater proportion in moringa oil (73%) compared to olive oil, in terms of quality and characterization are similar to those of olive oil guaranteed by the internationally accredited laboratory how is the SGS.

Key words: *Moringa oleifera*, fatty acids, oleic acid, tocopherols, saponification index.

INTRODUCCIÓN

Las personas tienen la necesidad de optar alimentos más sanos y que no tengan muchos aditivos químicos y también los cuidados ambientales. El aceite de semilla del teberinto tiene varios usos a nivel industrial, así como, por ejemplo: biocombustible, aceite comestible de alta calidad y para la industria cosmética. La evaluación de la torta de las semillas de la teberinto obtenidas tras la sustracción del aceite de calidad tiene un potencial coagulante. En los últimos años, el interés ha aumentado en la utilización de las plantas conocidas como multiusos. Una de estas plantas es el teberinto, que pertenece a la familia Moringácea. Es nativo del Himalaya, es ampliamente cultivado en África, Central y Sur América, Sri Lanka, India, México, Malasia, Indonesia y en Filipinas, según Jongrun G. y Col. (2010).

Entre las propiedades nutritivas que se le otorgan, se encuentra en la hoja, tiene ocho aminoácidos esenciales, así también las proteínas, vitaminas A, C y Potasio, mineral muy importante para el funcionamiento del sistema nervioso. La moringa da un fruto, la cual es una vaina de color verde y de textura fibrosa, también puede comerse directamente, en tanto que sus semillas tienen aceite de gran calidad, comparable al aceite de oliva. La grasa, así como también las semillas molidas pueden formar parte de las salsas mexicanas aportar nutrientes, y un sabor picante, Olson M. y Fahey J. (2009).

Por otro lado, Konopka, Y. (2016) y Kumar (2017), indican que la extracción del aceite por técnicas convencionales como el prensado hidráulico, el prensado de expeller y la extracción con solvente se usan intensamente en la obtención de aceite a partir de semillas. En algunos casos, el aceite se extrae directamente empleando una prensa mecánica simple y el aceite se usa directamente sin ningún tipo de procesamiento, mientras que el hexano se utiliza para la extracción del aceite por solvente por su fácil recuperación, al tener una temperatura de ebullición (63 - 69 0C) y una excelente capacidad solubilizante de la fase oleosa.

Desafortunadamente el hexano, siendo muy eficiente, no es un solvente muy popular por cuestionamientos vinculados a la salud, seguridad e impacto ambiental.

Para evitar estos inconvenientes, según Nadar, Rao y Rathod (2018), se ha incrementado el interés en el desarrollo de técnicas de extracción del aceite y de otras biomoléculas de diferentes fuentes naturales, considerando que la presencia de polisacáridos como hemicelulosas, almidón, pectina dentro de la pared celular, reducen la eficiencia de la extracción de las técnicas convencionales, generando bajos rendimientos, ineficiencia en el tiempo de extracción y en el caso de la extracción por solvente, una calidad inferior del extracto debido a la presencia de residuos de solventes orgánicos presentes en ellos.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Actualmente, las personas se están preocupando por la salud y los cuidados ambientales, la salud es importante ya que en la parte farmacéutica y alimentos se utilizan tantos derivados químicos o insumos, generando un deterioro para las células o crecimientos. El aceite de la semilla del teberinto se ha usado con el propósito de solucionar los problemas de la piel, dolor de articulaciones, escorbuto, dolor estomacal, reumatismo, entre otros. La búsqueda de nuevos productos ha sido de gran interés científico y tecnológico, para las aplicaciones en la industria.

Los procesos que implican para la extracción y evaluación del aceite cada día son más exigentes.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo se debe optimizar el proceso de extracción del aceite de Teberinto (Moringa oleífera) mediante el método Soxhlet?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas que se debe tener en cuenta para Caracterizar la semilla de Teberinto?
- b) ¿Cuáles son los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de Teberinto?
- c) ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas que determina la calidad del aceite de Teberinto (Moringa oleífera)?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Establecer la forma para optimizar el proceso de extracción del aceite de Teberinto (moringa oleífera) mediante el método soxhlet, teniendo en cuenta los factores que intervienen en la extracción la caracterización de la semilla y la calidad del aceite

1.3.2 Objetivos específicos

a) Determinar las propiedades fisicoquímicas que se debe tener en cuenta para caracterizar la semilla de Teberinto

b) Determinar los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de Teberinto.

c) Analizar las propiedades relevantes del aceite de Teberinto para su adecuada calidad.

1.4 Limitantes de la investigación

- Delimitación teórica: Solo existe una tesis relacionado a la extracción de aceite de teberinto por el método de Prensado Expeller en el Perú desarrollada en la universidad Nacional Agraria La Molina en el 2018, lo que sí se pudo encontrar publicaciones de revistas científicas en diferentes partes del mundo, alto costo de la materia prima, semilla de Teberinto por ser innovadora
Aspecto específico: “Establecer los parámetros para optimizar el proceso de extracción de aceite de Teberinto (Moringa Oleífera) en función del rendimiento mediante el Método Soxhlet
- Delimitación temporal: Solo se cuenta con tres meses, de enero a marzo se prolongó hasta cuatro meses, abril 2019, siendo tiempo insuficiente.

- Delimitación espacial: Laboratorios de Investigación de la facultad de Ingeniería química de la Universidad Nacional del Callao

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Fernández Sobrados (2018) en su tesis “Extracción Enzimática del Aceite de Moringa (*Moringa Oleífera*) con Prensa-Expeller y determinación de su Tiempo de Vida en Anaquel” evaluó la eficacia del uso de una enzima hemicelulasa para incrementar el rendimiento de la extracción del aceite de moringa con prensa-expeller y los cambios en las características fisicoquímicas y antioxidantes del aceite, además de estimar la vida útil del aceite de moringa sin tratamiento enzimático por métodos acelerados. Para la estimación de vida útil, muestras de aceite crudo de moringa fueron almacenadas a temperaturas de 40, 50 y 60 °C y se realizó la medición del índice de peróxido, grado de acidez y coeficiente de absorbancia en el ultravioleta k232 y k270.

Se registró la evolución de los cuatro parámetros de calidad cada cinco días durante 40 días y se tomó como referencia las características del aceite de oliva virgen mencionadas por el Codex Alimentarius. Se obtuvo un mayor rendimiento en la extracción del aceite de moringa realizada con previo tratamiento enzimático y se encontró diferencias significativas en el índice de peróxido y grado de acidez. Se determinó que el ácido oleico se encuentra en mayor proporción en el aceite de moringa (72%) y α -tocoferol el isómero mayoritario, presentó un mayor contenido de polifenoles totales con respecto al aceite de moringa control; sin embargo, no se encontró diferencias significativas en la capacidad antioxidante determinada por el método ABTS.

Se estimó que el tiempo de vida del aceite de moringa a la temperatura de 20 °C fue de 280 días para el índice de peróxido, 214 días para el coeficiente de absorbancia en el ultravioleta k232, 204 días para el coeficiente de absorbancia en el ultravioleta k270 y 222 días para el grado de acidez.

Falowo et al. (2018) y Olaiya et al. (2018) indican que el interés por la *Moringa oleifera* Lam. Como recurso nutricional y nutracéutico para dietas humanas y animales ha aumentado en los últimos años, como resultado de su uso en cocinas tradicionales y medicina naturista en varias regiones del mundo. Se le reconoce como una importante fuente de nutrientes esenciales, rico en proteínas, aceite, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas, con una cantidad relativamente baja de anti nutrientes. También es una fuente rica de otros compuestos bioactivos que incluyen flavonoides y compuestos fenólicos, con varios estudios que demuestran sus propiedades funcionales in vitro e in vivo, con énfasis en su actividad antioxidante.

Yosvany Díaz-Domínguez,* , Elina Fernández-Santana, Susana Muñoz-Rodríguez, Candida Ferrer-Serrano, Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas, Martha Mazorra-Mestre marzo (2018) “Potencial de la *Moringa Oleífera* para la producción de Biodiesel” La calidad de vida de la sociedad ha generado el uso indiscriminado de recursos naturales como los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón). Existe un interés por el desarrollo de nuevas formas de energía, alternativas y renovables. El biodiesel es una alternativa renovable utilizada como combustible automotor, se produce por trans-esterificación de aceites vegetales o de grasa animal con un alcohol (metanol o etanol). Un inconveniente del uso de biodiesel es que se produce fundamentalmente de aceites comestibles, como los de soya, colza, coco y girasol, lo que genera un conflicto con la producción de alimentos.

La *Moringa oleífera* es una de las catorce especies de la familia Moringáceas sus semillas contienen entre (33-41 %) de aceite, por lo que se considera una especie oleaginoso, el aceite tiene varios usos reconocidos a nivel internacional, su potencialidad como aceite comestible de alta calidad, en la fabricación de cosméticos y en la obtención de biocombustible. El biodiesel a partir de *Moringa oleífera* es un tema actual objeto de varias investigaciones, las propiedades número de cetano y

estabilidad a la oxidación sobresalen cuando se compara este biodiesel con el obtenido de otros aceites vegetales

Diana Gómez Mitjans*, Vicenta Pita Bravo**, Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas publicaron la revista científica Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XVIII No. 2 Julio-Diciembre 2016 106-111 “Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos” La Moringa oleífera se utiliza como materia prima en diferentes industrias, como la alimentaria, farmacéutica y cosmética. Una de las partes aprovechables del árbol es la semilla debido a su contenido entre un 30 y 45 % de aceite. Sus propiedades terapéuticas potencian su uso en el tratamiento de más de 300 enfermedades. En esta investigación se caracterizó el aceite extraído de las semillas de Moringa oleífera de las variedades de origen cubano Supergenious, Plain y Nicaragua, a partir de extracciones sólido-líquido con hexano y etanol como disolventes y por el método de prensado mecánico de la variedad Nicaragua. A través de un diseño de experimento 2K se analizaron las variables relación soluto disolvente, tiempo de extracción, y la granulometría seleccionándose las corridas con mayores valores de porcentaje de extracción. Los aceites correspondientes a la selección se caracterizaron fisicoquímica y fitoquímicamente y los valores se compararon con variedades de diferentes regiones reportadas en la literatura. Se demostró que el método de prensado es eficiente, económico y no influye en las propiedades del producto obtenido.

Según, Moyo et al, (2011); Martín et al, (2013) Los principales aportes de la moringa en términos de macro y micronutrientes, se encuentran en las hojas, que al igual que las vainas frescas y los frutos presentan un valor considerable de vitamina A en forma de P-carotenos, minerales (hierro, potasio y calcio) y vitamina C. Además, las hojas secas y molidas contienen hasta un 30% de proteínas en base seca, razón por la que se conoce que las hojas presentan mayores fuentes de nutrientes que las vainas

Moyo, Masika, Hugo y Muchenje (2011) Evaluaron la composición y la calidad del aceite de semilla de *Moringa concanensis* provenientes de Pakistán extraído mediante enzimas, quienes encontraron que la composición de nutrientes de la semilla sufría una variación según la ubicación, clima y factores ambientales. Esta investigación busca determinar el efecto del tratamiento enzimático con hemicelulasa en la extracción del aceite de semillas de moringa, evaluando el rendimiento en la extracción, características fisicoquímicas, perfil de ácidos grasos, tocoferoles y capacidad antioxidante del aceite.

Ogbunugafor, Eneh y Ozumba (2011), realizaron una investigación sobre las características fisicoquímicas y antioxidantes del aceite de moringa, en México en el que Sánchez et al (2015) estudiaron el proceso de refinación y su efecto en las propiedades del aceite donde Fernández et al (2015) investigaron sobre las propiedades del aceite de moringa y su posible uso como biodiesel.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 TEBERINTO

Existe cierta confusión sobre cuál es el nombre científico adecuado de la *Moringa*, a pesar de que es sencillo de reconocer. La denominada *Moringa oleifera* se le han dado nombres tales como *Guilandina moringa*, la cual viene desde tiempos de Linneo en el año 1753, y además *Hyperanthera moringa* (L.) Vahl. Todavía resulta normal que existan algunos autores que utilicen el nombre *Moringa pterygosperma*, Gaertn Morton, J., (1995), el cual no es un nombre legítimo en relación a la denominación de nombres botánicos. Estas normas indican a su vez que *G. moringa* y *H moringa* no tienen validez, mientras que *Moringa oleifera* posee cierta notoriedad y resulta un nombre con validez, Olson y Fahey (2011).

La *Moringa oleifera* es un árbol perteneciente a la familia *Moringaceae*, es natural de la zona meridional del Himalaya y actualmente se cultiva en todas las regiones de clima tropical del mundo, crece con poca agua, se

cultiva de forma intensiva, con fertilización, y aumenta los rendimientos de biomasa de manera que supera las 100 tn por hectárea (Makkar y Becker; citado por Martín et al., (2013).

A continuación, se muestra taxonómicamente el árbol de Moringa.

Tabla 1
Ubicación Taxonómica del Teberinto

División	Magnoliophta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Capparidales
Familia	Moringaceae
Genero	Moringácea
Especie	Moringa oleífera

Fuente: Balbir (2005).

Características del Teberinto

La *Moringa oleifera* Lam, como recurso nutricional y nutracéutico para dietas humanas y animales se ha incrementado en años recientes, debido a su uso en cocinas tradicionales y medicina naturista en varias regiones del mundo, se le reconoce como una importante fuente de nutrientes esenciales, rico en proteínas, aceite, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas, con una cantidad relativamente baja de antinutrientes. Moyo et al. (2011) y Martin, et al. (2013).

Es una fuente rica en compuestos bioactivos que incluyen flavonoides y compuestos fenólicos, con varios estudios que demuestran sus propiedades funcionales in vitro e in vivo, con énfasis en su actividad antioxidante. Los aportes más significativos de la moringa son las hojas, las vainas frescas y también los frutos, los cuales presentan vitamina A

de forma de P-caróteno, vitamina C, también como productos alimenticios, que está conformada por la planta, las vainas verdes, las flores, las hojas, raíces, son comestibles y pueden utilizarse como nutrimentos ya que tienen abundante proteínas, vitaminas y también minerales (Berger et al; citado por Magaña, 2012).

La utilización de la Moringa se ha extendido ya que posee compuestos antioxidantes, gran cantidad de proteínas, entre otros. En el mercado existen infusiones que tienen propiedades organolépticas susceptibles en cuanto a su aroma y sabor, Gopalakrishnan, Doriya y Kumar (2016).

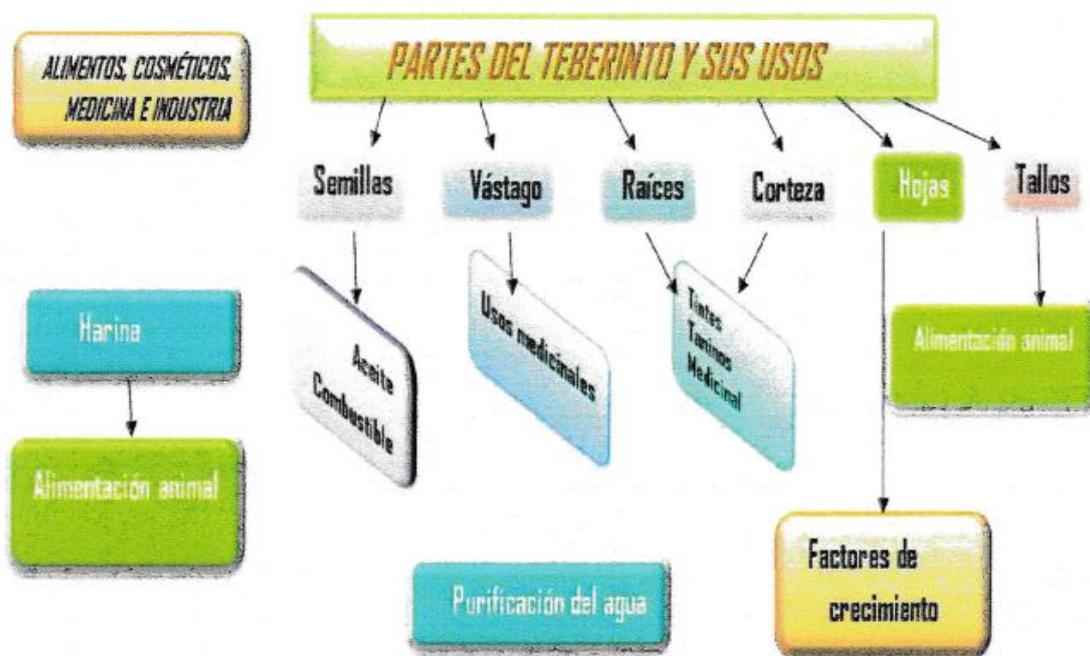


Figura 1. Usos Potenciales de diferentes partes de la moringa oleifera en la Industria y Producción de Alimentos.

Fuente: Alfaro (2008).

Propiedades y beneficios del Teberinto

Este vegetal perenne posee propiedades nutritivas sobresalientes, tiene 27% de contenido de proteínas; a su vez tiene gran cantidad de hierro, calcio, fósforo, así también vitamina A y C. Este valor nutritivo es muy importante en lugares en donde esté azotado por largos periodos de sequía, pues la moringa es especialmente resistente para épocas secas, cuando no existen otros vegetales fresco cultivables, Martin et al. (2013).

Las diferentes partes de Moringa oleífera contienen más de 40 compuestos con actividad antioxidante entre compuestos con este potencial, ya sea por actividad de captación de radicales libres o por capacidad de formación de quelatos de iones metálicos identificados en las semillas de moringa, se encuentran compuestos fenólicos como el kaempferol y los ácidos gálico y elálgico; Singh R., citado por Martin et al. (2013). Los principales productos obtenidos a partir de las semillas de moringa es el aceite, una excelente fuente de tocoferoles, por lo que en mezcla con aceite de girasol o aceite de soja refuerza la estabilidad oxidativa de la mezcla; Mani, Javas y Vadivambal (2007).

Este aceite se considera equivalente al aceite de oliva en términos de sus propiedades químicas, aunque de forma tradicional, aparte de su uso con fines comestibles, se le atribuye también propiedades medicinales para el tratamiento de reumatismo y gota, purificación de sangre y mejora de la función cardíaca.

Según Abdulkarim et al. (2005). y Nguyen et al. (2011), el aceite de Ben, como se le conoce también al aceite de soja y aceite de palma cuando se usa para freír los alimentos. En base a las propiedades fisicoquímicas, la composición nutricional y antinutricional, el aceite de semilla de moringa puede utilizarse para el consumo humano sin ningún problema.

Los PUFA son los ácidos linoleico, linolénico y oleico; estos PUFA tienen la capacidad de controlar el colesterol. Investigaciones muestran que el aceite de semilla de moringa contiene alrededor de 76% de PUFA, por lo que es ideal para usar como sustituto del aceite de oliva; Lalas y Tsaknis (2001).

Tabla 2
Contenido de vitaminas y minerales de la moringa en base 100 gramos de porción comestible.

Propiedades	Hojas frescas	Hojas secas
Caroteno (Vit. A)	6.78 mg	18.9 mg
Tiamina (B1)	0.06mg	2.64mg
Riboflavina (B2)	0.05mg	20.5mg
Niacina(B3)	0.8mg	8.2mg
Vitamina C	220mg	17.3mg
Calcio	440mg	2.003mg
Calorías	92cal	205cal
Carbohidratos	12.5g	38.2g
Cobre	0.07mg	0.57mg
Grasa	1.70g	2.3g
Fibra	0.90g	19.2g
Hierro	0.85mg	28.2mg
Magnesio	42mg	368mg
Fósforo	70mg	204mg
Potasio	259mg	1324mg
Proteína	6.70mg	27.1mg
Zinc	0.16mg	3.39mg

Fuente: Moringa Super Veggie.

http://issuu.com/vaidyamishra/docs/moringa_super_veggie/Adhishakti LLC, Vaidya Mishra, (2011).

TABLA 3

Aminoácidos contenidos en la Moringa en base de 100 gramos de Porción comestible.

Propiedades	Hojas frescas	Hojas secas
Arginina	406.6mg	1325mg
Histidina	149.8mg	613mg
Isoleucina	299.6mg	825mg
Leucina	492.2mg	1950mg
Lisina	342.4mg	1325mg
Metionina	117.7mg	350mg
Fenilalanina	310.3mg	1388mg
Teonina	117.7mg	1188mg
Triptófano	107mg	425mg
Valina	374.5mg

Fuente: Moringa Súper Veggie.

http://issuu.com/vaidyamishara/docs/moringa_super_veggie/ Adhishakti LLC,

Vaidya M, (2011).

Aplicaciones del Teberinto

- a) Las partes utilizadas de la Moringa incluyen sus hojas, vainas, semillas, flores y raíces. De todas las diferentes partes del árbol, el uso de hojas de Moringa es probablemente uno de los más comúnmente conocido y mejor documentado (Foidl et al., 2001; Ghazali y Mohammed, 2011).
- b) Presenta múltiples aplicaciones en distintos campos como los recientes estudios a nivel de su utilidad en diversas patologías, así como base en productos cosméticos por su excelente estabilidad oxidativa. Otra aplicación menos novedosa es como biocombustible, y también se ha propuesto su capacidad depurativa para el tratamiento de aguas no potables en zonas marginales (Yongbai, 2005) debido a su efecto antibacteriano (Fahey, 2005).

- c) **Ornamentales.** Son árboles vistosos. Se les puede podar, también usar como árboles que den sombra y también cortinas que rompan vientos.
- d) **Protección a otros cultivos en sistemas agroforestales.** Ya que no es un árbol del tipo excluyente, un buen soporte para la extensión de planta trepadoras. Es bueno para cultivar callejones, es decir, ya que tienen crecimiento elevado y sus raíces son profundas son especialmente resistentes.
- e) **Leña.** También se le puede utilizar como combustible para cocinar, ya que tiene un buen poder calorífico, 4 600 kcal/kg. La madera blanda y frágil se la pueda utilizar como carbón vegetal o como materia prima para el papel, con buena calidad, en los dos casos.
- f) **Depuración de aguas.** El Terebinto posee semillas que pueden ser utilizadas como floculantes de tipo natural, ya que se ha demostrado que captura partículas para unirlos y precipitarlos en procesos fisicoquímicos. Por ello se utiliza esta semilla para la depuración de aguas turbias y fluviales.
- g) **Seto.** Posee desarrollo veloz. Pero es especialmente sensible al viento cuando crece de forma solitaria, pero en agrupaciones resulta resistente. Como cerca viva se la utiliza en forma de poste vivo que resiste los elementos de la cerca.
- h) **Aceite.** La semilla puede contener 35% de aceite, de elevada calidad. Con 73% de ácido oleico, parecido al aceite de oliva. Resulta particularmente bueno combinado con ensaladas, ya que no se enrancia. Por otro lado, se le puede utilizar como lubricante de mecanismos, y además en la fabricación de cosméticos y jabón. A su vez también se le puede utilizar como combustible para lámparas, ya que arde sin producir humo.
- i) **Fertilizante.** Posee utilización también como fertilizante ya que tiene gran cantidad de contenido de nitrógeno, mediante el procesamiento de las semillas.

- j) **Forraje.** Sus hojas son especialmente importantes como forraje para rumiantes, camellos, aves, cerdos, entre otros, ya que son ricas en vitaminas y minerales.
- k) **Melífero.** Posee néctar la cual puede ser consumida por las abejas.
- l) **Fuente de hormonas.** Las hojas y tallos jóvenes pueden resultar especialmente importantes como extracto para el crecimiento vegetal.
- m) **Otros usos.** De la madera puede resultar interés industrial para la elaboración de gomas y taninos como curtidores de pieles. Por otro lado, las hojas, resultan bastante útiles como gas natural.



Figura 2. Usos potenciales de la Moringa en la isla de Tenerife

Fuente: Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop.* 25(2): 83-93 pp. (Medina, M. et. al. 2007).

Situación del Teberinto en el Perú

El Ministerio de Agricultura (MINAG) y el Programa Sembrando, en el 2010, lanzo una campaña en Ica sobre la cultivación de moringa, la cual es una planta con grandes cualidades nutritivas, que tiene origen en la India y África, en esos lugares es también conocida como "El árbol de la Vida".

Luego de 4 años de ardua investigación y a su vez validación a nivel local, se consiguió que la semilla nacional de moringa (planta que originalmente procede de Asia con buenas propiedades nutritivas) tenga una buena germinación y resultados importantes, ello lo indicó el gerente del Fundo Escondido, Ing. Jorge Chepote.

Ya que la planta posee grandes propiedades para bajar los índices de desnutrición, la planta fue desarrollada en Lambayeque por ingenieros de Agro rural. Actualmente en el Perú, existen 20 hectáreas de moringa en Pisco, Huacho, Ica, Piura, Tarapoto y Madre de Dios, en base a los estudios del Ing. Jorge Chepote, uno de los principales impulsores del desarrollo de la planta. Por otro lado, se está estudiando su adaptación a la selva y también a la costa norte.

En nuestro país se introdujo de forma exitosa este árbol, se da valor principalmente a sus propiedades asombrosamente nutricionales para luchar contra la desnutrición infantil. Por otro lado, también puede utilizarse como alimento para ganado, materia prima para la fabricación de papel, floculante del agua, aceite para consumo humano y por otro lado como biodiesel, etc.

La semilla de esta maravillosa planta que ayuda a combatir la desnutrición, porque tiene más de 90 componentes nutricionales, fue traída al Perú desde México en 1999 con autorización del SENASA.

Desde hace tres años, en el distrito de Tournavista, provincia de Puerto Ica, la ONG IDES Markayachay, cultiva la moringa, planta que, al consumir ayuda a las personas a tener una vida saludable, porque contiene proteínas, vitaminas y minerales.

Con la finalidad de expandir el cultivo del árbol de la vida, el director de la ONG, Kil Trejo Lugo, llega al Gobierno Regional de Huánuco y tras varias coordinaciones firma un convenio con la Dirección Regional de Agricultura, para entregar un millón 450 mil plantas a los agricultores del Valle del Monzón.

A la fecha, los plantones, cuyas semillas fueron traídas de Cuba, ya están en terrenos de los beneficiarios del proyecto: Instalación de parcelas demostrativas y transferencia tecnológica para la producción del cultivo de moringa en el Valle del Monzón, cuyo monto de inversión es superior a los tres millones de soles. El proyecto beneficia a más de mil familias afectadas con la erradicación de sus plantaciones de hoja de coca.

Como suplemente nutritivo, puede llegar a ser incluso utilizado por personas de la tercera edad, pues eleva las defensas, a su vez puede ser utilizado por madres gestantes, aumentando 20% la capacidad de dar leche materna.

La hoja siendo procesada puede llegar a ser utilizada como nutrimentos para aves, vacas, y cerdos. En la actualidad se están realizando pruebas en la dieta de gallinas y cuyes con resultados positivos hasta el momento.

Se estima que el sector acuícola también podría usar de forma provechosa esta planta, como alimento para las truchas. De ser posible, entonces se calcula que se podría multiplicar la reproducción de las truchas en el país, ya que la proliferación de la trucha viene siendo lenta ya que el costo de su alimentación es alto.

2.2.2 ACEITES Y GRASAS

Las semillas tienen flavonoides (catequinas, epicatequina, procianidinas y antocianinas) y ácidos fenólicos (ácido gálico y ácido elágico) (Yilmaz y Toledo 2006). Las grandes concentraciones de vitamina E, así como también niveles bajos de colesterol, apoyarían a la disminución del riesgo de contraer enfermedades cardíacas y circulatorias muchas veces observadas en el momento en que se consumen aceites más saturados (Sineiro et al. 1995).

En cuanto a los compuestos activos del aceite de semilla de uva, es posible tener abundantes polímeros derivados catequina y epicatequina, denominados Procianidinas. Estos compuestos tienen bastante valor farmacéutico, ya que tienen gran poder antioxidante (Bombardelli & Morazzoni, 1997).

En un estudio elaborado por la EAE Bussines School, dio como resultado que, en el 2009, se invirtieron 144600 millones de euros comparados con un gasto de 119800 millones. América es el continente que más dinero gasta en comida rápida pues tiene el 47% del consumo mundial. Asia y Pacífico tienen el 36% en tanto que Europa tiene el más bajo, 17%.

El gasto de todo el mundo en cuanto a comida rápida es más notorio en EE. UU. Luego Japón y China. Estos resultados a nivel de todo el mundo son diferentes en cuanto a los hallados de forma per cápita, aunque China es uno de los países con mayor cantidad de consumidores de comida rápida, el gasto por persona es uno de los más pocos a causa de su densidad poblacional. La OMS realizó informes acerca de las consecuencias de la comida rápida en la economía y la proliferación de la obesidad a lo largo del tiempo, y puso en conocimiento que a medida que el promedio de transacciones anuales por comida fue en aumento, es decir de 26,61 a 32,76, el IMC promedió se elevó de 25.8 a 26.4 (34).

✚ Clasificación de los aceites

Los que se obtienen de frutos y/o semillas oleaginosas

Aceites vegetales: El Reglamento Técnico-Sanitaria Española agrupa los aceites vegetales en dos grupos, aceites de oliva y aceites de orujo de aceituna y aceites de semillas de tipo oleaginosas.

Aceites de oliva: Son aquellos que provienen de los frutos de olivo (*Olea europea*). Son clasificados en los siguientes tipos:

- a) Aceites de oliva vírgenes: Son los que se obtienen principalmente por medio del fruto de olivo por medio de procesos mecánicos y otros de tipo físicos, de forma que no causen modificaciones en el aceite.
- b) Aceite de oliva refinado: Es aquél que procede del refinado de aceites de oliva vírgenes, cuya acidez libre es descrito como ácido oleico, no es superior a 0,3 g/100 g y cuyas otras características se adecúan a las determinadas para esta categoría.
- c) Aceite de oliva: Es aquel aceite que principalmente es producto de la mezcla entre aceite de oliva virgen diferente del lampante y aceite de oliva refinado.
- d) Aceite de orujo de oliva: Luego de procesar el aceite de oliva lo que existe a manera de residuo es el orujo de oliva (mediante el prensado o centrífugo).
- e) Aceite de semillas oleaginosas: Son aquellos obtenidos mediante presión o extracción con disolvente utilizando semillas oleaginosas, para el consumo humano. Entre los destacables se puede citar a: el aceite de girasol, el aceite de soja, el aceite de colza o de cáñola, el aceite de cacahuete o aceite de maní, aceite de germen de maíz, aceite de algodón, aceite de pepita de uva, aceite de cártamo, aceite de sésamo, aceite refinado de semillas.

✚ Características químicas de los aceites

El aceite, así como las grasas, son triglicéridos de glicerol (también denominado glicerina, 1, 2, 3 propanotriol o solo propanotriol). El glicerol es posible de enlazar tres radicales de ácidos grasos denominado carboxilatos.

Dichos radicales grasos usualmente son diferentes entre sí; pueden ser saturados o insaturados. La molécula se denomina triacilglicérido o triacilglicerol.

Los radicales grasos pueden ser desde 12 carbonos de cadena hasta 22 y 24 carbonos de extensión de cadena. Hay en la naturaleza por lo menos 50 ácidos grasos.

Algunos radicales grasos característicos son provenientes de algunos de los ácidos grasos enumerados a continuación

- Ácido linoleico C18:2
- Ácido linolénico C18:3
- Ácido oleico C18:1
- Ácido palmitoleico C16:1

Estos ácidos son los denominados ácidos grasos insaturados o ácidos grasos esenciales, denominados de esa forma pues el organismo humano no es posible de sintetizarlos por uno mismo, y se tiene que de esta manera ingerirlos en los alimentos.

Los ácidos grasos saturados son los enumerados a continuación:

- Ácido esteárico C18:0
- Ácido palmítico C16:0

En cuanto a los aceites los carboxilatos tienen insaturados o enlaces dieno o trieno, que hacen poseer característica líquida a temperatura ambiental. Los aceites resultan de la conformación de triglicéridos cuya composición les da propiedades características.

Los aceites insaturados tal cual como los indicados, son factibles de ser hidrogenados con el propósito de dar como producto mantecas hidrogenadas industriales de cierto grado de insaturación, que se utilizan para margarinas y mantecas de repostería.

TABLA 4

Características organolépticas generales de los aceites comestibles

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICAS
Contenido de grasa	más del 99=5 % p p
Color	Normalmente amarillo pálido
Olor	Olores característicos dependiendo del tipo de aceite

Fuente: FAO/OMS (1993). (Programa Conjunto f-A OOMS) 993 p.

✚ **Composición de ácidos grasos en aceites vegetales**

- Grasas de origen animal: Son los que se producen mediante diferentes sistemas por medio de depósitos adiposos de ciertos animales en adecuado estado sanitario.
- Mantequilla: Es la parte grasa obtenida mediante la leche de vaca con un contenido no menor a 80% de grasa, no mayor de agua del 12%, y un 2% de extracto magro lácteo.
- Manteca de cerdo: Proviene especialmente del tejido adiposo del cerdo. Cuando proviene del tejido adiposo subcutáneo es llamado tocino y si proviene del tejido adiposo abdominal o en todo caso algún otro tejido subcutáneo se le llama manteca. Es de color blanca.
- Grasa de cerdo fundida: Es producida mediante fusión por medio de distintos tejidos, no específicamente adiposos, del cerdo.
- Sebos comestibles: Son producidas mediante fusión por medio de tejidos de animales bovinos u ovinos. Es posible que tengan grasas de músculos y huesos. El más usado es el sebo de bovino. Esta grasa es tenuemente amarilla y posee una complexión dura y firme.

- Otras grasas y aceites animales: Son producidas de animales caprinos, aves, conservas de pescado congelado y fresco. Además se consideran los aceites de hígado de pescado.

✚ **Métodos para determinar la Calidad de los Aceites**

La industria alimenticia ha utilizado diferentes métodos con el propósito de dar cuenta de distintos intermedios o productos de la oxidación; sin embargo, estos varían, hay evaluaciones sensoriales no complejas, las cuales no suelen ser precisas, y más bien subjetivas; y hay análisis químicos y físicos que tiene que tener equipos complejos, los cuales cuantifican de manera objetiva la intensidad de la oxidación (Castillo, 2007).

✚ En lo que sigue se muestra una descripción de los métodos más usados en la industria alimenticia, los cuales determinan la estabilidad oxidativa de las grasas y los aceites.

- a) **Índice de refracción:** Es la relación entre el peso molecular medio y el grado de insaturación de las sustancias lipídicas (Tobón y col., 2002).
- b) **Índice de Yodo:** Es la medida de las insaturaciones contenidas en los ácidos grasos que conforman un triglicérido (dobles enlaces). Los ácidos grasos no saturados son líquidos a temperatura ambiental. Él guarda relación con el punto de fusión o dureza y densidad de la materia grasa.
- c) **Índice de Saponificación:** Indica cuánto de hidróxido de potasio en mg, se necesita con el propósito de saponificar un gr. de grasa o aceite.
- d) **Índice de Peróxido**

Es el método más clásico para cuantificar la oxidación de grasas y aceite, mediante este método se mide la concentración de los intermedios inestables, conformados en primera fase del proceso de oxidación que luego se descomponen con el propósito de

entregar los compuestos secundarios de oxidación (Castillo, 2007). El índice de peróxidos se puede entender como los mili equivalentes de peróxidos que estén contenidos en un kilo de grasas o aceite, y también señala cuánto de nivel de oxidación tiene un aceite (Zumbado, 2002).

Al comienzo de la oxidación de las grasas se puede dar el caso que, en gran cantidad, el resultado de la reacción sea hidroperóxido. Al elevar cuántos peróxidos se utilicen y se sienta el olor y el sabor propios de la rancidez, se puede notar fidedignamente la aparición de otros productos que resultaron de la descomposición de los hidroperóxidos (Zumbado, 2002).

e) **Índice de P-Anisidina (Av)**

Es un estimado de los productos secundarios de oxidación (Guillén y Nerea, 2002). Es definida comúnmente como cien veces la absorbancia medida a 350 nm en una celda de un cm de espesor, de una solución que contiene 1 g de aceite en 100 ml de una mezcla de solvente y reactivo. La prueba del índice de p-anisidina es normalmente útil para aceites con bajos índices de peróxidos. (Repositorio de la universidad Agraria la molina)

Este sistema trabaja mediante el principio de la reacción de condensación entre los dienales conjugados o 2-alquenes de la muestra y el reactivo de p-anisidina (p metoxianilina) en solución de iso-octano con determinación espectrofotométrica a 350 nm (Miller, 2001). La tonalidad del color de los productos amarillentos conformados está en factor de cuánto de compuestos aldehídicos hay u a su vez de su forma: un doble enlace en la cadena carbona, conjugado con el doble enlace del carbonilo, aumenta la absorbancia molar (Grompone, 1991).

f) **Índice de Acidez**

Usualmente el índice de acidez es un sistema que ayuda a determinar la cantidad de cadenas de ácido graso que han sido hidrolizadas desde la estructura básica del glicerol, representa el número de KOH requeridas para saponificar los ácidos grasos libres de una grasa y se denominado normalmente como porcentaje de ácidos grasos calculados en términos del ácidos oleico (Badui, 1996).

El sistema de medición de los ácidos grasos libres hace posible evaluar la situación en general del enranciamiento de un alimento, pues regularmente el enranciamiento hidrolítico acompaña el enranciamiento oxidativo (Kairuz, 2002). Los índices expresados, son posibles de relacionarse con los 3 estados de oxidación, tal cual se muestra en la siguiente figura.

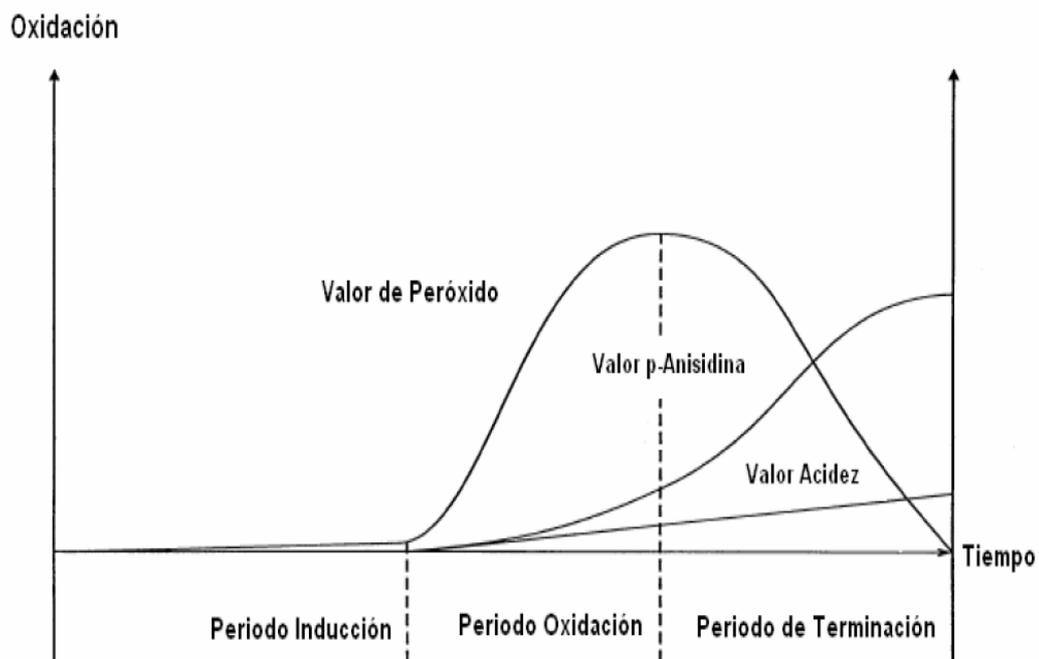


Figura 3. Estados de la oxidación lipídico.

Fuente: Grompone (2005).

g) **Coeficiente de Absorbancia en el Ultravioleta (K232 Y K270)**

Cuando va sucediendo el auto oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados se van conformando los hidroperóxidos los cuales en su estructura llevan dobles enlaces conjugados que absorben radiación alrededor de la longitud de onda de 232 nm. Estos compuestos se transforman a otros tales como las di-acetonas o, en cuanto a los hidroperóxidos de ácidos grasos con tres o más dobles enlaces, a sistemas que tengan tres dobles enlaces conjugados. Estos productos secundarios, que provienen de la degradación de los hidroperóxidos, poseen las características de absorber radiación UV alrededor de los 270 nm (Navas, 2010).

Por tanto, La oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados dan como resultado trienos y dienos conjugados que vienen con un aumento en la absorción ultravioleta a 232 y 270 nm, respectivamente (Miller, 2001).

Propiedades Antioxidantes de los Aceites Vegetales

La actividad antioxidante de los tocoferoles, polifenoles y demás compuestos de los aceites vegetales, presentan un interés que va en aumento desde que fueron considerados como medicamentos frente a enfermedades degenerativas crónicas, tales como enfermedades cardiovasculares, estrés oxidativo, algunas clases de cáncer (Varela; citado 15 por Navas, 2010); además de ser un aminorador de la peroxidación lipídica (Wagner *et al.*; citado por Navas, 2010) y actividad antihipertensiva (Perona *et al.*; citado por Navas, 2010).

Los radicales libres son aquellos compuestos químicos que llevan consigo uno o más electrones desapareados, de manera que no son estables y reaccionan velozmente con las demás moléculas. Estos radical puede irse conformando mediante la acción del ozono, reacciones fotoquímicas, los pesticidas, las radiaciones ionizantes (Tur, 2004). Los antioxidantes son aquellas moléculas que son posibles

de no dar paso al inicio de la cadena de reacciones de oxidación originadas por los radicales libres inhibiendo su capacidad oxidante Young y Woodside, (2001).

Los polifenoles que se encuentran en los aceites vírgenes, especialmente los que aparecen en el aceite de oliva son aquellos que son corresponsables que ayudan a reducir las posibilidades de contraer enfermedades cardiovasculares, relacionado a la composición y el efecto antioxidante del perfil lipídico, lo cual viene a constituir un buen protector para no contraer daño oxidativo (Varela, 2009).

La capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y recepcionar radicales libres, a pesar de que en ciertas ocasiones además promuevan reacciones de oxidación *in vitro*, está asociada al comportamiento antioxidante de los compuestos que son fenólicos. (Decker, citado por González, 2010).

Además, la capacidad antioxidativa de estos compuestos polares en sistemas lipídicos, es debido a que se encuentran en la interface lípido-aire, favoreciendo una lucha más efectiva contra el oxígeno molecular del aire que los antioxidantes lipofílicos, que siguen en solución en fases oleosas y que, en consecuencia, se desarrolla de mejor forma en sistemas aceite en agua (O/W) (Boskou; citado por Escobar, 2010).

La vitamina E se encuentra conformada por un grupo de 8 vitámeros. Su conformación viene con 2 partes primarias: un anillo complejo cromano y una larga cadena lateral. Los dichos 8 vitámeros son repartidos en 2 agrupaciones elementales: 4 tocoferoles y 4 tocotrienoles que se distinguen en la saturación de la cadena lateral; los tocoferoles llevan consigo una cadena saturada y los tocotrienoles llevan una insaturada con tres dobles enlaces en los carbonos 3, 7 y 11. Adentro de cada agrupación, los vitámeros son diferentes en el

número y posición de los grupos metilo en el anillo cromano, designándose como α , β , γ y δ (Núñez, 2007).

La actividad antioxidante que tienen los tocoferoles aumenta en la serie $\alpha \rightarrow \delta$, lo contrario sucede con la actividad vitamínica y con la rapidez de reacción con radicales peróxidos. La actividad del γ -tocoferol confrontada con el α -tocoferol es más elevada y se debe a la más elevada estabilidad del primero y a la presencia de productos diferentes, en el desarrollo de la reacción de antioxidación (Belitz y Grosch; citado por Concha y Vivanco, 2006).

Los tocoferoles y tocotrienoles, se manifiestan coordinados con las demás moléculas y enzimas con el propósito de defender las células (especialmente glóbulos rojos, células musculares y células nerviosas) en relación a las consecuencias que suceden a causa de los radicales libres, estimados actualmente importantes antioxidantes con buen potencial a favor de la salud (Sayago *et al.*, 2007).

Métodos de análisis y cuantificación de los ácidos grasos.

El análisis sensorial es posible de utilizarse para llevar el control de la calidad de los alimentos y dar resultados a problemas de salud diversos. En cada situación, las características que se presentan definen la prueba que se debe realizar, también la naturaleza del grupo de condiciones de análisis (Costel y Duran, 1981). La evaluación sensorial es un sistema utilizado con el propósito de medir, analizar y también interpretar los efectos de las particularidades de los alimentos y materiales de manera en que es percibida por los sentidos. La evaluación del aceite está limitada principalmente a los sentidos del olfato y del gusto (Warner, 2004).

- **Determinación del perfil de ácidos grasos**

Es la determinación de composición de ácidos grasos mediante cromatografía gas líquido. Esta técnica se basa en el fraccionamiento

de la muestra y la forma en que están distribuida sus moléculas entre el gas portador y la fase estacionaria, conforme a cómo se solubiliza en esta última fase. Los gráficos del registro de los componentes se pueden observar graficando un cromatograma, en el cual se pueden observar el tiempo de retención de cada uno, ello se relaciona al lapso que ocurre entre la inyección de la muestra hasta el momento en que se obtiene el pico más elevado. El tiempo de retención hace posible definir cada uno de los componentes de forma separada en la columna, en este caso ácidos grasos, cuantificados a manera de % de metil-esteres (**Jordana, 2005**).

- **Determinación de materia insaponificable**

La materia saponificable viene siendo aquel porcentaje que viene con la grasa, la cual se extrae con éter luego de la saponificación. Incluye alcoholes de gran peso molecular, hidrocarburos, vitaminas liposolubles, colesterol y los fitosteroles (**Tobon y col., 2002**).

2.2.3 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES

Para la extracción del aceite se debe romper la célula vegetal por medio de la trituración, y luego de aislar la parte grasa (aceite) de los otros componentes de las semillas o frutos.

La forma de extracción por medio de semillas está en función al tipo y estructura de las mismas. Con aquellas que tienen alto contenido de aceite, la forma de proceder es usar una fuerza mecánica para destruir las paredes celulares del material vegetal de partida. El aceite obtenido es crudo y la torta se obtiene mediante el prensado.

✚ Métodos de procesos de extracción de aceites vegetales

Tomando en cuenta la nutrición, son de gran relevancia, pues dan gran cantidad de energía, a su vez también aportan en cuanto a la dieta ácidos

grasos esenciales, como el ácido linoleico y el alfa linoleico, los cuales vienen siendo un medio de transporte de las vitaminas liposolubles A, D y E (Gil,2010, p. 251).

A. PROCESOS DE EXTRACCIÓN CON SOLVENTES

La extracción por medio de solventes, en especial hexano, es uno de los métodos que se suelen utilizar más cuando se quiere extraer aceites de semillas oleaginosas. El principio de extracción mediante solvente es sencillo y está basado en el hecho de que un soluto se acomoda entre dos fases en base a la relación existente de equilibrio determinado por las características del componente, y las dos fases (Lilian, 2010).

En la forma de extraer mediante disolventes, es posible comenzar con las semillas oleaginosas o con la torta proteínica producto del sistema de extracción mecánica, puesto que todavía tiene un determinado porcentaje de aceite que es posible de aminorarse al mínimo. Si se parte específicamente de las semillas, estas pueden ser limpiadas, descascarilladas y trituradas mediante rodillos, pasando de esta manera hacia un acondicionador para homogeneizar, después pasa a través de un molino, con lo cual se divide finamente, lográndose así una extracción mejor de aceite en el extractor, en donde un disolvente arrastra las grasas, lográndose separar en el evaporador en tanto que se recupera el disolvente y regresa al extractor (Navas, 2010).

La extracción con solventes alcanza mayores rendimientos cuando se trabaja en un sistema continuo, en contracorriente, en los que el disolvente y las semillas entran en contacto entre sí por corrientes que se mueven continuamente en direcciones opuestas (Bailey, 2001, p. 448; Valderrama, 1994, p. 93).

TABLA 5

Comparación de la extracción de aceites de forma mecánica y con solventes en semillas con bajo, medio y alto contenido de aceite.

PARÀMETRO		Contenido bajo (%) (soya)	Contenido medio (%) (Algodón)	Contenido alto (%) (Cacahuete)
Extracción mecánica				
	Aceite	15,0	29,8	48,0
Torta o harina	Aceite	3,6	2,7	2,0
	Sólidos	69,0	60,0	44,0
	Humedad	9,0	5,0	4,0
Extracción con disolventes				
	Aceite	18,0	32,0	49,65
Torta o harina	Aceite	0,6	0,5	0,35
	Sólidos	69,0	60,0	44,0
	Humedad	9,0	5,0	4,0

Fuente: Bailey, 2001, p. 449.

B. PROCESOS DE EXTRACCIÓN POR EL MÉTODO SOXHLET.

En base a lo descrito por el autor Carlos Eduardo Núñez (cenunez.com.ar. 2008).

La extracción viene a ser una operación que se utiliza para separar con determinado líquido una porción específica de muestra, apartando lo restante lo más posible.

Se efectúa ese proceso con los tres estados de la materia, es decir: sólido con líquido; líquido con líquido; y gas con líquido, la primera es la más usada y es sobre la que se desarrolla en esta tesis, la extracción mediante el equipo Soxhlet, ejemplo aquella en la que se obtienen principios activos del tejidos vegetales.

En la mezcla líquido con líquido tiene usos especialmente en química analítica cuando se extrae el producto de una reacción efectuada en fase líquida con un solvente específico para separar uno o algunos de los componentes

La tercera mezcla, gas – líquido, que ordinariamente se llama ‘lavado de gases’, es el burbujeo por una fase líquida de un gas que se quiere lavar o purificar.

Ante la cuestión de utilizar un equipo bastante complicado cuyo costo no es barato, con el propósito de sacar un sólido mediante un solvente, lo cual resultaría sencillo de efectuar sumando el solvente a la muestra analizada y después filtrar y ahí acabaría el proceso. En realidad, la extracción de elementos a filtrar en la mayoría de casos posee baja eficiencia, es decir, cuando se aumenta el solvente, lo que posee contacto con lo extraíble se satura instantáneamente, de manera que se debe filtrar y nuevamente tratar con un solvente fresco.

El equipo Soxhlet lo que hace es efectuar un número continuo de extracción de forma automática, mediante el mismo solvente, el cual se condensa y llega siempre al material de forma pura.

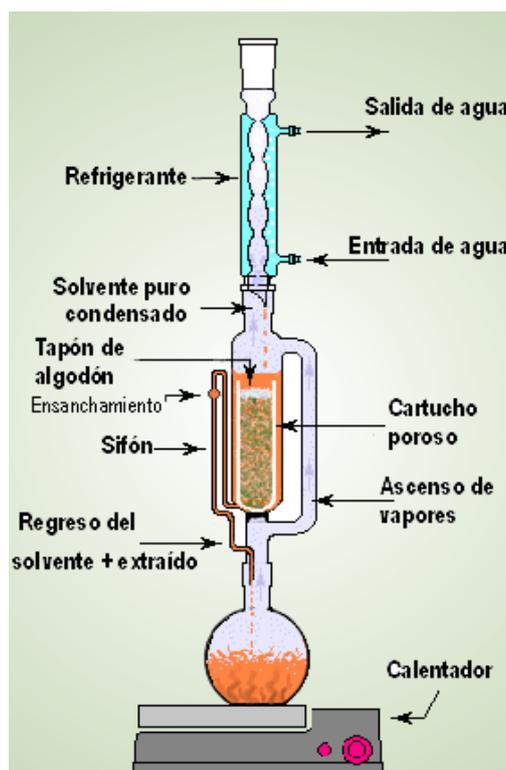


Figura 4. Extracción con Soxhlet en el momento en que se produce el sifonamiento del solvente.
Fuente: Carlos Eduardo Núñez cenunez.com.ar. (2008).

✚ Procedimiento de la Operación de Extracción

El extractor Soxhlet sigue las siguientes etapas.

- La puesta del solvente en un balón.
- La ebullición del solvente utilizado, el cual se va evaporando hacia un condensador a reflujo.
- El condensado precipita sobre un recipiente que lleva un cartucho cuya contextura es porosa que guarda consigo la muestra.
- El ascenso del solvente cubre el cartucho de manera que llega a un punto en que efectúa el reflujo, el cual vuelve al solvente con el material sustraído al balón.
- Se vuelve a repetir este proceso las veces que se considere necesario con el propósito de que la muestra termine agotada. Lo sustraído se va filtrando en el balón del solvente.

A continuación, se explicará estas etapas de forma más amplia:

- **Preparación de la muestra.**

La operación comienza por la preparación de la muestra. En el caso de utilización de madera, se le muele en un molino mediante filosas cuchillas de manera que el 90% pase por malla de 40 mesh. Con esta muestra así dispuesta se cargan los cartuchos que se utilizan para la extracción.

- **Cartuchos**

Este cartucho lleva consigo un cilindro cuya base es de forma semiesférica con el propósito que sirva como base de la extracción y también tenga resistencia para ello. Los materiales con los que están hecho son dos tipos, con algodón prensado, es más económico, pero no tan duradero (Figura n°5). El segundo, con porcelana, son posibles de lavarse de forma periódica con mezcla sulfocrómica. Los de algodón se van contaminando con el tiempo con los extractivos, en el caso de sustancias que contienen taninos, madera y otros vegetales, se manchan marrón rojizo, es conveniente lavarlos con un solvente de polaridad distinta con el que se mancharon puede ser el caso de hidrocarburos agua o alcohol



Figura 5. Cartucho de alúmina
Fuente: Carlos Eduardo Núñez cenunez.com.ar. (2008).

- **Tapón del cartucho**

Cuando ya está cargado el material, el cual puede elaborarse con la mano con hojas, tallos, entre otros, o quizás con un embudo, se tiene que poner un tapón por si la muestra pueda flotar o salirse del cartucho. El más usado es algodón mediante una torunda, suelen ser ásperas hay que lograr que el tapón consiga llegar al fondo mediante una espátula, se recomienda hacer lavados preliminares para quitar residuos del algodón. Cuando se trabaja con madera, se puede lavar con alcohol y benceno.

- **Colocación del solvente**

El solvente utilizado debe tener una cantidad adecuada con el propósito de que se eleve el cartucho y antes de que suceda la sifonada, no se seque el balón inferior, puesto que de esa forma, o bien se seca la muestra, o se puede quemar. Otro caso también es que se precipite el líquido de la sifonada encima del vidrio recalentado, ello puede resultar en una explosión de los vapores, y por tanto un causante de accidente.

Si la cantidad a utilizar no se encuentra mencionada en la norma, se llena el solvente desde la parte de arriba, de forma paulatina, con el propósito de que vaya tapando el cartucho y posteriormente efectúe el rechupe. Esta resulta ser la porción mínima. Sin embargo, ya que en el transcurso de la operación ocurren pérdidas de solvente por evaporación, y también tiene que sobrar una porción mínima en el balón con el propósito que no se concentre el extracto demasiado, se debe aumentar como mínimo una porción semejante del exceso.

- **Solventes a utilizar**

Ello si se sigue una norma que indique que el solvente resulte adecuado. Sin embargo, normalmente en los laboratorios de investigación, no se siguen normas, de tal manera que resulta adecuado conocer el rango de las sustancias a utilizar. Los estudios precedentes indican que existe una temperatura máxima y otra mínima de ebullición con la que el equipo prosigue adecuadamente. En el extremo inferior se ubica el diclorometano (cloruro de metilo) el cual se usa con el propósito de extraer grasas y resinas, de forma selectiva. Este solvente lleva consigo el punto de ebullición de 40°, el cual resulta próximo a la temperatura ambiental en lugares tropicales. Cuando se realiza una extracción utilizando el agua de refrigeración a 26°C, se pierde mucho del solvente. Con relación al extremo superior se debe indicar que mientras más se eleve el punto de ebullición descende bastante la cantidad de solvente que se va evaporando y por consiguiente la rapidez de la extracción.

Se debe tener en cuenta, que además del punto de ebullición el calor latente de evaporación también resulta importante. De esta manera se logra trabajar, por ejemplo, con esencia de trementina de manera fácil, aunque esta tenga su evaporación a 145° C, y de todos modos las extracciones con agua ocurren bastante lentas, muy cerca a la no factibilidad.

Otro factor trascendental sobre el tipo de solventes, es que los no polares normalmente tienen complicaciones para sifonar, ya que no humedecen el vidrio. Esto es usual con aquellos derivados que son clorados, tal como el diclorometano y el cloroformo, y también los hidrocarburos superiores al hexano.

En aquellos casos en los que se usa mezcla de solventes, como cuando se realiza sustracción de la madera, es necesario utilizar mezclas azeotrópicas porque de otra manera la extracción sería heterogénea en cuanto a la composición del solvente.

En el caso indicado se emplea dos porciones de benceno y también una de etanol que es casi la del azeótropo, 67,6% y 32, 4% correspondiente.

TABLA 6
Punto de ebullición de solventes (°C).

Éter	35
Diclorometano	40
Éter de petróleo	35 – 50
Cloroformo	62
Metano	65
Etanol –benceno	65
Hexano	69
Etanol tolueno	73
Acetato de etilo	77
Etanol	78
Benceno	80
Ciclohexano	81
Ácido fórmico	101
Dioxano	102
Tolueno	111

Fuente: Carlos Eduardo Núñez cenunez.com.ar. (2008).

- **Calentamiento**

Es normal usar calentadores eléctricos múltiples, parecidos a los que se muestran en la figura 6, que además posee reóstatos con el propósito de variar los tiempos con los que las resistencias están prendidas. Normalmente poseen distintos puntos.



Figura 6. Calentador múltiple con seis equipos de extracción.

Fuente: Carlos Eduardo Núñez cenunez.com.ar. (2008).

Lo usual es que al principio de la operación se coloque al máximo, con el propósito de poner el equipo a régimen, es decir colocar el equipo en modo Max, para posteriormente regularlo en base a la rapidez de sustracción que haya solicitado la norma o necesite la operación en sí. Dichas normas poseen reglas que indican cierta cantidad de sifonadas por hora. Con las calidades de vidrio boro silicato de la actualidad no hace necesario poner un disipador que tenga calor entre el calentador y el balón a no ser que se utilice un mechero a gas.

Con cierta recurrencia ocurre que al inicio de la etapa de evaporación el solvente se calienta más de lo debido y luego sucede una evaporación explosiva la cual produce que una enorme porción de vapores logren llegar al refrigerante que no da abasto en la condensación. También puede ocurrir que si el equipo no se encuentra colocado en los dos lugares adecuados, es decir con el balón y también con el extractor, se escape gases calientes del solvente, un motivo que puede causar accidentes.

Con alguna frecuencia sucede que al comienzo de la evaporación el solvente se sobrecalienta y posteriormente produce una evaporación explosiva que hace que gran cantidad de vapores lleguen al refrigerante que no da abasto en la condensación. Inclusive puede darse que si el equipo no está bien sujeto en los dos lugares necesarios, es decir en el balón y en el extractor, salte la parte superior y escapen vapores calientes del solvente, circunstancia que puede resultar peligrosa. Si se diera el caso de dar una cuantificación al extracto, existe una manera adecuada de no llegar al sobrecalentamiento y es metiendo un trozo de capilar de teflón de forma que choque con la parte lateral del balón en dos lugares distintos.

- **Refrigeración**

La localización de las mangueras es importante, ya que al haber 6 refrigerantes habrá 12 conexiones de agua. Las conexiones son posibles

de realizarse en paralelo o en todo caso en serie. Esta última conexión se utiliza menos cantidad de mangueras y solamente requiere una canilla y un único desagüe, por lo cual resulta práctica. Su único problema ocurre cuando la temperatura del agua aumenta cuando el líquido pasa de un refrigerante a otro. Cada equipo posee cierta entrada y salida del agua de forma independiente, en el sistema paralelo, de manera que se requerirán más canillas y más desagües, a pesar de que se puede colocar un sistema de canillas con diferentes entradas y también un colector para varios efluentes. El flujo que tiene el agua tiene que regularse para usar únicamente lo necesario, puesto que el consumo resulta elevado, normalmente cuando se utilice agua potable de canilla.

- **Operación de extracción**

Cuando el equipo se encuentre armado, y esté abierta el líquido para refrigerar, además de cargado el cartucho con la muestra y también colocado el solvente, únicamente faltaría prender el calentador y empezar con el proceso. Una vez que la temperatura llega a la de ebullición del solvente, este empieza a evaporarse; por otro lado, después de que el equipo eleve su temperatura, el solvente empieza a condensarse en el refrigerante y precipitarse a manera de gotas encima del cartucho. El primer proceso es completamente rara, y no se debe tener en cuenta para modular la rapidez de sustracción tal cual piden regularmente las normas.

Conforme vaya el condensado cayéndose encima del cartucho este empieza a escurrirse hacia la zona baja del mismo copando el recipiente de sustracción hasta el límite de la bajada del sifón y rechupa, con el producto integro disuelto, hasta el balón inferior. Para estar seguro de que el material para extraer termine embebido en el solvente, el tope del sifón tiene que estar sobre el cartucho. En el momento en que el sistema se encuentra en régimen las sifonadas ocurren a intervalos seguidos. Los tiempos comunes del sifonado se encuentran entre cinco y veinte minutos,

dependiendo de la fuerza del calentador, la temperatura externa, entre otros.

El número de sifonadas se encuentra delimitadas según la norma que se utilice, pero de todas formas hay sistemas en donde no se tiene información adecuada, de tal manera que es importante conocer el comportamiento que tiene la extracción. Con este propósito se puede usar un equipo de extracción el cual tenga adosado un robinete en la zona baja con el cual se pueda sustraer las muestras que se utilicen, sin la necesidad de desarmar el equipo.

- **Culminación de la operación**

Una vez se haya dado por terminado el proceso de extracción, resulta adecuada dar un de tiempo con el propósito de que la operación se enfríe de manera que al final sea fácil manipularlo.

Acto seguido no se debe dejar el agua de refrigeración abierta, porque si no se realizaría un consumo inadecuado. Luego el equipo se desarma y se saca el cartucho que se encuentra lleno de solvente y se pone en un lugar aireado o en todo caso en la campana extractora con el propósito que la muestra se seque. El cartucho de ser extraído húmedo puede resultar en un deterioro. Si es posible se tendría que enjuagar el extractor con el propósito de que al final se encuentre listo para ser usado la próxima vez. Y así se terminaría la operación de sustracción o extracción.

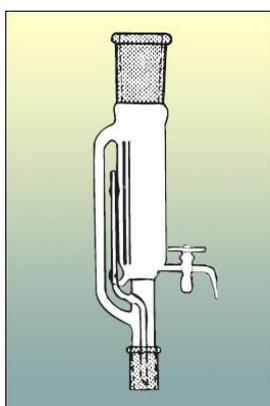


Figura 7. Equipo soxhlet

Fuente: Carlos Eduardo Núñez cenunez.com.ar. (2008).

C. PROCESO DE EXTRACCIÓN POR PENSADO

Este proceso es aplicable a frutos y semillas de tipo oleaginosas, siendo complementados normalmente el prensado con la sustracción de solventes. Antes, las semillas tienen que pasar por un sistema de limpieza y descascarillado. No bien se han molido las semillas de manera que se desgarran las células con el propósito de liberar el aceite que tenían, se las tiene que prensar (Contreras, 2011).

Al material vegetal se le tiene bajo presión mediante técnicas batch o de forma continua, es así que hay equipos: Tornillo sin fin de alta o de baja presión, extractor expeller, extractor centrífugo, extractor decante y rodillos de prensa (Sánchez, 2006). El rendimiento que se pueda lograr está en función a cuánta presión se logre aplicar, también del tiempo con el que se drene el aceite, la temperatura que se aplique, y finalmente la viscosidad (Avellaneda, 2010).

- **Procesos de extracción Prensa discontinua**

Utilizan palancas, cuñas, tornillos, entre otros.; de todos el sistema más usado fue el hidráulico (Bailey, 2001, p. 440; Valderrama 1994, p. 92).

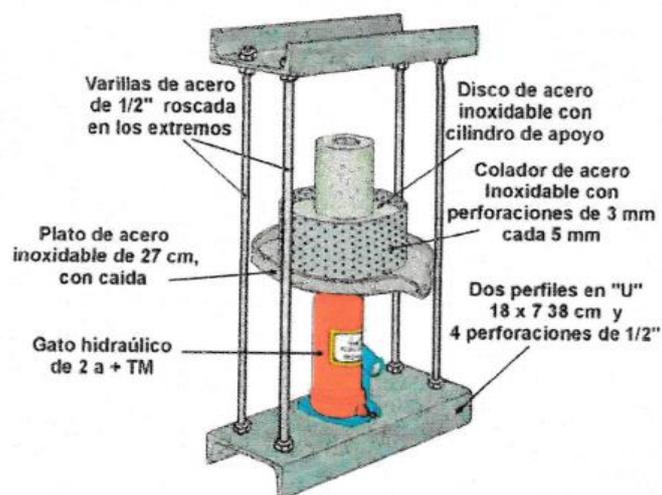


Figura 8. Esquema de una prensa hidráulica artesanal.
Fuente: ITACAB, 2013.P.1

- **Prensas discontinuas tipo abierto**

En esta prensa las semillas tienen que mostrarse confinadas en filtros de tela. Son, una serie de placas horizontales, que tienen un espacio entre 0.075 a 0.125 m debajo del conjunto de placas y unida a un vástago accionado también por debajo, existe una placa y unida a un vástago accionado también por debajo, existe una placa de fondo, más pesada. Al levantar el vástago, dichas tortas atraviesan una compresión, que consigue que el aceite fluya y caiga adentro de una bandeja, situada encima del bloque de fondo (Bailey, 2001, p. 442; Valderrama, 1994, p.92).

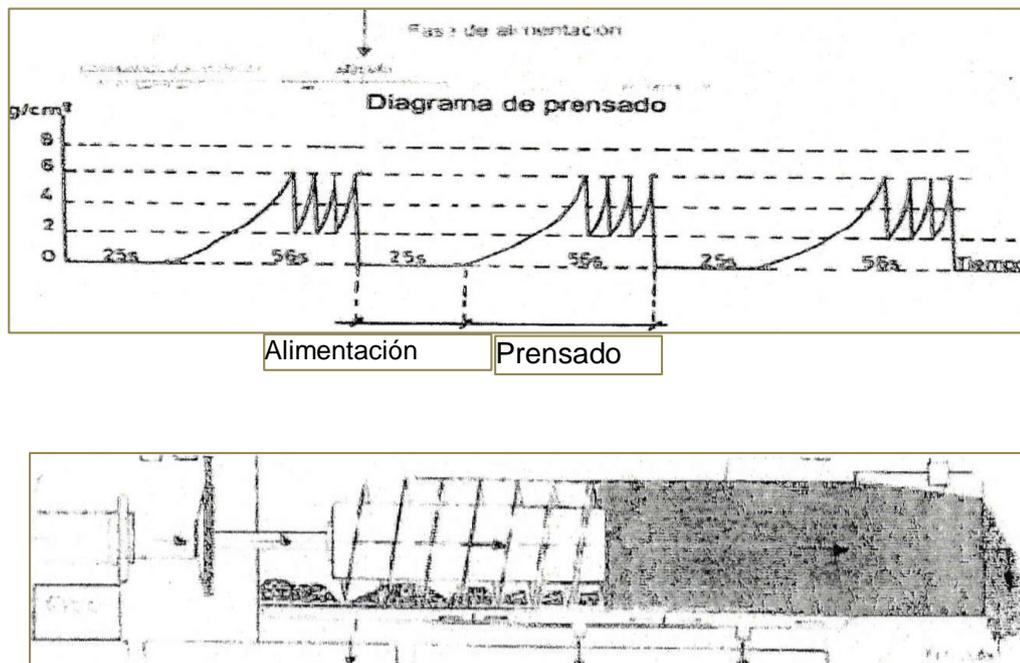


Figura 9. Esquema de una prensa hidráulica continuo.
Fuente: Valderrama, (2001).

Comparado con las prensas hidráulicas, las continuas poseen muchos beneficios, entre los cuales cabe citar que se necesita menos mano de obra y se logra mejores rendimientos en cuanto a la extracción, y se acoplan una gran cantidad de materias primas. La principal desventaja que tiene este sistema es que necesitan gran consumo de energía (Bailey, 2001, p.447)

TABLA 7

VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN CONTINUA

TIPOS DE VARIABLES	PARÁMETRO	CONDICIONES
Independientes	Velocidad del tomillo	A velocidad El tomillo se obtiene mayor rendimiento y mayor contenido aceite en la torta ya que se tiempo para que el aceite drene de los sólidos.
	Contenido de humedad.	Se requiere un nivel de humedad óptimo para la el cual oscilan 7 y el 10%.
	Cocción	La cocción produce la ruptura de las células facilitando salida del aceite.
Dependientes	Temperatura	La fricción que genera en el tornillo produce calor se traspa al aceite.
	Presión	Par lo general, se espera que, a mayor presión, mayor cantidad de aceite recuperado.
	Requerimiento de energía	El requerimiento energía está relacionado con la presión en la prensa, la viscosidad del material y la velocidad de rotación.

Fuente: Beerens, 2007, pp. 16-17

D. PROCESOS DE EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS

Los fluidos supercríticos son líquidos o gases llevados a condiciones de altas presiones y temperaturas moderadas, por encima del punto crítico. Su propiedad más atractiva es que presentan un elevado poder disolvente en su estado supercrítico (Bandonio, 2002, p. 156).

Para este tipo de extracción, el disolvente más utilizado es el CO₂, el cual presenta una temperatura de 31 °C y una presión de 72,85 atm cuando se encuentra en estado supercrítico (Raventós, 2010, p. 131).

El proceso de extracción es el siguiente: La materia prima y el CO₂ se disuelven, y se mezclan en un extractor a determinadas condiciones de temperatura y presión, el producto que queda en el recipiente es el refinado y el producto que pasa al separador, donde usualmente se reduce la presión, a 39.

Con el fin de disminuir el poder del disolvente del fluido supercrítico y se produce la separación del extracto y del fluido. El compresor se utiliza para recuperar el CO₂, para lo cual se presuriza y despresuriza. Adicionalmente, el equipo está compuesto de bombas con las cuales se controlan los flujos de trabajo y se modifican las velocidades de circulación automáticas en el caso de algún incidente (King y List, 2001, p. 133; Raventós, 2010, p.131).

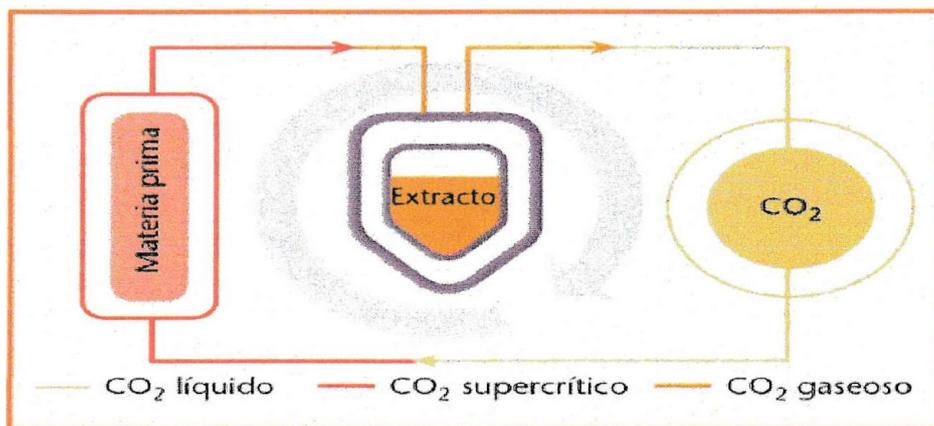


Figura 10. Proceso de extracción supercrítica.
Fuente: Raventós 2010.

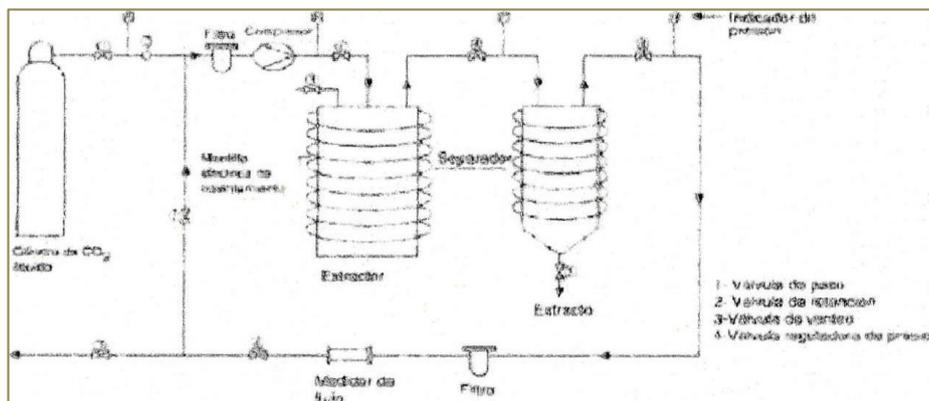


Figura 11. Proceso de extracción de aceites vegetales mediante fluido supercríticos.
Fuente: Badoni (2002) p. 156.

✚ Factores que influyen en el Proceso de Extracción

Los factores que inciden en el sistema de extracción y que a su vez tienen en cuenta al disolvente son los que aparecen a continuación (Centro de Documentación de Estudios y Oposiciones, 2009):

- ✓ Tiempo de extracción.
- ✓ Cantidad de disolvente.
- ✓ Temperatura del disolvente.
- ✓ Tipo de disolvente.

El tiempo que se toma para realizar la extracción es de gran importancia en la porción de aceite que se logre extraer. Normalmente la parte más abundante se sustrae durante las primeras etapas, de todas formas cada semilla tiene un comportamiento distinto, Centro de Documentación de Estudios y Oposiciones, (2009).

2.2.4 ACEITE DEL TEBERINTO

Se ha incrementado el interés en el desarrollo de técnicas de extracción del aceite y de otras biomoléculas de diversas fuentes naturales, tomando en cuenta que la presencia de polisacáridos como hemicelulosas, almidón, pectina dentro de la pared celular, reducen la eficiencia de la extracción de las técnicas convencionales, generando bajos rendimientos, ineficiencia en el tiempo de extracción y en el caso de la extracción por solvente, una calidad inferior del extracto debido a la presencia de residuos de solventes orgánicos presentes en ellos. Entre las técnicas de extracción verde y novedosas para recuperar biomoléculas (Nadar et al, 2018).

Evaluaron la composición y la calidad del aceite de semilla de *Moringa concanensis* provenientes de Pakistán extraído mediante enzimas. No se encontró estudios realizados con semillas de moringa provenientes del Perú lo que motiva esta investigación, ya que las condiciones agronómicas y climáticas entre países son diferentes y pueden influir en la composición de las semillas de moringa y por ende en su aceite, como lo indican Moyo et al. (2011).

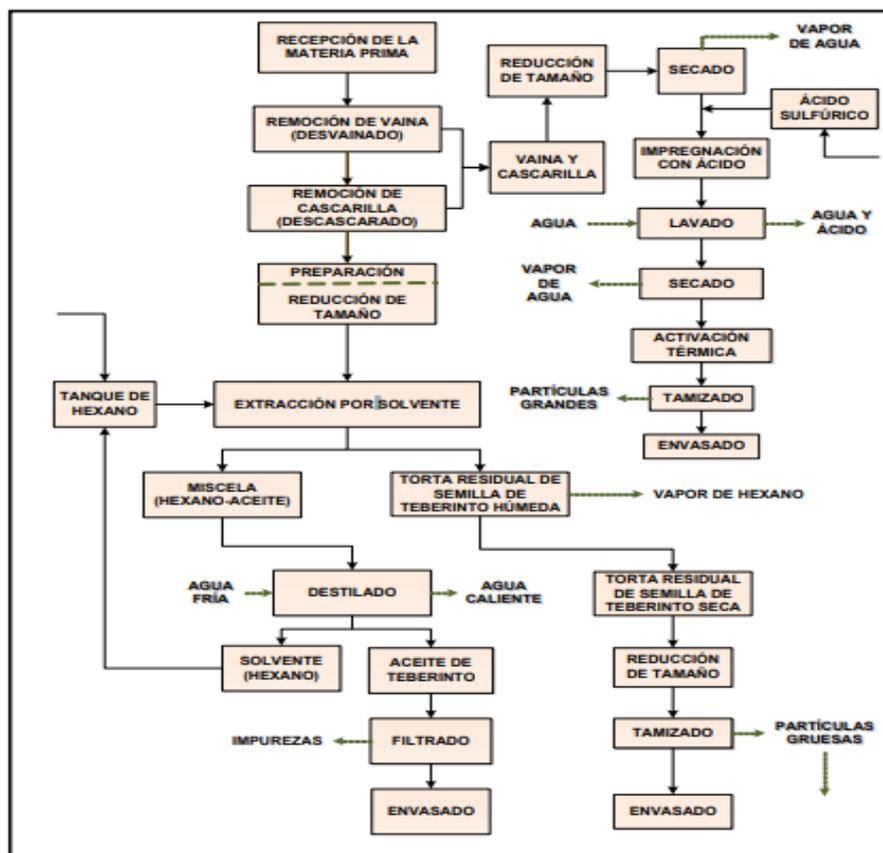


Figura 12. Diagrama de bloques del proceso de producción de aceite de teberinto (moringa oleifera).
Fuente: polprasid, (1994).

✚ Propiedades físicas y químicas del aceite de Teberinto

Para la caracterización del aceite se determinó el índice de refracción (AOAC, 1990), el índice de acidez (AOAC, 1990), el índice de peróxido (AOAC, 1990) y los coeficientes de extinción (AOAC, 1990), el índice de p-anisidina (AOAC, 1990). Por otro lado, se hizo la determinación del perfil de ácidos grasos usando cromatografía de gases (Cromatógrafo de gases equipado con FID marca Perkin Elmer Autosystem XL) por el método validado por el ITP, (2003), y la determinación de tocoferoles se realizó por cromatografía líquida (HPLC Agilent de la serie 1100 acoplado a un detector de fluorescencia Thermo Finnigan modelo FL3000), según el método de la AOCS (1989)

TABLA 8

Propiedades fisicoquímicas en los aceites de semillas de moringa según la variedad y condiciones de extracción.

PROPIEDADES	SUPERGENIOUS	PLAIN	NICARAGUA	NICARAGUA (EXTRACCIÓN MECÁNICA)
TIEMPO DE EXTRACCIÓN	6(h)	6(h)	6(h)	15(min)
DISOLVENTE	hexano	Hexano	hexano	-
TAMAÑO DE PARTÍCULAS	≥ 1mm	≥ 1mm	≥ 1mm	≥ 1mm
EXTRACCIÓN DE ACEITE (%)	39,8 ±3,5	40,9 ±3,0	45,04 ±2,7	65,37 ±3,4
ÍNDICE DE ACIDEZ (mg de HCl/g de aceite)	1,403 ±0,051	1,401 ±0,005	1,402 ±0,035	1,301 ±0,005
ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg de KOH/g de aceite)	170,59 ±1,7570	181,47 ±1,4700	161,68 ±1,7392	172,22 ±1,7382
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	1,4614 ±0,002	1,4625 ±0,002	1,4586 ±0,002	1,4665 ±0,003
Ph	4,71	5,38	5,29	4,83
DENSIDAD (g/cm ²)	0,885 ±0,65	0,885 ±0,061	0,8593 ±0,036	0,8852 ±0,43

Fuente: Marrero et al, (2014).

TABLA 9

Composición porcentual del aceite de la semilla de moringa

ÁCIDO GRASOS	BUKINA FASO	MALASIA	INDIA	KENYA	CUBA	PAKISTÁN	MALAWI
C 14:0	0,10	0,10	0,13	0,11	-	-	-
C 16:0	5,57	7,80	6,46	6,06	7,10	6,45	5,83
C 16:1	1,28	2,20	1,36	1,57	1,04	0,97	1,16
C 17:0	0,10	-	0,08	0,09	-	-	-
C 18:0	3,84	7,60	5,88	4,14	4,80	5,50	6,20
C 18:1	72,40	67,90	71,20	73,60	73,71	73,22	71,75
C 18:2	0,95	1,10	0,65	0,73	0,31	1,27	0,75
C 18:3	0,45	0,20	0,18	0,22	-	0,30	0,22
C 20:0	3,40	4,00	3,62	2,76	-	4,08	4,00
C 20:1	2,70	1,50	2,22	2,40	-	1,68	2,75
C 22:0	6,95	6,20	6,41	6,73	5,43	6,16	7,20
C 22:1	0,14	-	0,12	0,14	-	-0,12	
	1,58						
C 24:0		1,30	-	1,08	0,31	-	-

Fuente: Marrero et al, (2014).

TABLA 10

Los componentes del aceite.

Componentes	Porcentaje
Ácido Oleico	65.7 %
Acido Palmítico	9.3%
Acido Esteárico	7.4%
Ácido Bohémico	8.6%

Fuente: Moringa (2016), Tabla de la USDA, pura-México.

Se presenta los resultados del perfil de ácidos grasos del aceite de moringa. Se puede observar que el ácido graso mayoritario en el aceite de moringa es el ácido oleico, representado aproximadamente 72%. En otros aceites de semillas, por ejemplo, en el aceite de girasol, oscila entre 15% - 85%, en el de soja entre 20% - 35% y el de colza entre 50%- 65%, Gil (2010).

El aceite de Teberinto en la Ingeniería

Los ingredientes que son naturales, usados en el proceso de crear productos de utilización diaria actualmente tienen un gran interés. Estos ingredientes cuentan con gran demanda, es por ello que los países que producen materia prima para esta clase de industrias realizan sistemas que puedan conseguir ingredientes de una gran pureza posible, para garantizar contar con cierto sitio en el mercado y de esta manera se desarrolla también la industria alimentaria.

De los productos que puede proporcionar el aceite de la semilla de Moringa Oleifera se puede contar su potencial como biocombustible, de gran calidad y también de uso en la cosmetología. La utilización de los aceites de tipo vegetal resulta estar en auge a nivel mundial, ya que entendiendo que son de contenido natural tienen propiedades que suelen ser de vital importancia para este sector de la industria. Es por ello que actualmente se busca nuevos ingredientes que sean de tipo natural para

desarrollar nuevas grasas y aceites vegetales. Hogervorst y Knipples (2010).

2.3 Conceptual

La optimización del proceso de extracción de aceite de teberinto (*moringa oleífera*) mediante el método soxhlet,

Para el presente estudio de tesis se eligió el proceso de extracción por el método soxhlet porque se obtiene un rendimiento más elevado en comparación a los métodos de extracción mecánica por prensado, ya que es una operación unitaria de separación sólidos líquido, que se basa en la extracción de aceite de semillas oleaginosas a base de solventes en un sistema continuo en contra corriente en los que el disolvente y las semillas entran en contacto entre sí por corrientes que se mueven continuamente en direcciones opuesta, siendo la materia prima el soluto, la semilla de teberinto,

La optimización del proceso de extracción se basó en determinar los parámetros y factores que influyen en las operaciones unitarias aplicadas en el proceso de extracción del aceite como son desde el pesado, secado, trituración de la semilla seca y el tamizado de la semilla hasta la extracción del aceite. Teniendo en cuenta los factores que influyen como son, el tamaño de partícula, tipo de solvente, tiempo, temperatura de solvente, relación masa de semilla por volumen de solvente, así también la caracterización de la semillas de teberinto y la calidad del aceite de teberinto que nos van dar como resultado el más alto rendimiento en la extracción de aceite de teberinto

2.4 Definición de Términos básicos

Acidez. - Sensación de ardor en el estómago o en la garganta provocada por un exceso de ácido en el estómago.

Aditivos. - sustancia que, sin constituir por sí misma un alimento ni poseer valor nutritivo, agrega intencionalmente a los alimentos y bebidas en cantidades mínimas con objetivo de modificar sus caracteres organolépticos o facilitar o mejorar su proceso de elaboración o conservación.

Ambientalistas. - Es la promoción de la conservación y recuperación del mundo natural. También se conoce como conservacionismo, o Política Verde. Un conservacionista es una persona que está preocupada por el deterioro del entorno (Medio Ambiente).

Aminoácidos. - Son molécula orgánica con un grupo amino y un grupo carboxilo. Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas, juegan en casi todos los procesos biológicos un papel clave.

Biocombustible. - Contienen componentes derivados a partir de biomasa, es decir, organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos. Los biocomponentes actuales proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas.

Biogás. - Es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores, en ausencia de oxígeno.

Bohémico. - Es un ácido carboxílico saturado con fórmula $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$. En apariencia, se compone de cristales o polvo de color blanco a crema, con un punto de fusión de 80°C y el punto de ebullición de 306°C .

Calidad. - Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.

Coagulante. - Se denomina coagulación al proceso por el cual la sangre pierde su liquidez convirtiéndose en un gel, para formar un coágulo.

Ebullición. - Movimiento violento del agua u otro líquido, con producción de burbujas, como consecuencia del aumento de su temperatura o por estar sometido a fermentación o efervescencia

Extracción. - Es un procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí, con distinto grado de solubilidad y que están en contacto a través de una interface.

Fotoquímicos. - Es una subdisciplina de la química, es el estudio de las interacciones entre átomos, moléculas pequeñas, y la luz (o radiación electromagnética).

Hidráulicos. - La hidráulica es la rama de la física que estudia el comportamiento de los líquidos en función de sus propiedades específicas. Es decir, estudia las propiedades mecánicas de los líquidos dependiendo de las fuerzas a las que son sometidos.

Innovación. - Innovación es un cambio que introduce novedades y se refiere a modificar elementos ya existentes con el fin de mejorarlos o renovarlos.

Insaturación. – Es una molécula de tipo orgánica la cual tiene por lo menos un enlace doble de carbono. Actualmente se cree que la saturación de las grasas tiene que ver con cómo pueda bloquear la circulación de la sangre en el cuerpo.

Microbiológicos. – Es aquella ciencia que estudia y analiza aquellos microorganismos, o seres vivos que no se pueden ver mediante el ojo humano, comúnmente llamados microbios.

Oleico. – Este ácido es de tipo graso mono insaturado, omega 9 que se encuentra mayormente en los aceites de tipo vegetal, como por ejemplo el aceite de cártamo, aguacate, oliva, entre otros.

ODS - En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 objetivos de Desarrollo Sostenible.

ONU. - Es una organización que cuenta con 192 países. Los cuales se reúnen de forma libre con el propósito de trabajar de forma unida apuntando a la paz y a su vez a la seguridad de los pueblos, y también velar por erradicar la pobreza y por la justicia en el planeta.

Refracción. – Es aquella modificación de la dirección de la luz o un rayo o en todo caso alguna radiación que sucede producto de pasar de forma oblicua de un medio a otro de densidad distinta.

Saponificación. - Transformación de un cuerpo graso en jabón.

Seto. - Cerca hecha de palos o varas entretejidas o con plantas que crecen espesas.

Suspensión. - Detención o interrupción del desarrollo de una acción durante un tiempo o indefinidamente.

Taxonómica. - En su sentido más general, la ciencia de la clasificación. Habitualmente se emplea el término para designar a la Taxonomía Biológica, la «teoría y práctica de clasificar organismos».

Triglicérido. - Compuesto químico obtenido al formarse ésteres de los tres grupos alcohol de la glicerina con ácidos, generalmente orgánicos.

III HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general e hipótesis específico.

3.1.1 Hipótesis general

La optimización del proceso de extracción del aceite de Teberinto es viable mediante el método soxhlet, teniendo en cuenta los factores que influyen en la extracción, la caracterización de la semilla y la calidad del aceite

3.1.2 Hipótesis específico

- a. La caracterización que se realiza mediante los análisis fisicoquímicos como el porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas contenido de aceites son eficientes
- b. Los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de Teberinto son tamaño de partícula, tipo de solvente, tiempo y relación peso de semilla por volumen de solvente.
- c. El aceite de Teberinto presenta una calidad adecuado según el tipo de Ácido graso que contiene en su composición orgánica.

3.2 Definición conceptual de Variables

- a) Definición conceptual de la Variable dependiente: Y, Optimización del proceso de extracción del aceite de Teberinto

El aceite que contiene la semilla de teberinto tiene un alto valor alimenticio, comparable en apariencia, calidad y composición de ácidos grasos al aceite de oliva. Sin embargo, algunos estudios de análisis químico sugieren que los valores de ácidos grasos no saturados del aceite de teberinto (superiores al 73%) y ácidos grasos saturados (inferiores al 4%), hacen a este aceite vegetal más saludable que el aceite de maíz, y superior en calidad y valor

energético al de oliva y soya. Aunque estos valores pueden servir de guía, es importante considerar que el perfil de ácidos grasos variará fuertemente en relación a las condiciones del suelo y clima, encontraron hasta 21 % de ácido palmítico y sólo 70% de ácido oleico en aceite extraído de palmeras de majo cultivadas en la Guyana Francesa. (Miranda J., y otros, 2008)

b) Definición de la Variable independientes: X, Método de Extracción con Equipo Soxhlet

Según el autor Carlos Eduardo Núñez (cenunez.com.ar. 2008) .Esta lleva como concepto aquella acción que se utiliza para separar con determinado líquido una porción específica de muestra, apartando lo restante lo más posible.

Es posible efectuar ese proceso con los 3 estados de la materia, es decir: sólido con líquido; líquido con líquido; y gas con líquido. La primera combinación es la más usada y es sobre la que se desarrolla en esta tesis: la extracción mediante el equipo Soxhlet. Puede tomarse por ejemplo aquella situación en la que se obtienen principios activos del tejido de las plantas.

3.3 Operacionalización de las variables

TABLA 11

Operacionalización de variables Dependiente e Independientes

Variables	Dimensiones	Indicadores	Método
Y= Dependiente			
Optimización del proceso de extracción aceite de Teberinto	- Cantidad de aceite obtenido por cantidad de semilla de Teberinto.	Porcentaje de aceite Obtenido.	Experimental
Rendimiento			
X= Independiente			
Método de Extracción Soxhlet.			
X1 = Propiedades fisicoquímica para Caracterizar la semilla de Teberinto.	- Humedad, - Cenizas - Contenido de grasa - Proteína - Fibra cruda	Porcentaje Porcentaje Porcentaje Porcentaje Porcentaje	Experimental
X2= Los operaciones Unitarias que influyen en el proceso de la extracción del aceite de Teberinto	- Tipo de Solvente, - Temperatura ebullición solvente - Tamaño de partícula, - Dilución, - Tiempo.	Volumen de solvente °C N° de malla g/cc Hr	Experimental Análisis Estadísticos
X3= Caracterización de la calidad del aceite de Teberinto.	- Composición de Ácidos grasos, Fenólica Oxidativa - Índice de acidez - Índice de peróxido - Índice de yodo - Índice de saponificación - Densidad	Concentración Sensoriales ph	Experimental

Fuente: Elaboración propia.

IV DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de Investigación

4.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación básica tiene un enfoque cuantitativo, porque se basa en establecer el porcentaje del rendimiento en el proceso de extracción de aceite de moringa oleifera, considerando como variables: relación de peso/volumen en cada solvente, tamaño de partícula y el tiempo para aprovechar todo el aceite existente en la semilla y por otro lado es de carácter cualitativo porque se llevara a cabo análisis de las características sensoriales en el aceite como son: olor, color, sabor, rancidez y astringencia, con el propósito de obtener un aceite de alta calidad.

El tipo de investigación aplicado a este estudio es correlacionado porque permitió:

- Medición cuantitativa de resultados.
- Elaboración de tablas y gráficos.
- Análisis de varianza.
- Análisis de correlación de variables.

Con el fin de evaluar el comportamiento de una de las variables en función de las otras y medir el grado de relación entre las mismas.

4.1.2 Diseño de la Investigación

Es un diseño experimental, según Hernández, Fernández y Baptista (2010) manifiestan: “Experimento: situación de control en la cual se manipulan de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependientes (efectos)” (p.122).

En este estudio se buscó evaluar el porcentaje de rendimiento óptimo como variable dependiente en el proceso de extracción con

Método Soxhlet trabajando con cuatro variables independientes como son, tamaño de partícula, tipo de solvente, tiempo y relación de semilla de moringa oleifera por volumen de solvente.

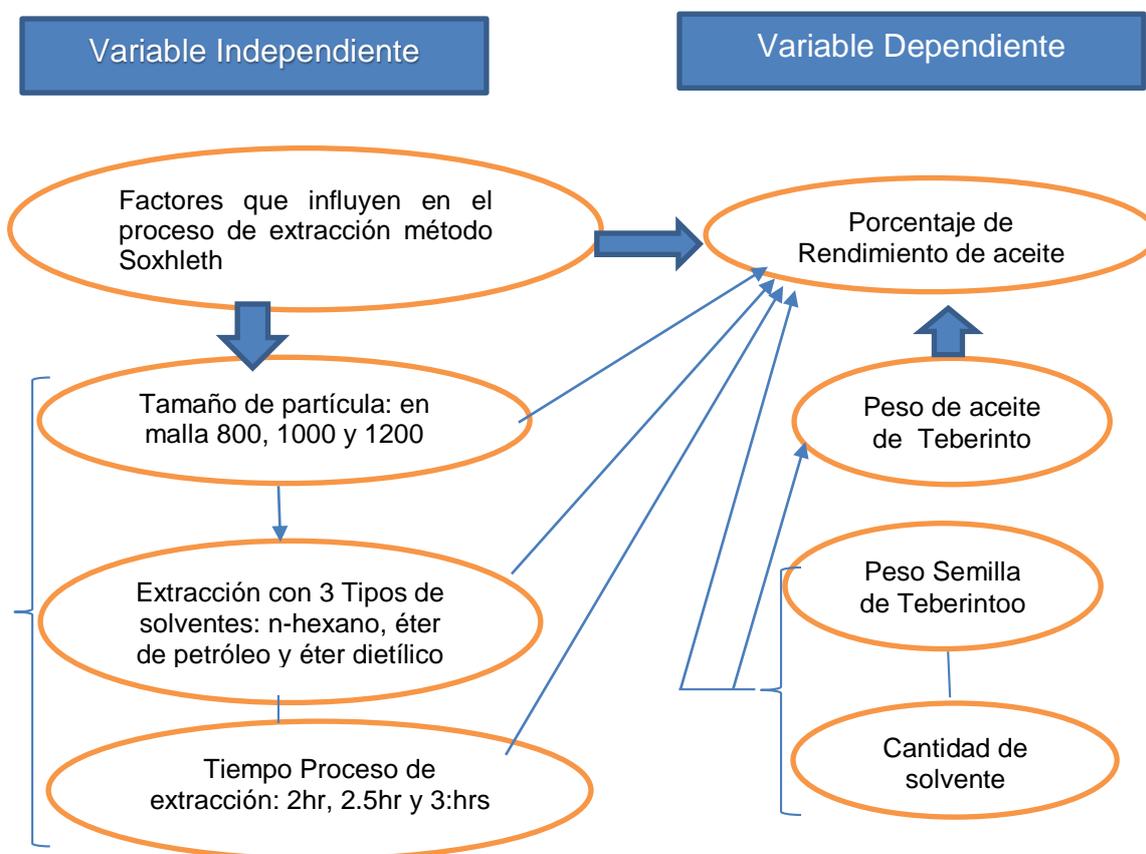


Figura 13. Mapa conceptual de la variable dependiente e independiente
Fuente: Elaboración propia

Siendo el diseño de Investigación como se muestra en la tabla

Tabla 12
Diseño de Investigación

FACTORES	NIVELES
A: Relación: semilla de moringa / volumen de solvente	a ₀ = 1/10 a ₁ = 1/12 a ₂ = 1/15
B: Tamaño de partícula Numero de malla	b ₀ = 800 b ₁ = 1000 b ₂ = 1200
C: Tipo de solvente	c ₀ = n-hexano c ₁ = éter de petróleo c ₂ = éter dietílico
D: Tiempo	d ₀ = 2 hrs d ₁ = 2.5 hrs d ₂ = 3.00hrs
Temperatura de solvente	De 34.6 °C a 69 °C

Fuente: Elaboración propia

4.2 Método de la Investigación

Para la extracción del aceite de moringa oleífera se siguió la siguiente metodología:

- Recepción.- Verificar que los racimos de la semilla de Moringa están maduros, almacenar en el laboratorio de la Unidad de Investigación con adecuada aireación asegurándose que se mantengan con un nivel adecuado de temperatura (15-16°C) y humedad (50 – 60 %) para evitar el desarrollo microbiano.
- Selección.- Seleccionar la semilla retirando las vainas e impurezas.
- El siguiente paso consiste en eliminar la semilla del mesocarpio de un porcentaje de materia prima.
- Pesado.- Después de haber retirado toda la cascara se debe pesar en una balanza analítica

- Secado.- El secado se realizará en una estufa a 60 °C por 72 hrs
- Pesado.- Nuevamente se pesa para calcular el porcentaje de humedad de la semilla de la moringa oleifera o materia prima.
- Molienda.- Moler la semilla de moringa en un molino
- Tamizado.- se realiza el tamizado en tres de número de malla 800, malla 1000 y malla 1200 ya que el tamaño de partícula es una de nuestras variables independiente.
- Pesar.- cartuchos de 10, 15 y 20 gramos de semilla de moringa oleifera y colocar en el equipo soxhlet
- Colocar en un matraz o balón esmerilado el tipo de solvente a usar como puede ser n- hexano, éter de petróleo o éter dietílico (relación gramos de semilla de teberinto /volumen de solvente, hexano), ya que también tipo de solvente es otra variable, en llevar a baño maría con constante agitación (150 rpm) a respectivamente, con la ayuda de un embudo y filtro, filtrar el aceite, colocar el aceite en un balón pírrex, con el equipo Soxhlet proceder a recuperar el hexano.
- Extracción del aceite a partir de la semilla de teberinto una vez armado el equipo como se muestra en la imagen.
- Almacenamiento.- colocar en un recipiente seco y limpio y almacenar a temperatura ambiente.



Figura 14. Proceso de extracción de aceite de teberinto
Fuente: Elaboración propio en Laboratorio química Cualitativa Fiq-Unac



Figura 15. Mostrando la materia prima con cascara, pelada, secada triturada y tamizada y producto final aceite de moringa.
Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la FIQ.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MORINGA OLIFEIRA POR EL MÉTODO SOXHLET

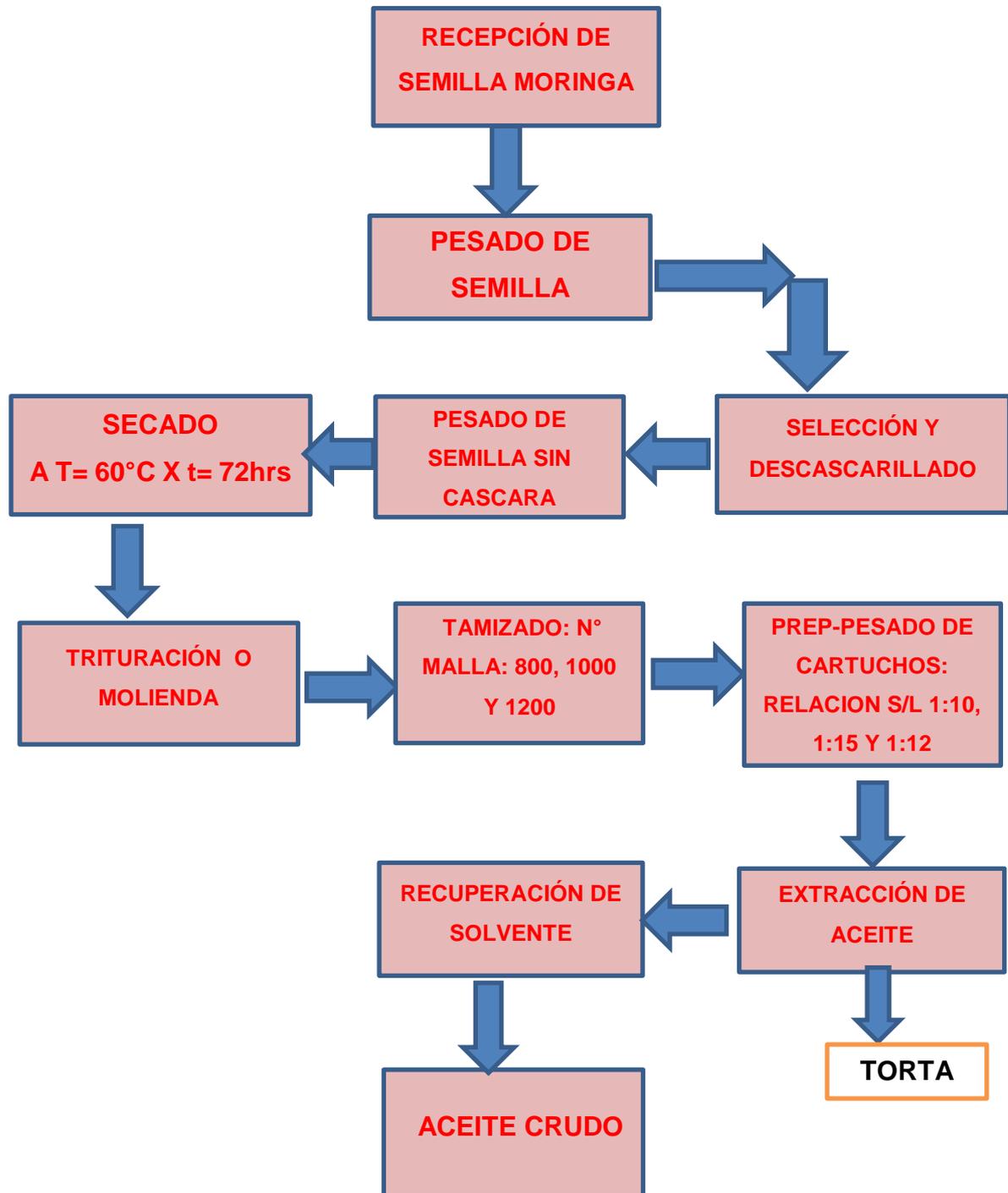


Figura 16. Diagrama de flujo de la extracción de aceite de moringa olifeira por el método soxhlet.
Fuente: Elaboración propia.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

El criterio población y muestra no es aplicable para la pte investigación solo el criterio muestra experimental.

4.3.2 Muestra Experimental

Se tomaron cartuchos con muestras de 10gr. 15gr y 20 gr de semilla de Moringa Oleifera provenientes de Huacho- Lima

4.4 Lugar de Estudio y Periodo desarrollado

- **Lugar de Estudio**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las siguientes instalaciones de la Universidad Nacional del Callao en la facultad de ingeniería química

- Laboratorio de Investigación de ingeniería química.
- Laboratorio Instrumentación de la Facultad de Ingeniería química.
- Laboratorio de química Analítica Cualitativa y Cuantitativa de ingeniería química.

- **Periodo de desarrollo**

Se llevó a cabo desde 15/01/2019 al 15/04/2019.

4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos requeridos corresponden a los valores experimentales de la caracterización de la materia prima que es la semilla de teberinto, caracterización cantidad de ácidos grasos del aceite de Teberinto y la calidad del aceite de terebinto.

4.5.1 Instrumentos de recolección de datos

TAMAÑO DE PARTÍCULA N° DE MALLA	TIPO DE SOLVENTE	TIEMPO (HR)	CONCENTRACIÓN DE SEMILLA DE TEBERINTO Y CANTIDAD DE ACEITE OBTENIDO								
			OPCIÓN N°1			OPCIÓN N°2			OPCIÓN N°3		
			CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE
			gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%
MALLA 800	N-HEXANO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DE PETROLEO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DIETÍLICO	2									
		2.5									
		3									
MALLA 1000	N-HEXANO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DE PETROLEO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DIETÍLICO	2									
		2.5									
		3									
MALLA 1200	N-HEXANO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DE PETROLEO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DIETÍLICO	2									
		2.5									
		3									

Figura 17. Instrumento de recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia.

TAMAÑO DE PARTÍCULA N° DE MALLA	TIPO DE SOLVENTE	TIEMPO (HR)	CONCENTRACIÓN DE SEMILLA DE TEBERINTO Y CANTIDAD DE ACEITE OBTENIDO								
			NIVEL N°1			NIVEL N°2			NIVEL N°3		
			CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE
			gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%
MALLA 800	N-HEXANO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DE PETROLEO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DIETÍLICO	2									
		2.5									
		3									
MALLA 1000	N-HEXANO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DE PETROLEO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DIETÍLICO	2									
		2.5									
		3									
MALLA 1200	N-HEXANO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DE PETROLEO	2									
		2.5									
		3									
	ETER DIETÍLICO	2									
		2.5									
		3									

Figura 18. Instrumento de recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Materia Prima

La materia prima que se uso es la Semilla de Teberinto (Moringa oleífera) proveniente de la costa peruana Huacho. Lima.

4.5.3. Materiales, Equipos e Insumos Químicos

➤ Materiales

- Balones esmerilados de 250 mL, 500ml
- Balones Kjeldahl para digestión de proteínas
- Beakers de 50, 250 y 500 mL

- Bureta de 25 mL
- Campana desecadora
- Cápsulas de porcelana
- Embudo Buchner
- Erlenmeyers de 250 mL
- Papel filtro rápido y Whatman # 42
- Pipetas de 5 y 10 mL
- Placas Petri
- Probetas de 10, 50 y 100 mL
- Termómetro
- Soporte universal
- Bagueta
- Picnómetro
- Tamices
- Frascos ámbar

➤ Equipos

- Balanza analítica. Marca OHAUS. Mod. E12140®
- Balanza digital de precisión. Marca OHAUS. Mod. TA 3001®
- Molino de discos
- Espectrofotómetro
- Cromatógrafo de gases equipado con FID (Detector de Ionización de Flama). Marca Perkin Elmer Autosystem XL®
- Cromatógrafo HPLC Agilent de la serie 1100 acoplado a un detector de fluorescencia Thermo Finnigan modelo FL3000®
- Estufa de convección forzada. Marca BINDER. Mod. FED 53®
- Estufa al vacío. Marca LABOR MUSZERIPARI®
- Equipo de filtración al vacío.
- Equipo Soxhlet de Laboratorio.
- Mufla. Marca SXHIMAGEN®
- Balanza de humedad

- Baño María. Marca MEMMERT. Mod. WNB 14®
- Centrífuga
- Colorímetro
- Potenciómetro. Marca HANNA INSTRUMENTS. Mod. HI 2211®
- Refractómetro ABBE. Marca AUS JENA®
- Termómetro digital tipo punzón. Marca HANNA INSTRUMENTS. Mod. HI 145000®
- Computadora con software estadístico Statgraphics Centurion®
- Refrigeradora
- Calentador con termostato y agitador magnético

➤ **Insumos Químicos**

- Ácido acético glacial.
- Ácido clorhídrico concentrado.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido bórico.
- Alcohol etílico 95%
- Hexano para análisis.
- Metanol.
- Almidón en polvo.
- Cloroformo.
- Fenolftaleína.
- P-anisidina.
- Catalizador para proteínas.
- Carbonato de sodio.
- Hidróxido de sodio.
- Isooctano para análisis.
- Reactivo de Wijs.
- Tetracloruro de carbono.
- Tiosulfato de sodio.
- Yoduro de potasio.

4.5.4 TÉCNICA O MÉTODOS DE ANÁLISIS

A. ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA, SEMILLA DE TEBERINTO

a. Humedad

Se fundamenta en la pérdida de agua hasta peso constante y se realizó según el método de la A.O.A.C (1995), para lo cual se coloca en una estufa tal como se describe a continuación:

- Se pesó 5 ± 0.2 g de la muestra dentro de un plato de aluminio para humedad de capacidad de 5 cm de diámetro y 2 cm de profundidad (previamente tarado) cogiéndolo firmemente con las pinzas.
- Se secó la muestra en una estufa a 105 oC hasta peso constante.
- Se enfrió la muestra en un desecador por 30 min y se pesó la muestra.
- Se reportó el porcentaje de pérdida de peso como humedad.

$$Humedad(\%) = \frac{\text{pérdida de peso}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

b. Grasa Total (Extracto Etéreo)

Se realizó según el método de la AOAC (1995), la grasa es extraída de la muestra seca con la ayuda de solventes orgánicos, para lo cual se utiliza el equipo de extracción Soxhlet tal como se indica a continuación:

- Se pesó 5 g de las muestras de semillas completamente seca y se colocaron en los cartuchos de extracción. Previamente se pesó el balón de destilación del evaporador rotatorio.

- Este cartucho se colocó en el equipo Soxhlet y se vertieron 120 mL de éter de petróleo. Se activó el equipo y se mantuvo la extracción durante 2 horas de arrastre por solvente.
- El extracto se recogió en el balón de destilación y se procedió a evaporar hasta eliminar todo el éter de petróleo. El balón se colocó en una estufa durante 1.5 horas para eliminar residuos de éter. Luego se enfrió en un desecador.
- Su peso se cuantificó en una balanza analítica. Los diferentes pesos registrados se reemplazaron en la siguiente ecuación:

$$\text{Extracto etéreo}(\%) = \frac{C - (B - A)}{C} \times 100$$

Donde:

A: Peso del balón de destilación limpio y seco (g).

B: Peso del balón de destilación (g).

C: Peso de la muestra seca (g).

c. Proteínas

Se realizó según el método de la A.O.A.C (1995), para lo cual se siguieron los pasos que se describen a continuación:

La muestra es digerida con ácido sulfúrico empleando sulfato de cobre penta-hidratado como catalizador y sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición, para liberar el nitrógeno a partir de la proteína y retener el nitrógeno como sal de amonio. Se agrega hidróxido de sodio al cincuenta por ciento para liberar el amoniaco, el cual es destilado y recogido en una solución de ácido bórico para luego ser titulado. Para transformarlo en porcentaje de proteína bruta (peso/peso), se multiplica

el porcentaje de nitrógeno obtenido por 6.25. El proceso seguido es el siguiente:

- Se pesó 1 g de muestra de semillas completamente seca y se colocó en un tubo de digestión.
- Se agregó el catalizador (5 g de sulfato de potasio y 0.5 g de sulfato de cobre), 5 mL de agua destilada y 15 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se colocaron cinco perlas de ebullición.
- El equipo fue calentado hasta 230°C, donde se conecta el tubo de digestión con el sistema de neutralización en el que los gases formados son neutralizados con una solución de NaOH al 10 por ciento.
- Una vez evidenciada la formación de un color verde esmeralda en el fondo de los tubos, se deja digerir por 30 minutos.
- Apenas terminó la digestión, se retiraron los tubos y se enfriaron sin desconectar del sistema de neutralización.
- Luego los tubos se colocaron en un destilador que generó amoníaco, el cual es recogido en una solución de ácido bórico al 3 por ciento.
- Finalmente se titula con HCl 0.1 N y se empleó la siguiente ecuación para calcular el porcentaje de proteínas:

:

$$Proteinas (\%) = \frac{(Gasto_{HCl} \times N_{HCl} \times 0.014)}{\text{Peso de la muestra}} \times 6.25$$

d. Cenizas

Es la cantidad de materia incombustible que sobra luego de someterla a calcinación en una mufla. Se realizó según el método de la AOAC (1995), este procedimiento se menciona a continuación:

- Se tomaron unos 30 g de muestra de semillas y se dejaron en una estufa a 105 oC hasta peso constante. Esta muestra se dejó enfriar durante media hora en un desecador.
- Se pesaron 5 g de semillas en una balanza analítica y colocaron en un crisol previamente tarado.
- El crisol y la muestra se colocaron en una mufla a 550 oC durante 4 horas.
- Luego de la incineración, el crisol es enfriado durante una hora en un desecador y luego pesado en una balanza analítica.

Los pesos obtenidos se reemplazan en la siguiente ecuación:

$$Ceniza(\%) = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

Donde:

A: Peso de crisol a peso constante con la muestra seca (g).

B: Peso del crisol con cenizas (g).

C: Peso de la muestra seca (g).

e. Fibra Cruda

Se realizó según el método de la A.O.A.C (1995), para lo cual se siguieron los pasos que se describen a continuación:

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

- Se pesaron rápidamente los crisoles con el residuo y colocaron en una mufla a 550 oC por 3 horas, se dejó enfriar en un desecador y pesados nuevamente.

El cálculo de la fibra cruda es:

$$Fibra\ cruda(\%) = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

Donde:

A: Peso del crisol con el residuo seco (g).

B: Peso del crisol con la ceniza (g).

C: Peso de la muestra (g).

B. ANÁLISIS DEL ACEITE CRUDO

El aceite crudo obtenido fue sometido a los siguientes análisis fisicoquímicos:

a. Índice De Peróxido

Se siguió el método recomendado por la A.O.A.C 965.33 (1995).

- Se pesaron 5 ± 0.05 g de aceite en un matraz. Se adicionaron 30 ml de una solución de ácido acético/cloroformo (3:2 v/v) y 500 µl de yoduro de potasio saturado.
- Se agitó manualmente durante un minuto.
- Luego se añadieron 30 ml de agua destilada y un mililitro de almidón al 1 por ciento.
- Finalmente se procedió a titular con tiosulfato de sodio 0.01 N, hasta la desaparición del color azul.
- También se preparó un blanco, el cual contenía agua destilada en lugar de aceite, y se realizó el mismo procedimiento.

El índice de peróxido se expresó como mili equivalentes de O₂/kg de aceite y se calculó con la siguiente ecuación:

$$IP = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Donde:

N: Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio (N)

S: Gasto de tiosulfato de sodio para titular la muestra (ml)

B: Gasto de tiosulfato de sodio para titular el blanco (ml)

b. Grado de Acidez

Se determinó según el método de la A.O.A.C. 910.28 (1995) para aceites crudos.

- Se pesó 5 g de aceite en un matraz de 250 ml y se agregó 50 ml de etanol neutralizado.
- Después se añadió 0.5 ml de fenolftaleína al 0.1 por ciento y
- Se procedió a titular con solución estándar de KOH 0.1 N agitando continuamente hasta la aparición de un color rosado tenue que persista por un tiempo mayor o igual a un minuto.

El grado de acidez o acidez libre del aceite del se calcula a partir de la siguiente expresión:

Ácidos grasos libres (% como ácido oleico)

$$\% \text{ ácido oleico} = \frac{V \times N \times 282}{10 \times \rho}$$

Donde:

V: volumen de disolución de KOH gastado en la valoración (ml),

N: normalidad exacta de la disolución de KOH

P: peso de la muestra de aceite (g).

c. Índice de P-Anisidina

Se siguió el método recomendado por la IUPAC (1987).

- Se pesó un gramo de aceite en un tubo Falcon, o una menor cantidad según la oxidación del aceite iba aumentando,
- Se añadieron siete mililitros de isooctano y se agitó en un vortex hasta la disolución de la muestra.
- Se tomó la medida de la absorbancia de la solución a 350 nm (A_b).
- Transcurrido este tiempo, se tomó la lectura de la absorbancia a 350 nm (A_s).
- También se preparó un blanco, siguiendo el mismo procedimiento pero utilizando cinco mililitros de isooctano en lugar de la muestra.

El valor de p-anisidina se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Valor de } p - \text{anisidina} = \frac{7 \times (1.2 A_s - A_b)}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Donde:

A_s : Absorbancia de la muestra luego de la reacción

A_b : Absorbancia de la muestra antes de la reacción

d. Coeficiente De Absorbancia en el Ultravioleta (K232 Y K270)

Se siguió el método recomendado por la AOCS Ch 5-91 (2008).

- El procedimiento analítico consiste en pesar con una precisión de 0.0001g 0.1 g de muestra de aceite en un matraz aforado de 10 mL,
- Se enrasa el matraz con isooctano de calidad espectrofotométrica y se agita bien para homogeneizar el contenido y posterior a ello se mide la extinción a 232 nm y 270 nm.

- Los valores de extinción (E_λ) a 270 nm deben estar comprendidos en el intervalo que va desde 0.1 a 0.8 en el caso contrario es necesario repetir la medida utilizando soluciones más concentradas o más diluidas, según el caso.

El coeficiente de absorbancia en el ultravioleta a una longitud de onda λ se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$K_\lambda = \frac{E_\lambda}{C \times e}$$

Donde:

E_λ : Extinción medida en el espectrofotómetro a dicha longitud de onda,

C: Concentración de la disolución de aceite (g/100 ml)

e: Paso óptico de la cubeta (1 cm).

e. Índice De Refracción

Mide el cambio de dirección que experimenta un haz de luz al pasar a través del material a evaluar. Se determinó según el método de la AOAC (1995) realizándose la medición con un refractómetro de ABBE siguiendo los siguientes pasos:

- Se colocan gotas de aceite limpio (centrifugado) a 20°C sobre la plataforma para muestras.
- Posteriormente se regula la intensidad de luz con el espejo.
- Se toma la medida visualizada a través del ocular del equipo.

f. Índice de Saponificación

El índice de saponificación de un aceite es el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar 1g de aceite completamente. Dado que los aceites están formados por triglicéridos principalmente, y que cada triglicérido necesita 3 moléculas de KOH

para saponificarse, este índice puede ser usado para estimar aproximadamente el peso molecular promedio del aceite estudiado. La saponificación es capaz de consumir el catalizador necesario para la trans-esterificación, y los jabones producidos promueven la formación de emulsiones que dificultan la purificación de biodiesel, a continuación se siguen los siguientes pasos:

- Reactivos
 - Solución alcohólica de hidróxido de potasio(KOH) 0.5N
 - Ácido clorhídrico(HCL) 0.5N
 - Fenolftaleína al 1% en alcohol de 95%
- Procedimiento
 - Pesar 2.5gr. de muestra (filtrada si la muestra no es transparente) en un erlenmeyer de 250-300 ml.
 - Pipetear 25ml de la solución de KOH
 - Conectar al condensador hasta y hervir hasta que la grasa este completamente saponificada (aproximadamente 30min)
 - Enfriar y titular con HCL 0.5N con 1ml. de fenolftaleína como indicador.
 - Correr un blanco junto con las muestras usando la misma pipeta para medir la solución de KOH
- Calculo

$$\text{Índice de Saponificación} = \frac{(Vb - Vm) N. 56.1}{\text{Peso de la muestra}}$$

Donde:

Vb= volumen de HCL 0.5N gastado para titular el blanco

Vm= volumen de HCL 0.5N gastado para titular la muestra

IMÁGENES REALIZANDO LA CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE CRUDO DE MORINGA OBTENIDA EN LA INVESTIGACIÓN

Evaluación de La Calidad del Aceite

Evaluación del índice de peróxido del aceite



Figura 19. Evaluando el color aroma sabor del aceite.
Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la FIQ.



Figura 20. Muestra de aceite antes de titular.
Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la FIQ-UNAC.



Figura 21. Titulando con tiosulfato de sodio.
Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la FIQ-UNAC

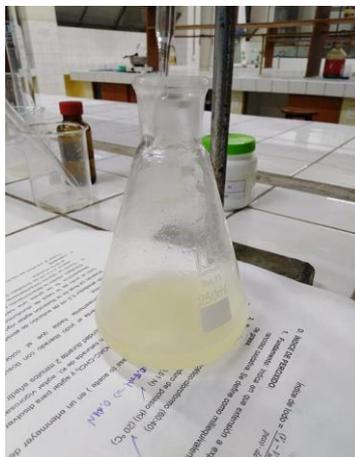


Figura 22. Muestra después de la titulación.
Fuente: Elaboración propia

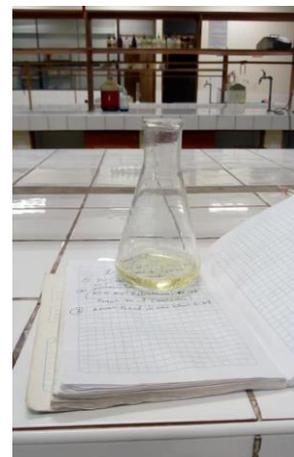


Figura 23. Muestra de blanco.
Fuente: Elaboración propia

Evaluación del Índice de Saponificación del Aceite



Figura 24. Muestra de aceite.
Fuente: Elaboración Propia en el Laboratorio de la FIQ- UNAC.



Figura 25. Muestra de aceite saponificada.
Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la FIQ-UNAC.



Figura 26. Titulando la muestra.
Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la FIQ-UNAC



Figura 27. Se terminó de titular la muestra.
Fuente: Elaboración propia en el laboratorio de la FIQ

g. Determinación y Cuantificación de Ácidos Grasos

Se realizó según el método LABS-ITP-FQ-002-98, Rev.4, 2003; validado por el laboratorio Físicoquímico LABS-ITP de la empresa certificadora internacional "SGS"

Los triglicéridos y fosfolípidos fueron saponificados y metilados y posteriormente se procedió a la cuantificación de los ácidos grasos por cromatografía gaseosa, las mismas que se describen a continuación.

- En un tubo de ensayo se pesaron 50 mg de aceite, después de agregó 3.0 mL de éter de petróleo y se agitó en un vórtex hasta que se disolvió.
- Luego se adicionó 0.25 mL de hidróxido de sodio 2N en metanol.
- El tubo de ensayo se agitó vigorosamente en un vórtex por 10 segundos y se sumergió en baño maría a aproximadamente 50 °C durante 30 segundos.
- Posteriormente se agregó 0.35 mL de ácido clorhídrico 2N en metanol.
- Se agitó y se centrifugó a 3000 RPM por 7 minutos.
- Se separó la fase del éter de petróleo que contiene los ácidos grasos metilados y se introdujo en un vial de vidrio.
- Los ésteres metílicos de ácidos grasos formados en la etapa previa fueron separados por inyección de 3 µl de la solución dentro del cromatógrafo de gases marca Perkin Elmer Autosystem XL acoplado al detector de ionización de llama (FID).
- La columna usada fue una columna capilar Supelcowax-10 de silica fundida marca Supelco de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de película.
- La temperatura del horno para la corrida se programó como sigue: inicialmente a 90 °C (por 2 minutos), se incrementó la temperatura hasta 240 °C a 3 °C/min y un periodo isotérmico de 25 minutos a 240 °C.
- Las temperaturas del inyector y detector se fijaron en 250 y 260 °C, respectivamente.
- Se utilizó hidrógeno de alta pureza como gas portador

- La identificación y cuantificación de los ácidos grasos metilados se realizó mediante comparación de sus tiempos de retención con los estándares conocidos previamente inyectados.

Los resultados fueron expresados como porcentaje respecto al total de ácidos grasos presentes en el aceite.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

En cuanto a los resultados estadísticos, fueron realizados mediante el paquete estadístico SPSS 25. Luego de recopilar los datos en la tabla “Concentración de semilla de teberinto y cantidad de aceite obtenido”, se procedió a describir esos datos con una tabla que mostró los mínimos, máximos, medianas y desviaciones estándar para las cantidades de aceite de teberinto formadas mediante cada solvente en función al n° de mallas utilizadas. Luego se mostraron los diagramas de cajas y bigotes para visualizar y describir las distribuciones que muestran las cantidades indicadas.

Posteriormente, se utilizaron pruebas de hipótesis para procesar en primer lugar si las cantidades formadas poseen distribución normal. Con ello se pudo saber qué clase de prueba de hipótesis utilizar para saber si las cantidades formadas son significativamente iguales o si al menos una de ellas no lo es. En este caso se tuvo que elegir la prueba ANOVA. Seguidamente se tuvo que utilizar la prueba de Tukey, para determinar cuáles son las cantidades formadas que muestran subgrupos significativamente iguales. Finalmente, se utilizó un gráfico de medias en la que se visualiza cuál es la media que infiere cuáles son los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de Teberinto.

V. RESULTADOS

5.1. Resultado del rendimiento experimental del Proceso de extracción de aceite de Teberinto (*Moringa Olifera*)

En la tabla 13 se presenta los resultados del rendimiento obtenido en la extracción del aceite de moringa con el uso del proceso de extracción con el equipo soxhlet. Entre las características presentadas por el aceite de *Moringa oleífera* se resalta que es un aceite de color amarillo dorado claro, líquido a temperatura ambiente con sabor agradable.

El porcentaje de aceite de moringa extraído con el método soxhlet resulto ser más elevado con el solvente N- hexano a un tamaño de partícula pequeño de tamiz con malla 800 y en un tiempo de 3 hrs en comparación a los otros solventes usados en el estudio, como son el éter de petróleo y éter dietílico, obteniéndose una diferencia apreciable. El incremento en el rendimiento del aceite puede ser atribuido a varios factores como son la temperatura de solvente tipo de solvente tamaño de partícula y tiempo que vienen a ser variables independientes en el estudio pte.

TABLA 13

Rendimiento de la extracción del aceite.

TAMAÑO DE PARTÍCULA N° DE MALLA	TIPO DE SOLVENTE	DE TIEMPO (HR)	CONCENTRACIÓN DE SEMILLA DE TEBERINTO Y CANTIDAD DE ACEITE OBTENIDO								
			OPCIÓN N°1			OPCIÓN N°2			OPCIÓN N°3		
			CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE
			gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%
MALLA 800	N-HEXANO	2	0.067	4.201	44.79	0.1072	7.201	47.98	0.0801	8.169	42.49
		2.5	0.068	4.302	45.19	0.1072	7.372	49.12	0.0801	8.458	44.00
		3	0.0667	4.401	47.13	0.1072	7.885	52.54	0.0801	8.501	44.22
					0.00		0.00			0.00	
	ETER DE PETROLEO	2	0.067	4.001	42.65	0.1072	6.685	44.54	0.081	7.405	38.09
		2.5	0.0667	4.23	45.30	0.1072	6.674	44.47	0.08	7.578	39.47
		3	0.067	4.5	47.97	0.1073	7.088	47.18	0.0801	7.766	40.40
					0.00		0.00			0.00	
	ETER DIETÍLICO	2	0.0667	3.801	40.70	0.1073	6.425	42.77	0.0742	6.766	33.77
2.5		0.067	3.817	40.69	0.1072	6.43	42.84	0.0741	7.141	35.69	
3		0.0667	3.824	40.95	0.1072	6.501	43.32	0.0741	6.644	33.21	
				0.00		0.00			0.00		
MALLA 1000	N-HEXANO	2	0.067	4.102	43.73	0.1072	6.801	45.32	0.0801	7.753	40.33
		2.5	0.0667	4.202	45.00	0.1072	7.072	47.12	0.08	7.943	41.37
		3	0.0667	4.301	46.06	0.1072	7.08	47.17	0.0801	8.22	42.76
						0.00		0.00			0.00

MALLA 1200	ETER DE PETROLEO	2	0.071	4.008	40.32	0.1072	6.265	41.74	0.0801	7	36.41
		2.5	0.0715	4.151	41.47	0.1072	6.456	43.02	0.0801	7.08	36.83
		3	0.071	4.251	42.77	0.1073	6.757	44.98	0.079	7.1	37.45
					0.00			0.00			0.00
	ETER DIETÍLICO	2	0.0667	3.466	37.12	0.1	5.64	40.29	0.0741	7.301	36.49
		2.5	0.067	3.875	41.31	0.1	5.683	40.59	0.0741	7.479	37.38
		3	0.0667	4.251	45.52	0.1	5.916	42.26	0.0742	7.365	36.76
					0.00			0.00			0.00
	N-HEXANO	2	0.0667	3.466	37.12	0.1072	6.67	44.44	0.0801	7.071	36.78
		2.5	0.067	3.875	41.31	0.1073	7.063	47.02	0.0801	7.105	36.96
		3	0.07145	3.901	39.00	0.1072	7.071	47.11	0.0801	7.644	39.76
					0.00			0.00			0.00
ETER DE PETROLEO	2	0.07	3.855	39.34	0.1073	6.49	43.20	0.081	6.5	33.44	
	2.5	0.0715	3.946	39.42	0.1072	6.536	43.55	0.08	6.8	35.42	
	3	0.071	4.001	40.25	0.1073	6.708	44.65	0.081	7.018	36.10	
				0.00			0.00			0.00	
ETER DIETÍLICO	2	0.071	3.489	35.10	0.1073	5.771	38.42	0.0742	6.712	33.50	
	2.5	0.0667	3.878	41.53	0.1	5.772	41.23	0.0741	6.745	33.71	
	3	0.0667	3.998	42.81	0.1072	6.401	42.65	0.0741	6.871	34.34	
				0.00			0.00			0.00	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 14

Rendimiento de la extracción del aceite.

CONCENTRACIÓN DE SEMILLA DE TEBERINTO Y CANTIDAD DE ACEITE OBTENIDO													
TAMAÑO DE PARTÍCULA N° MALLA	TIPO DE SOLVENTE	DE TIEMPO (HR)	NIVEL N°1			NIVEL N°2			NIVEL N°3				
			CC: GR/ML	P. DE ACEITE gr.	% DE ACEITE %	CC: GR/ML	P. DE ACEITE gr.	% DE ACEITE %	CC: GR/ML	P. DE ACEITE gr.	% DE ACEITE %		
			gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%		
MALLA 800	N-HEXANO	2	0.1072	7.2	47.97	0.1072	7.201	47.98	0.1072	7.189	47.90		
		2.5	0.1072	7.352	48.99	0.1072	7.372	49.12	0.1072	7.365	49.07		
		3	0.1072	7.875	52.47	0.1072	7.885	52.54	0.1072	7.881	52.51		
	ETER DE PETROLEO	ETER DE PETROLEO	2	0.1072	6.682	44.52	0.1072	6.685	44.54	0.1072	6.675	44.48	
			2.5	0.1072	6.671	44.45	0.1072	6.674	44.47	0.1072	6.67	44.44	
			3	0.1073	7.078	47.12	0.1073	7.088	47.18	0.1073	7.081	47.14	
		ETER DIETÍLICO	ETER DIETÍLICO	2	0.1073	6.422	42.75	0.1073	6.425	42.77	0.1073	6.42	42.74
				2.5	0.1072	6.338	42.23	0.1072	6.43	42.84	0.1072	6.339	42.24
				3	0.1072	6.5	43.31	0.1072	6.501	43.32	0.1072	6.489	43.24
MALLA 1000	N-HEXANO	2	0.1072	6.798	45.30	0.1072	6.801	45.32	0.1072	6.811	45.38		
		2.5	0.1072	7.101	47.31	0.1072	7.072	47.12	0.1072	7.062	47.05		
		3	0.1072	7.082	47.19	0.1072	7.08	47.17	0.1072	7.103	47.33		
	ETER DE PETROLEO	ETER DE PETROLEO	2	0.1072	6.019	40.11	0.1072	5.998	39.97	0.1072	6.015	40.08	

MALLA 1200	ETER DE PETROLEO	2.5	0.1072	6.463	43.06	0.1072	6.456	43.02	0.1072	6.459	43.04
		3	0.1073	6.747	44.91	0.1073	6.757	44.98	0.1073	6.758	44.99
					0.00			0.00			0.00
	ETER DIETÍLICO	2	0.1072	5.64	37.58	0.1072	5.665	37.75	0.1072	5.648	37.63
		2.5	0.1072	5.691	37.92	0.1072	5.683	37.87	0.1072	5.689	37.91
		3	0.1073	5.922	39.42	0.1073	5.916	39.38	0.1073	5.938	39.53
				0.00			0.00			0.00	
	N-HEXANO	2	0.1072	6.701	44.65	0.1072	6.67	44.44	0.1072	6.702	44.66
		2.5	0.1073	7.545	50.23	0.1073	7.549	50.25	0.1073	7.552	50.27
		3	0.1072	7.613	50.73	0.1072	7.607	50.69	0.1072	7.622	50.79
				0.00			0.00			0.00	
	ETER DE PETROLEO	2	0.1073	6.509	45.14	0.1073	6.49	45.01	0.1073	6.499	45.07
2.5		0.1072	6.546	43.62	0.1072	6.536	43.55	0.1072	6.539	43.57	
3		0.1073	6.712	44.68	0.1073	6.708	44.65	0.1073	6.715	44.70	
			0.00			0.00			0.00		
ETER DIETÍLICO	2	0.1073	5.781	38.48	0.1073	5.771	38.42	0.1073	5.777	38.46	
	2.5	0.1072	5.762	38.39	0.1072	5.772	38.46	0.1072	5.779	38.51	
	3	0.1072	6.411	42.72	0.1072	6.401	42.65	0.1072	6.413	42.73	
			0.00			0.00			0.00		

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Resultados descriptivos sobre las cantidades extraídas de aceite de teberinto

A continuación, se muestran los estadísticos descriptivos para las cantidades de porcentajes extraídas de aceite de teberinto mediante cada tipo de solvente en función al N° de Mallas utilizadas. Luego se muestran los diagramas de cajas y bigotes para observar visualmente las distribuciones que muestran las cantidades indicadas.

Tabla 15

Estadísticos descriptivos para las cantidades extraídas de aceite de teberinto

n.º de malla	Tipo de solvente	N	Mínimo %	Máximo %	Mediana %	Desviación E.
Malla 800	N-Hexano	9	42,49	52,54	45,19	3,122
	Éter de petróleo	9	38,09	47,97	44,47	3,435
	Éter dietílico	9	33,21	43,32	40,70	4,000
Malla 1000	N-Hexano	9	40,33	47,17	45,00	2,445
	Éter de petróleo	9	36,41	44,98	41,47	3,032
	Éter dietílico	9	36,49	45,52	40,29	3,064
Malla 1200	N-Hexano	9	36,78	47,11	39,76	4,186
	Éter de petróleo	9	33,44	44,65	39,42	3,907
	Éter dietílico	9	33,50	42,81	38,42	4,001

Fuente: Elaboración propia. SPSS 25

Interpretación

Para cada combinación entre tipo de solvente y n.º de malla utilizados, la cantidad de porcentajes fue 9. El mínimo de porcentaje para el n.º de malla 800 fue 33,21; el máximo, 52,54. El mínimo para el n.º de malla 1000 fue 36,41; el máximo, 47,17. El mínimo para el n.º de malla 1200 fue 33,44; el máximo, 47,11. En cuanto a las medianas la mayor del n.º de malla 800 fue 45,19, el cual se corresponde al solvente N-Hexano. La mayor del n.º de malla 1000 fue 45, el cual se corresponde al solvente N-Hexano. La mayor del n.º de malla 1200 fue 39,76, el cual se corresponde al solvente N-Hexano. Finalmente, la desviación

estándar mayor para el tipo de malla 800 fue 4, la cual se corresponde con el solvente éter dietílico; para la malla 1000 fue 3064, la cual se corresponde con el solvente éter dietílico; y para la malla 1200 fue 4,186, la cual se corresponde con el solvente N-Hexano.

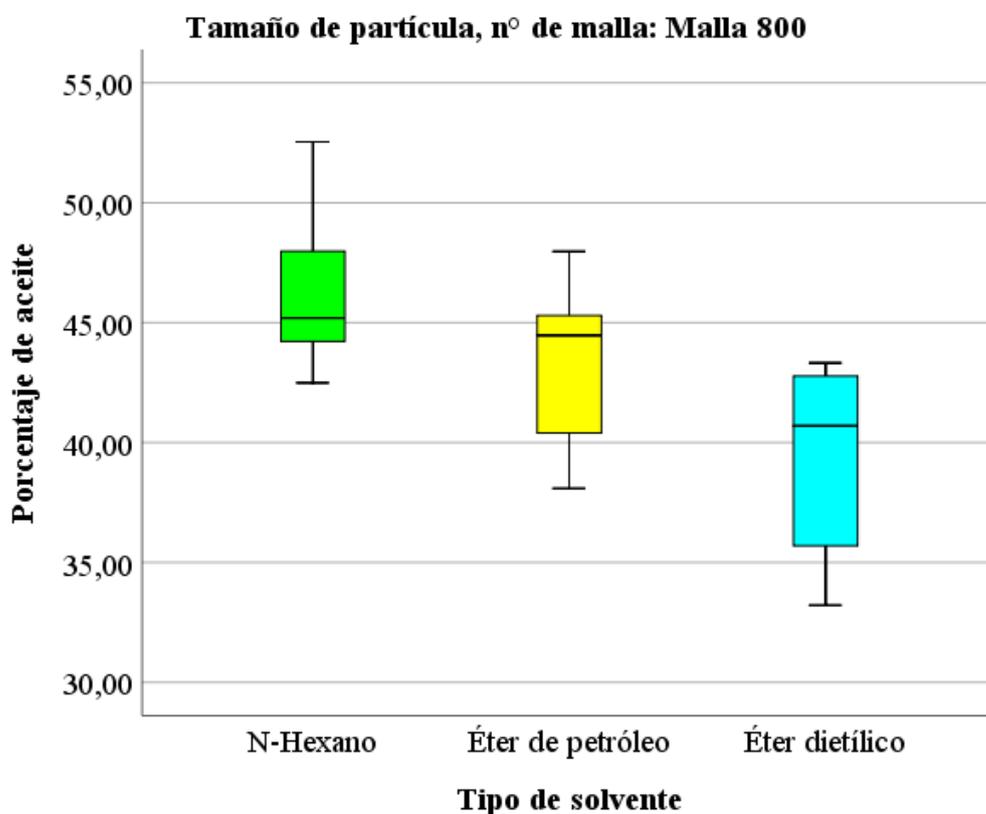


Figura 28. Diagrama de caja y bigotes para comparar las cantidades extraídas de aceite de teberinto en función a la malla 800.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En este diagrama de caja y bigotes se puede visualizar los diferentes cuartiles de cada cantidad de tipo de solvente utilizados. El cuartil superior a los demás le corresponde al solvente N-Hexano, el inferior al solvente éter dietílico. Se observan también las medianas, las cuales están representadas por las líneas intermedias de cada caja. Las medianas del solvente N-Hexano y éter de petróleo son casi las mismas. Por último, no existen puntos atípicos en ninguno de los gráficos.

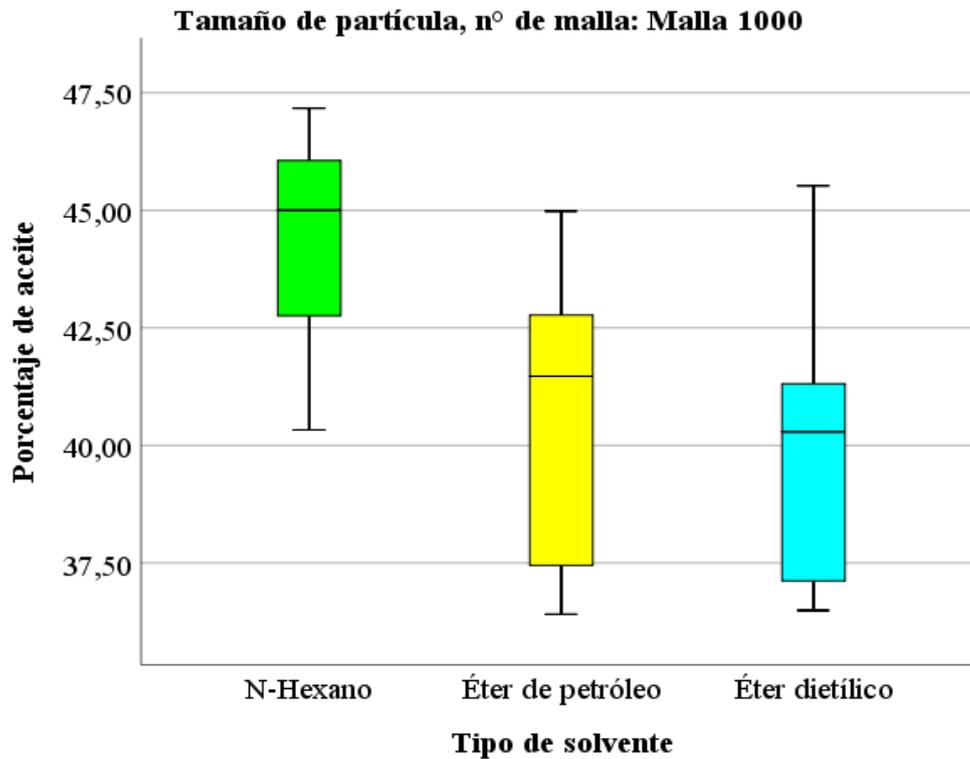


Figura 29. Diagrama de caja y bigotes para comparar las cantidades extraídas de aceite de teberinto en función a la malla 1000.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En este diagrama de caja y bigotes se puede visualizar los diferentes cuartiles de cada cantidad de tipo de solvente utilizados. El cuartil superior a los demás le corresponde al solvente N-Hexano, el inferior al solvente éter dietílico, seguido muy de cerca por el solvente éter de petróleo. Se observan también las medianas, las cuales están representadas por las líneas intermedias de cada caja. Las medianas del solvente éter de petróleo y éter dietílico son casi las mismas. Por último no existen puntos atípicos en ninguno de los gráficos.

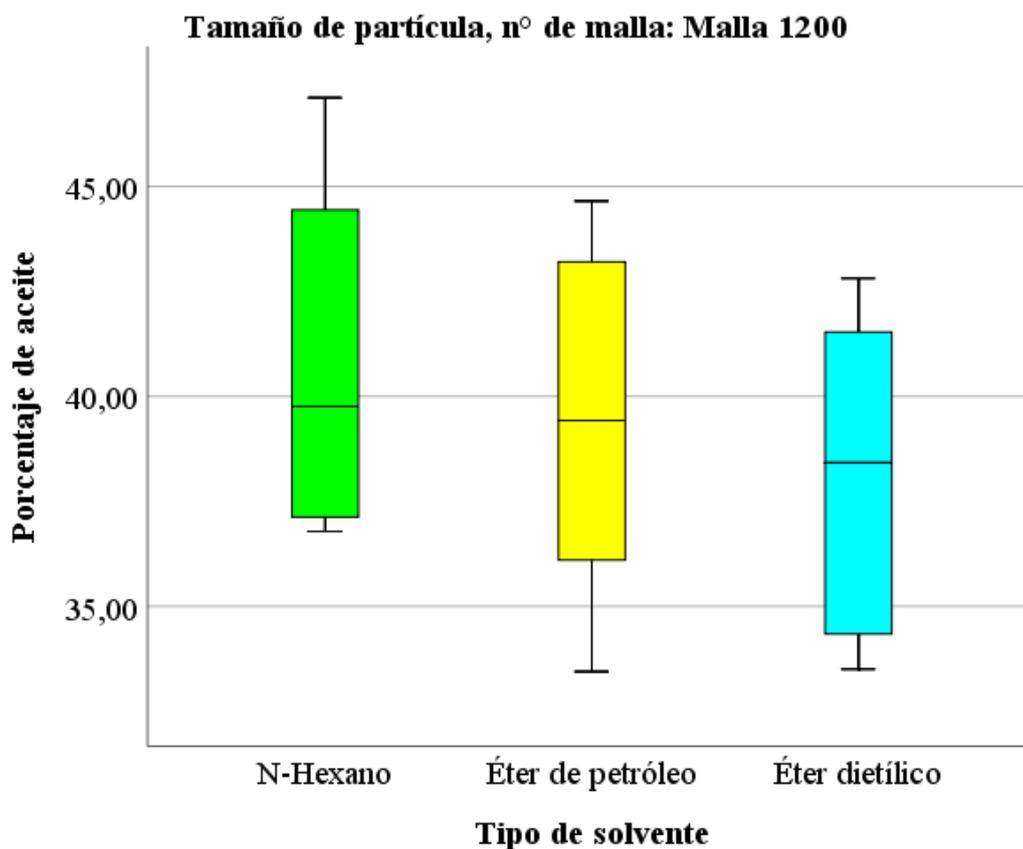


Figura 30. Diagrama de caja y bigotes para comparar las cantidades extraídas de aceite de teberinto en función a la malla 1200.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En este diagrama de caja y bigotes se puede visualizar los diferentes cuartiles de cada cantidad de tipo de solvente utilizados. Los cuartiles tanto superior como inferior para cada solvente resultan parecidos. Se observan también las medianas, las cuales están representadas por las líneas intermedias de cada caja. Las medianas de cada solvente también resultan parecidas. Por último no existen puntos atípicos en ninguno de los gráficos.

5.3. Pruebas inferenciales sobre los factores influyentes en la extracción del aceite de teberinto

Con el propósito de saber qué prueba estadística resulta específica para determinar los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de teberinto, en primer lugar es necesario saber si las cantidades extraídas del aceite de teberinto poseen distribución normal. La

prueba ANOVA se utiliza cuando las cantidades poseen distribución normal; y la prueba de Kruskal-Wallis se utiliza cuando las cantidades no poseen distribución normal.

5.3.1. Pruebas de normalidad

Cuando se trata de más de 50 casos es recomendable utilizar la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov; cuando son menos de 50 datos se utiliza la prueba de Shapiro Wilk. Puesto que en este trabajo hay 9 casos por cada combinación, se utilizó la segunda de estas dos pruebas de normalidad.

- Hipótesis estadísticas

H0: Las cantidades extraídas de aceite sí poseen distribución normal.

H1: Las cantidades extraídas de aceite no poseen distribución normal.

- Región de aceptación de la prueba

Si la significancia asintótica (Sig.), también conocida como p-valor, es inferior al nivel de significación 5%, $\alpha = 0,05$, se rechaza la hipótesis nula (H0), de lo contrario, si es superior no se rechaza la hipótesis nula.

Si p-valor $< \alpha$: se rechaza la H0

Si p-valor $> \alpha$: no se rechaza la H0

- Resultado en gráficos

A continuación, se presentan 3 figuras, las cuales poseen 3 histogramas que muestran las distribuciones de las cantidades de extracción de aceite de teberinto en función al tipo de solvente y al N° de malla utilizada. Los histogramas son gráficos que representan las distribuciones de frecuencias para una variable continua mediante la utilización de barras. El objetivo es observar cómo se distribuyen las barras, sobre todo en relación a la curva de distribución normal.

n.º de malla: Malla 800

Tipo de solvente

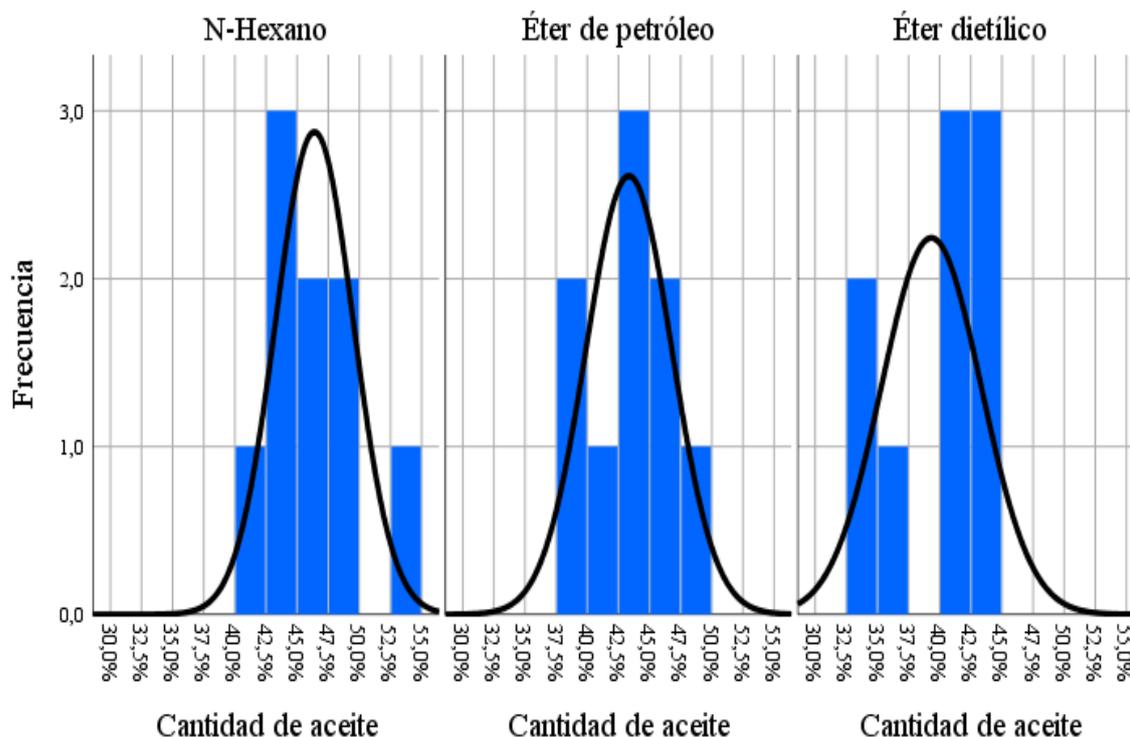


Figura 31. Histogramas de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según la malla 800 y los tipos de solventes utilizados, con curvas de normalidad

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Se puede observar en la figura n.º que los picos más altos de las barras son los conglomerados que se acomodan en la parte central. Al poseer solo 9 datos para cada histograma, existen algunos espacios entre las barras. La asimetría es más notoria en el histograma del solvente éter dietílico. Finalmente, la curva de la distribución normal se adecúa mejor al histograma del solvente éter de petróleo.

n.º de malla: Malla 1000

Tipo de solvente

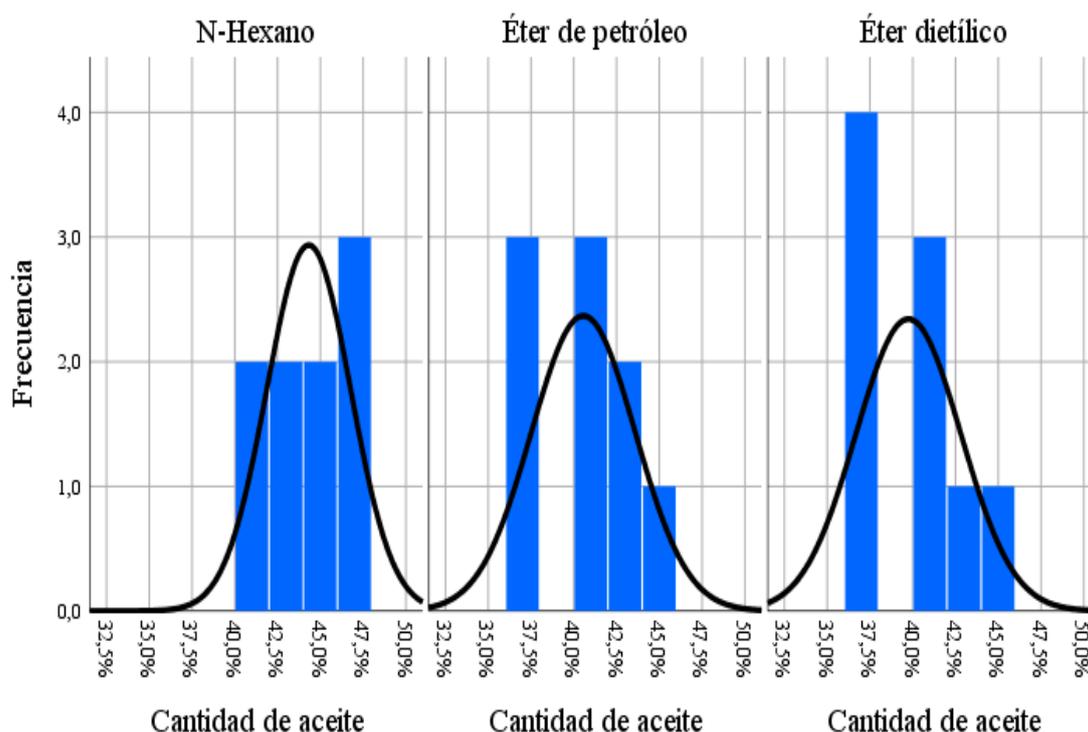


Figura 32. Histogramas de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según la malla 1000 y los tipos de solventes utilizados, con curvas de normalidad.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Se puede observar en la figura n.º que los picos más altos de las barras son los conglomerados que se acomodan en las partes laterales. Al poseer solo 9 datos para cada histograma, existen algunos espacios entre las barras. La asimetría es más notoria en el histograma del solvente éter dietílico. Finalmente, la curva de la distribución normal se adecúa mejor al histograma del solvente N-Hexano.

n.º de malla: Malla 1200

Tipo de solvente

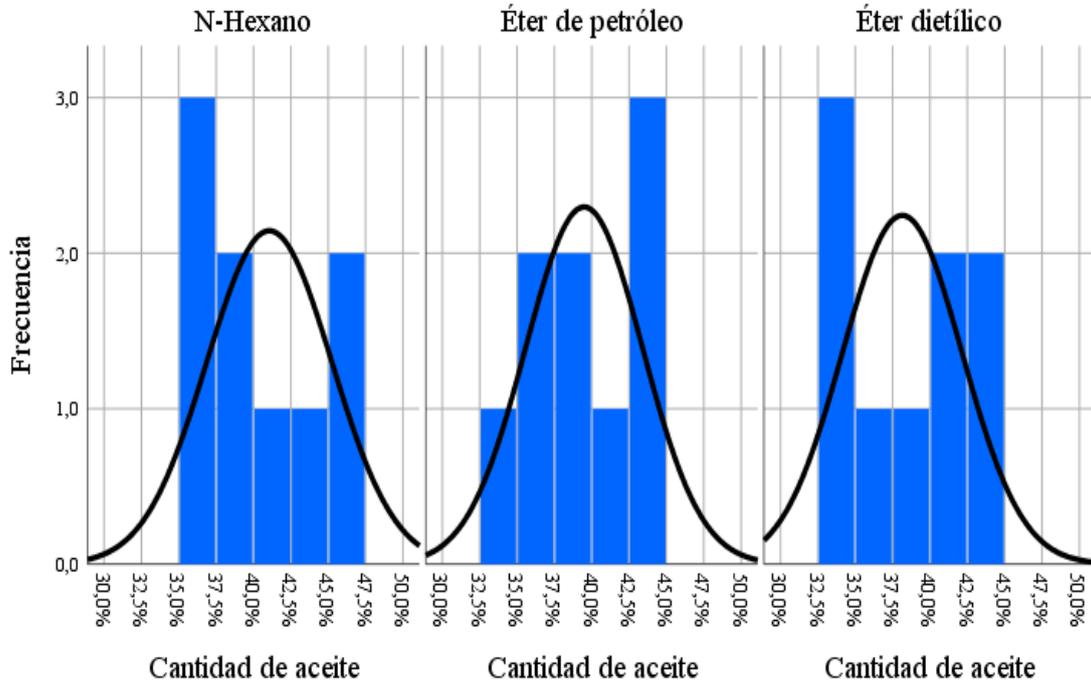


Figura 33. Histogramas de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según la malla 1200 y los tipos de solventes utilizados, con curvas de normalidad.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

Se puede observar en la figura n.º que los picos más altos de las barras son los conglomerados que se acomodan en las partes laterales. Al poseer solo 9 datos para cada histograma, existen algunos espacios entre las barras. La asimetría es más notoria en el histograma del solvente éter dietílico. Finalmente, la curva de la distribución normal se adecúa mejor al histograma del solvente Éter de petróleo.

- Resultado en estadísticos

Tabla 16

Pruebas de normalidad de las cantidades extraídas del aceite de teberinto según cada combinación entre n° de malla y tipo de solvente utilizados

n° de malla	Tipo de solvente	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Malla 800	N-Hexano	0,936	9	0,542
	Éter de petróleo	0,949	9	0,684
	Éter dietílico	0,832	9	0,074
Malla 1000	N-Hexano	0,937	9	0,550
	Éter de petróleo	0,923	9	0,421
	Éter dietílico	0,903	9	0,268
Malla 1200	N-Hexano	0,865	9	0,109
	Éter de petróleo	0,942	9	0,608
	Éter dietílico	0,842	9	0,061

Fuente: Elaboración propia.

- Decisión

La significancia asintótica (Sig.) para las cantidades extraídas de aceite, según cada combinación entre N° de malla y tipo de solvente utilizados, resultaron mayores a 0,05, de manera que no se rechaza la hipótesis nula, se da por sentado que estadísticamente poseen distribución normal, y se debe elegir a la prueba ANOVA para comenzar a determinar los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de teberinto.

5.3.2. Prueba ANOVA

El análisis de la varianza, conocido como ANOVA, es una prueba estadística que permite determinar si las medias de dos o más muestras son significativamente iguales. Los ANOVA calculan el grado de diferencia significativa de uno o más factores al contrastar las medias de la variable cuantitativa en los distintos niveles de los factores. Para la presente tesis se utilizó el ANOVA para determinar si al menos uno de los tipos de solventes utilizados (factor con distintos niveles) no

es significativamente igual para la extracción de las cantidades de aceite de teberinto (variable cuantitativa).

- **Hipótesis estadísticas**

H0: Cada uno de los tipos de solventes utilizados sí son significativamente iguales en cuanto a su influencia para la extracción de las cantidades de aceite de teberinto.

H1: Al menos uno de los tipos de solventes utilizados no es significativamente igual en cuanto a su influencia para la extracción de las cantidades de aceite de teberinto.

- **Región de aceptación de la prueba**

Si la significancia asintótica (Sig.), también conocida como p-valor, es inferior al nivel de significación 5%, $\alpha = 0,05$, se rechaza la hipótesis nula (H0), de lo contrario, si es superior no se rechaza la hipótesis nula.

Si p-valor < α : se rechaza la H0

Si p-valor > α : no se rechaza la H0

- **Resultado**

Tabla 17

Prueba ANOVA para todas las cantidades extraídas de aceite de teberinto según los tipos de solventes utilizados

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	533,306	8	66,663	5,409	0,000
Dentro de grupos	887,401	72	12,325		
Total	1420,707	80			

Fuente: Elaboración propia.

- **Decisión**

La significancia asintótica dio como resultado 0,000, es decir menos de 0,05. De manera que se rechaza la hipótesis nula, se da por sentado que al menos uno de los tipos de solventes utilizados no es significativamente

igual. Y por tanto, se debe utilizar la prueba de Tukey para determinar qué tipo de solvente utilizado resulta más influyente en la optimización del proceso de la extracción del aceite de teberinto.

5.3.3. Prueba de Tukey

Una vez comprobado que al menos uno de los tipos de solventes utilizados no es significativamente igual, se debe determinar en cuál o cuáles tipos de solventes ocurren esta desigualdad. La prueba de Tukey es una prueba Post-Hoc, ampliamente utilizada, la cual ayuda a determinar qué niveles de factores se diferencian significativamente entre sí. La tabla de subconjuntos homogéneos de Tukey permite determinar por columnas los subgrupos de medias significativamente iguales. Y con ello observar además cuál de todas las medias resulta más relevante de entre todas. Para el caso de la presente tesis ayudó a determinar cuáles son los subgrupos formados de los tipos de solventes utilizados, que poseen medias significativamente iguales. Y cuál de todas estas medias es la más más influyente en la optimización del proceso de la extracción del aceite de teberinto.

- **Hipótesis estadísticas**

H0: Cada una de las medias de las cantidades de solventes sí son significativamente iguales.

H1: Cada una de las medias de las cantidades de solventes no son significativamente iguales.

- **Región de aceptación de la prueba**

Si la significancia asintótica (Sig.), también conocida como p-valor, es inferior al nivel de significación 5%, $\alpha = 0,05$, se rechaza la hipótesis nula (H0), de lo contrario, si es superior no se rechaza la hipótesis nula.

Si p-valor $< \alpha$: se rechaza la H0

Si p-valor $> \alpha$: no se rechaza la H0

- **Resultado**

Tabla 18

Subconjuntos homogéneos de Tukey para cada cantidad de solventes.

HSD Tukey^a

Tipos de solventes	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Éter dietílico con la malla 1200	9	38,1433		
Éter dietílico con la malla 800	9	39,3267	39,3267	
Éter de petróleo con la malla 1200	9	39,4856	39,4856	
Éter dietílico con la malla 1000	9	39,7467	39,7467	
Éter de petróleo con la malla 1000	9	40,5544	40,5544	
N-Hexano para la malla 1200	9	41,0556	41,0556	
Éter de petróleo con la malla 800	9	43,3411	43,3411	43,3411
N-Hexano con la malla 1000	9		44,3178	44,3178
N-Hexano con la malla 800	9			46,3844
Sig.		0,058	0,080	0,657

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

- **Decisión**

La significancia asintótica (Sig.) dio 3 resultados los cuales son mayores a 0,05. De tal manera que para estos resultados no se rechaza la hipótesis nula, se da la conformación de 3 subgrupos, y el subgrupo que posee medias de mayor tamaño es el tercero. Este subgrupo indica a su vez que sus medias (43,3411; 44,3178; y 463844) son significativamente iguales entre sí.

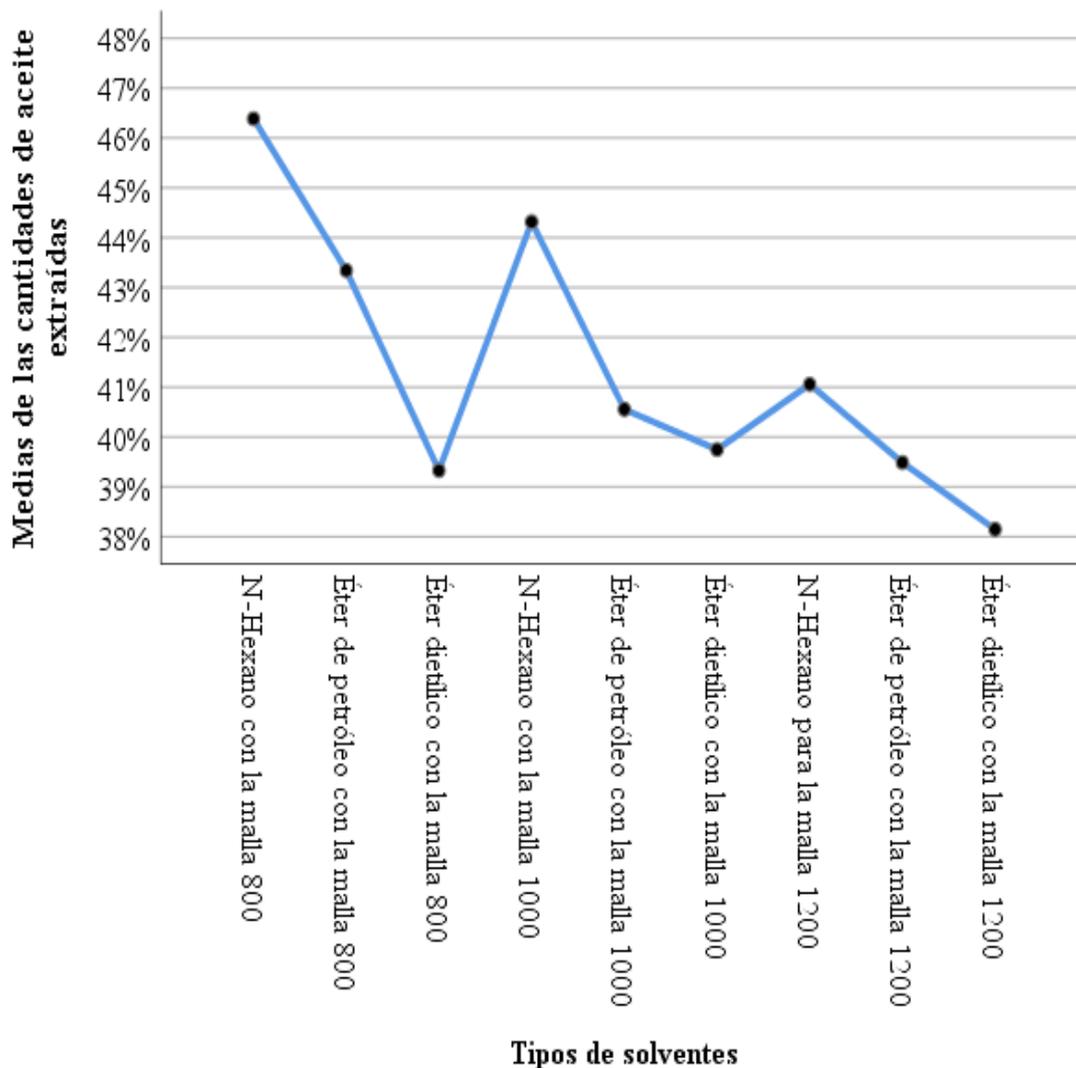


Figura 34. Gráfico de las medias de las cantidades de aceite extraídas mediante los tipos de solventes utilizados.

Fuente: Elaboración propia.

- Interpretación

En este gráfico se puede observar al menor y el mayor de los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de teberinto. El menor es el solvente éter dietílico con la malla 1200, el mayor es el N-Hexano con la malla 800.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y Demostración de la hipótesis con los resultados

En cuanto a la hipótesis específica: “Los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de teberinto son tamaño de partícula, tipo de solvente, tiempo y relación peso de semilla por volumen de solvente”. Se trató de probar principalmente sobre todo mediante la prueba estadística de Tukey, con la última hipótesis estadística planteada: “Cada una de las medias de las cantidades de solventes sí son significativamente iguales”. Esta hipótesis arrojó a su vez un gráfico de medias de las cantidades de aceite extraídas mediante los tipos de solventes utilizados.

Mediante la última prueba estadística planteada se conformaron 3 resultados los cuales son mayores al nivel de significancia 0,05. De tal manera que para estos 3 resultados no se rechaza la hipótesis nula, se da la conformación de 3 subgrupos, y el subgrupo que posee medias de mayor tamaño es el tercero. Este subgrupo indica a su vez que las medias 43,3411; 44,3178; y 463844 son significativamente iguales entre sí. Es decir, se podría utilizar el solvente éter de petróleo con la malla 800, el solvente N-Hexano con la malla 1000, y el solvente N-Hexano con la malla 800, ello con igualdad efectividad para determinar los factores que mejor influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de teberinto.

Sin embargo, cuando se visualiza el gráfico de medias se puede observar que el mayor poder de efectividad lo proporciona el solvente N-Hexano con la malla 800, con lo cual se demuestra que estos dos factores, tanto solvente como malla, aunado a los otros factores relacionados, es decir relación peso de semilla por volumen de solvente (principalmente: 0,1072 gramos de semilla moringa /ml de solvente), durante un determinado tiempo (principalmente 3 horas), se prueba la segunda hipótesis específica planteada.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

6.2.1 Caracterización de la Semilla De Moringa

En la tabla 17 se presentan los resultados experimentales del análisis de las semillas de *Moringa oleífera*.

Tabla 19

Análisis proximal de las semillas de Moringa oleífera (% base seca)

CARACTERÍSTICA	CONTENIDO (%)
Humedad (g/100 g semilla)	6.3 ± 0.20
Cenizas totales (g/100 g semilla)	3.1 ± 0.10
Grasa cruda (g/100 g semilla)	36.5 a 44.0 ± 0.15
Proteína cruda (g/100 g semilla)	27.6 ± 0.19
Fibra cruda (g/100 g semilla)	16.3 ± 0.07
Carbohidratos* (g/100 g semilla)	2.7 ± 0.17

Fuente: Elaboración propia.

Anwar *et al.* (2003) reportaron contenidos de grasa cruda (38-42%) en semillas de *Moringa oleífera* cultivadas en regiones templadas de Pakistan, mientras que Compaoré *et al.* (2010) obtuvieron un contenido de grasa de 43.56 por ciento. Por otro lado, Abdulkarim *et al.* (2005) obtuvieron un contenido de grasa de 30.8% en semillas de *Moringa oleífera* provenientes de Malasia. Todos estos valores reportados en cuanto al contenido de grasa en las semillas de *Moringa oleífera* son menores al obtenido en este estudio (36.5 a 44) %, sin embargo, las variaciones en el contenido de grasa pueden ser debido a las diferencias del clima de cultivo, lugar de origen y tiempo de cosecha de las semillas. El alto porcentaje de grasa cruda hace a esta semilla una fuente potencial para la industria del aceite. Además, se obtuvo un alto contenido de

proteínas en las semillas de *Moringa oleífera* (27.6%). Compaoré *et al.* (2010) obtuvieron un 35.37 por ciento de proteína cruda, mientras que Abdulkarim *et al.* (2005) obtuvieron un contenido de proteína de 38.3%. Folkard *et al.* (1993) mencionan que el alto contenido en proteínas de las semillas de moringa puede ser usado como una buena fuente de coagulantes activos y desinfectantes debido a sus moléculas de proteína positivamente cargadas y propiedades antimicrobianas (Folkard *et al.*, 1993).

6.2.2. Rendimiento de La Extracción del Aceite de Moringa

El porcentaje de aceite de moringa extraído con el método soxhlet resulto ser más elevado como se muestra en la tabla 13 y tabla 14 en comparación a otros resultados obtenidos con diferentes métodos como son los casos siguientes.

Jhoel Fernández Sobrados en su estudio de tesis "*Extracción Enzimática del Aceite de Moringa (Moringa Oleífera) Con Prensa-Expeller y Determinación de su Tiempo de Vida en Anaquel*" "Los valores de rendimiento obtenidos con prensa *expeller* y con *tratamiento enzimático* en esta investigación fueron de (24.7 y 28.43%) son menores a los obtenidos en la extracción realizada con solvente. Tsankis *et al.* (1999) realizaron la extracción del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* con n-hexano y una mezcla de cloroformo-metanol y obtuvieron rendimientos de 35.7 y 31.2 por ciento, respectivamente, esto debido a la capacidad del disolvente para superar las fuerzas que unen a los lípidos dentro de la matriz de la muestra (Lalas *et al.*, 2001).

Folkard *et al.* (1993) menciona que el contenido de aceite en las semillas de moringa es comparable con el de algunas semillas comunes como cártamo, girasol, mostaza, sésamo, lino y cacahuete. Además, Pritchard (1991) menciona que el contenido de aceite presente en las semillas de moringa oleífera es bastante mayor que algunos cultivos comunes de semillas oleaginosas tales como algodón (15.0-24.0%) y soya (17.0-

21.0%) y comparable con las semillas de cártamo (25.0-40.0%) y mostaza (24.0-40.0%).

Latif y Anwar (2008) realizaron la extracción del aceite de semillas de *Moringa concanensis* utilizando enzimas comerciales y obteniendo rendimientos que oscilan entre 23.54 a 27.46 por ciento. Estos valores de rendimiento son inferiores a los encontrados en esta investigación (38 a 52%) al realizar la extracción del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* con el uso del equipo soxhlet con solventes. Estas variaciones pueden deberse a la variedad de semilla usada, al lugar de procedencia de la semilla y al método de extracción del aceite, debido a que en la investigación realizada por Latif y Anwar (2008) se usó una extracción acuosa

Tsankis *et al.* (1999) realizaron la extracción del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* variedad Mbololo de Kenya con prensado en frío y obtuvieron un rendimiento de 25.8 por ciento, mientras que Lalas *et al.* (2001) trabajaron con semillas de *Moringa oleífera* variedad Periyakulam de India, obteniendo 25.1 por ciento de rendimiento con prensado en frío.

6.2.3. Características Fisicoquímicas del Aceite de Moringa

En la tabla 19 se presentan los resultados de los diferentes parámetros de calidad evaluados en el aceite de moringa (grado de acidez, índice de peróxidos, índice de refracción, índice de p-anisidina, coeficiente de absorbancia en el ultravioleta k270 y k232). Estos parámetros proporcionan información acerca del estado de degradación del aceite por causas «naturales»,

TABLA 20

Características fisicoquímicas del aceite de moringa

PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ACEITE DE MORINGA	ACEITE DE MORINGA OBTENIDO CON METODO SOXHLET	ACEITE DE OLIVA VIRGEN*
índice de refracción (20 oC)	1.4677 ± 0.0001	1.4677-1.4705
Índice de peróxido (mEqO ₂ /kg)	19.80 ± 0.05	≤20
Índice de acidez (%m/m ácido oleico) (mgKOH/g)	1.82 ± 0.04a	≤2
Índice de p-anisidina	0.31 ± 0.02	-----
Índice de Saponificación (mgKOH/g)	179	
Índice de yodo (g/100g)	67.06	
Densidad	0.86	
K232	1.25 ± 0.01	≤2.6
K270	0.11 ± 0.01	≤0.2

Fuente: Aceite de oliva Virgen Según la norma del Codex Alimentarius (2015) y Elaboración propia los resultados experimentales obtenidas en laboratorio FIQ-UNAC.

6.2.4. Perfil de Ácidos Grasos del Aceite de Moringa

Los resultados experimentales obtenidos en nuestro estudio se muestran en la tabla 20, donde se indica el porcentaje de cada ácido graso. Evidenciando que, el ácido graso mayoritario en el aceite de moringa es el ácido oleico, representando aproximadamente 73 por ciento. En otros aceites de semillas, por ejemplo girasol, oscila entre 15-85 por ciento, soja entre 20-35 por ciento y colza entre 50-65 por ciento (López y López, 2005). Tuberoso et al. (2007), comparan distintos aceites vegetales comestibles y concluyen que el aceite de cacahuete, colza y oliva están caracterizados por una alta cantidad de ácido oleico (58.3, 60.7 y 67.2%, respectivamente). En el aceite de oliva el ácido oleico puede representar un 79 por ciento del total de ácidos grasos, pudiendo esa cantidad variar ampliamente, encontrando aceites con un porcentaje de ácido oleico, del

orden del 57 por ciento y en otros puede incluso alcanzar el 82 por ciento (López y López, 2005).

Los datos encontrados con respecto al contenido de ácido oleico en el aceite de moringa son similares a los reportados por Abdulkarim *et al.* (2005), Tsaknis *et al.* (1999) y Lalas *et al.* (2001) quienes obtuvieron los siguientes valores de 70, 75.39 y 71 por ciento, respectivamente. El elevado porcentaje de ácido oleico en el aceite de moringa lo hace deseable en términos de nutrición y alta estabilidad de cocción y fritura (Siguel y Lerman, citado por Abdulkarim *et al.*, 2005).

Tabla 21

Contenido de ácidos grasos del aceite de semillas de Moringa oleífera obtenido

ÁCIDO GRASO	COMPOSICIÓN DE ACIDO GRASO EN EL ACEITE DE MORINGA OLIEFERA (%)
Mirístico 14:0 (%)	0.1
Palmitico 16.0 %	5.8
Palmitoleico	1.2
Estearico	5.1
Oleico 18.1 w9 (%)	73.0
Linoleico 18.2 w6 %	0.6
Linolénico 18:3 w3 %	0.2
Araquidico 20:0 %	3.3
Gadoleico 20.1 %	2.3
Behenico 22:0 %	6.9
Erúxico 22:1 %	0.1
Lignocérico 24:0 %	1.2
Saturados %	22.4
Monoinsaturados %	76.6
Pollinsaturados	0.6
Total acidos grasos identificados %	99.8
Ácidos grasos totales no identificados	0.2

Fuente: Laboratorio de fisicoquímica de la empresa Internacional Acreditada SGS

6.3 Responsabilidad Ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La presente tesis se ha desarrollado respetando los derechos del autor y cumpliendo con el código de ética de acuerdo al reglamento vigente de la Universidad Nacional del Callao con Resolución N°210-2017-CU.

CONCLUSIONES

- a) Se Optimizo el proceso de extracción de aceite de Teberinto (*moringa oleifera*), mediante el método soxhlet, donde se obtuvieron los más altos rendimientos que son: 47.12 %, 52.54% y 44.22% con la relación peso de semilla de teberinto por volumen de solvente, 1/10. 1/15 y 1/12, solvente n-hexano, malla 800, en el tiempo de tres horas, lo cual se confirma lo que dice Bernardini (1981), explica que el aumento de la temperatura del solvente favorece la extracción del aceite. Asimismo, el tamaño de la partícula menor facilita la salida del aceite, ocasionando una reducción en el tiempo de extracción
- b) El aceite de Teberinto (*moringa Olifeira*) comparado con el aceite de oliva extra virgen mediante el análisis de la composición de los acido grasos como es el ácido oleico de un 73% se tiene un porcentaje por encima de aceite de oliva que es 72% de este ácido certificado por los laboratorios de Fisicoquímica de la empresa Certificadora Internacional SGS. El elevado porcentaje de ácido oleico en el aceite de moringa lo hace deseable en términos de nutrición y alta estabilidad de cocción y fritura (Siguel y Lerman, citado por Abdulkarim *et al.*, 2005).
- c) El aceite de Teberinto (*moringa Olifeira*) comparado con el aceite de oliva extra virgen, se observa que no existe diferencia significativa en las características de sabor, astringencia y rancidez, pero si existe diferencia significativa en olor y en color.
- d) Entre las características presentadas por el aceite de *Moringa oleífera* se resalta que es un aceite de color amarillo dorado claro, líquido a temperatura ambiente con sabor agradable, bastante parecido o similar al aceite de oliva

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la relación semilla de moringa / volumen de solvente 1:15 ya que mayor cantidad de solvente extrae mayor cantidad de aceite, así como también la extracción a 69°C que es la temperatura de ebullición del solvente n-hexano debido que altas temperaturas mejor es la extracción teniendo en cuenta también muy importante el tamaño de partícula menor ya que hay mayor contacto del solvente con la semilla de teberinto.

Tener cuidado en el armado del equipo soxhlet, que no tenga fuga del solvente a utilizar debido que es muy volátil en el calor pero se convierte en líquido en el frío y puede ocasionar accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Abdulkarim, S., Lon, K., Lai, O, Mahammad, S., y Ghazali, H., (2005). Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chemistry*, 93(2), 253-263.
- Abdulkarim, S; Long, K; Lai, O; Muhammad, S; Ghazali, H. 2005. Some physico chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. Malaysia, University Putra.
- Alfaro, N., (2008). Rendimiento y uso potencial de Paraíso Blanco, *Moringa oleifera* Lam en la producción de alimentos de alto valor nutritivo para su utilización en comunidades de alta vulnerabilidad alimentario-nutricional de Guatemala. *Proyecto FODECYT. Guatemala*.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official methods of analysis. 15 ed. Washington DC, United States.
- Anwar, F; Bhangar, M. 2003. Analytical characterization of *Moringa oleifera* seed oil grown in temperate regions of Pakistan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:6558-6563.
- Anwar *et al.* (2003) caracterización en semillas de *Moringa oleifera* cultivadas en regiones templadas de Pakistan
- AOCS (American Oil Chemists Society). 2008. Official methods and recommended practices. 6 ed. Champaign D.C, United States.
- AOCS, (2017) Norma para aceites vegetales especificados Codex Stan 210.
- Bailey, A., (1984). Aceites y grasas industriales. España, Reverté. 746p, 2001. Bailey, 2001, p. 449. Tabla 6 Comparación de la extracción de aceites

de forma mecánica y con solventes en semillas con bajo, medio y alto contenido de aceite

Balbir, M., (2005). Trees for life: moringa book. Misuri, Unites States. 52p.

Beerens, 2007, pp. 16-17 Tabla 5, Variables dependientes e independientes en el proceso de extracción continúa

Berger et al.; citado por Magaña, (2012). H y Gallett, L. (2002). Efectos de tratamientos con agua caliente y encerado en la postcosecha de tunas (*Opuntia ficus. india* (L) Mil). Aconex 74; 9-13.

Bombardelli, E. y Morazzoni, P., (2003). *Vitis vinífera*: a review. Fitoterapia, 66(4s), 291-317/ tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva, *Vitis vinífera*, por prensado en frío.

Carlos Eduardo Núñez (cenunez.com.ar. 2008) Método de extracción con equipo Soxhlet

Compaoré *et al.* (2010) caracterización en semillas de *Moringa oleífera* cultivadas en regiones templadas de Pakistan

Codex Alimentarius. 2015. Norma del Codex para los aceites de olive virgen y refinado de orujo de aceituna. Codex Stand 33-1981 (Rev. 1-1989).

Contreras, S., (2011). Producción de biodiesel a partir de especies oleoginosas. In Seminario de Materiales y Tecnología en Ingeniería. Chile, Universidad Católica del Maule.

Costell, E. y Duran, C., (1981). El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos, I, Introducción Rev. Agroq. y Tecnol - Alim.

Diana Gómez Mitjans*, Vicenta Pita Bravo**, Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas (2016) "Caracterización de aceites de las semillas de Moringa

oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos” revista científica
Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XVIII No. 2 Julio-Diciembre 2016 106-111

<http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n2/v18n2a14.pdf>

Falowo, A., Mukumbo, F., Idamokoro, E., Lorenzo, J., Anthony, J., Afolayan, A. y Muchenje, V., (2018). Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products.

Folkard *et al.* (1993) propiedades antimicrobianas mencionan que el alto contenido en proteínas de las semillas de moringa

FAO, (1963). Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias Requisitos generales (2da ed.), Roma- Italia.

Fernández, D.; Sousa, R.; De Oliveira, A.; Morais, S.; Richter, E., Muñoz, R., (2015). *Moringa oleifera*: A potential source for production of biodiesel and antioxidant additives.

Fernández Sobrados (2018) “Extracción Enzimática del Aceite de Moringa (*Moringa Oleífera*) Con Prensa-Expeller y determinación de su Tiempo de Vida en Anaquel”
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3132/fernandez-sobrados-jhoel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gil, A., (2010). Grasas y Aceites. Tratado de Nutrición. Tomo II: Composición y calidad nutritiva de los alimentos. 2da edición. Editorial Médica. Panamericana- Argentina.

Gopalakrishnan, L., Doriya, K., Kumar, D., (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. Food Science and Human Wellness doi.

- Hogervorst R. y knipples, J., (2010) Fortalecimiento de la Capacidad Comercial hacia los Países EFTA: Inteligencia de Mercados para Colombia-Ingredientes Naturales, Revista OSEC, Bussiness Network Switzerland, Edición Septiembre - Holanda.
- Inacal (2014). Norma Técnica Peruana 209.058. Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación de índice de Saponificación. Editado por el instituto nacional de Calidad.
- Konopka, I. y R, S.; Tańska, M., (2017). Optimization of pumpkin oil recovery by using aqueous enzymatic extraction and comparison of the quality of the obtained oil with the quality of coldpressed oil. Food Technol. Biotechnol.
- King y list, J. Snyder, (2001). Hydrogenation of vegetable oil using mixtures of supercritical carbon dioxide and hydrogen. Journal of the American Oil Chemists Spciety.
- Kumar et al. (2017) Optimization of pumpkin oil recovery by using aqueous enzymatic extraction and comparison of the quality of the obtained oil with the quality of coldpressed oil. Food Technol. Biotechnol
- Lalas, S., & Tsaknis, J., (2001). Characterization of Moringa oleifera seed oil variety "Periyakulam 1". Journal of Food Composition and Analysis.
- Lilian, (2010) Procesos de Extracción con solventes de aceites de semillas oleaginosas.
- Makkar, H. & Becker, K., (2013). "Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the Moringa oleifera tree." Journal of Agricultural Science- Cambridge.
- Martin, C., Martin, G., Hernández, E. y Puls, J., (2013). Potential applications of Moringa oleifera. A critical review. Pastos y Forrajes.

Marrero D., Murillo, R., Gonzalez C., V.L.& Gutiérrez. (2014). Composición de ácidos grasos del aceite de las semillas de *Moringa oleifera* que crece en La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*.

Mani, S., Javas, S. y Vadivambal, R., (2007). Optimization of solvent extraction of *Moringa oleifera* seed kernel oil using response Surface methodology. *Food and Bioproducts Processing*.

Miranda J., y otros, (2008) optimización del proceso de extracción del aceite de Teberinto

Morton, J., (1991). "The Horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) A boon to arid lands." *Economic Botany*.

Moyo, B., Masika, P., Hugo, A., Muchenje, (2011). Characterization of *Moringa* (*Moringa Oleifera* Lam.) leaves. *Afr. J. Biotechnol*.

Moringa Super Veggie. Tabla 2: Contenido de vitaminas y minerales de la moringa en base 100 gramos de porción comestible.

http://issuu.com/vaidyamishra/docs/moringa_super_veggie/Adhishakti
LLC, Vaidya Mishra, (2011).

Moringa Super Veggie Tabla 3 Aminoácidos contenidos en la Moringa en base de 100 gramos de Porción comestible.

http://issuu.com/vaidyamishra/docs/moringa_super_veggie/Adhishakti
LLC, Vaidya Mishra, (2011).

Nadar, S., Rao, P., Rathod, V., (2018). Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology.

Navas, P., (2010). Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceite vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales. Tesis Ph. D. Castilla- La Mancha, Universidad de Castilla-La Mancha- España.

Latif y Anwar (2008) realizaron la extracción del aceite de semillas de *Moringa concanensis* utilizando enzimas

(López y López, 2005). Perfil de Ácidos Grasos del Aceite de Moringa

Olson, M. y Fahey J., (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas.

Olaiya et al. (2018), Efecto del tratamiento enzimático de la semilla de moringa (*Moringa oleífera*) sobre las características físico-químicas del aceite obtenido por extracción con prensa expeller

Pritchard (1991) evalúa el rendimiento o contenido de aceite presente en las semillas

Sánchez (2006), Proceso De Extracción Por Prensado

Sánchez, D., López, J., Núñez, J.; Servín, G.; López, J.; Paseiro, P., (2015). Effect of the refining process on *Moringa oleifera* seed oil quality.

Singh, R., (2013). Scientific principles of shelf-life evaluation. 2 ed. United States (Chapter 1).

Siguel y Lerman, citado por Abdulkarim *et al.*, 2005).caracterización del aceite

Sineiro, J; Dominguez, H; Nuñez, M., (1998). Influencia del tratamiento enzimático en la calidad de aceites vegetales. Revista grasas y aceites.

Warner, K., (2004). Evaluación sensorial. Métodos para la evaluación. Aceites y grasas.

Yosvany Díaz-Domínguez,* , Elina Fernández-Santana, Susana Muñoz-Rodríguez, Candida Ferrer-Serrano, Beatriz Zumalacárregui de Cárdenas,

Martha Mazorra-Mestre marzo (2018) “Potencial de la Moringa Oleífera para la producción de Biodiesel”

[https://www.researchgate.net/publication/298797939_POTENCIAL_DE_L
A_MORINGA_OLEIFERA_PARA_LA_PRODUCCION_DE_BIODIESEL](https://www.researchgate.net/publication/298797939_POTENCIAL_DE_LA_MORINGA_OLEIFERA_PARA_LA_PRODUCCION_DE_BIODIESEL)

Young y Woodside, (2001). Propiedades antioxidantes de los ácidos vegetale

www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n2/v18n2a14.pdf

Tsankis *et al.* (1999) extracción del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* variedad Mbololo de Kenya con prensado en frío

Tuberoso et al. (2007), comparan distintos aceites vegetales comestible

ANEXOS
"OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE TEBERINTO (MORINGA OLEIFERA) MEDIANTE EL MÉTODO SOXHLET"

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES E INDICADORES			
¿Cómo se debe optimizar el proceso de extracción del aceite de Teberinto (moringa oleifera) mediante el método soxhlet?	Optimizar el proceso de extracción del aceite de Teberinto (moringa oleifera) mediante el método soxhlet, teniendo en cuenta los factores que influyen en la extracción la caracterización de la semilla y la calidad del aceite	La optimización del proceso de extracción del aceite de Teberinto es viable mediante el método soxhlet, teniendo en cuenta los factores que influyen en la extracción la caracterización de la semilla y la calidad del aceite	VARIABLES : DEPENDIENTE: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN ACEITE DE TEBERINTO			
				DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
			Rendimiento	Cantidad de aceite obtenido por cantidad de semilla de Teberinto	Porcentaje de aceite Obtenido.	Experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTE: EXTRACCIÓN POR MÉTODO SOXHLET.			
a. ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas que se debe tener en cuenta para Caracterizar la semilla de Teberinto?	a. Determinar las propiedades fisicoquímicas que se debe tener en cuenta para Caracterizar la semilla de Teberinto.	La caracterización que se realiza a la semilla mediante los análisis fisicoquímicos como el porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas, contenido de grasa, proteína y fibra cruda son eficientes	X1= Propiedades fisicoquímica para Caracterizar la semilla de Teberinto.	<ul style="list-style-type: none"> - Humedad, - Ceniza, - contenido de grasa - proteínas - fibra cruda 	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje - Porcentaje - Porcentaje - Porcentaje - Porcentaje 	Experimental
b. ¿Cuáles los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de Teberinto?	b. Determinar los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de Teberinto.	Los factores que influyen en la optimización del proceso de la extracción del aceite de Teberinto son tamaño de partícula, tipo de solvente, tiempo y relación peso de semilla por volumen de solvente.	X2= Los factores que influyen en el proceso de la extracción del aceite de Teberinto	<ul style="list-style-type: none"> - tipo Solvente, - tamaño de partícula, - dilución, - tiempo. - Temperatura de solvente 	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de solvente - N° de malla, tamiz - Relación solido/liquido g/cc - Hora - ° C 	Experimental. Tratamiento estadístico.
c. ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas que determina la calidad del aceite de Teberinto?	c. Analizar las propiedades relevantes del aceite de Teberinto para su adecuada calidad.	El aceite de Teberinto presenta una calidad adecuada según el tipo de Ácido graso que contiene su composición orgánica.	X3= Caracterización de la calidad del aceite de Teberinto.	<ul style="list-style-type: none"> - Composición de Ácidos grasos, fenólica Oxidativa. - Índice de peróxido - Índice yodo - Índice de saponificación - Índice de acidez - Densidad 	<ul style="list-style-type: none"> - porcentaje composición. - Sensoriales - Ph 	Experimental

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE MORINGA POR LA EMPRESA CERTIFICADORA INTERNACIONAL SGS.



INFORME DE ENSAYO AG1915967

Página 1 de 2

Análisis solicitado por: MARÍA LUCILA GABRIEL GASPAR
Calle Surimana N°492 Urb. Tupac Amaru. SAN LUIS - LIMA

Solicitud de Ensayo: 226085-1
Producto descrito como: ACEITES Y GRASAS
Procedencia: MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE

Cantidad Muestras: 1
Fecha de Recepción: 26/03/2019
Fecha de Ensayo: 27/03/2019
Fecha de Emisión: 27/03/2019

Observaciones Recep.: EN FRASCO DE PLÁSTICO
Notas: PRODUCTO: ACEITE DE MORINGA
MUESTRA A

Ensayo **Método**
Acidos Grasos ISO 5508: 1990; 2nd Ed. Animal and vegetable fats and oils - Analysis by gas chromatography of methyl esters of fatty acids

Identificación de la muestra	MUESTRA A		
	Ensayo	L.D.	L.C.
Caproico 6:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Caprílico 8:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Cáprico 10:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Undecanoico 11:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Láurico 12:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Tridecanoico 13:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Mirístico 14:0 (%)	0.05	0.10	0.10
Miristoleico 14:1 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Pentadecanoico 15:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Palmitico 16:0 (%)	0.05	0.10	5.80
Palmitoleico 16:1 (%)	0.05	0.10	1.20
Heptadecanoico 17:0 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Heptadecenoico 17:1 (%)	0.05	0.10	No Detectable
Esteárico 18:0 (%)	0.05	0.10	5.10
Oléico 18:1 w9 (%)	0.05	0.10	73.00
Linoleico 18:2 w6 (%)	0.05	0.10	0.60
Linolénico 18:3 w3 (%)	0.05	0.10	0.20
Araquídico 20:0 (%)	0.05	0.10	3.30
Gadoléico 20:1 (%)	0.05	0.10	2.30

COD. 310 P. 18738

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 www.sgs.pe

Miembro del Grupo SGS



INFORME DE ENSAYO
AG1915967

Página 2 de 2

	MUESTRA A		
Behénico 22:0 (%)	0.05	0.10	6.90
Erúxico 22:1 (%)	0.05	0.10	0.10
Lignocérico 24:0 (%)	0.05	0.10	1.20
Saturados (%)	0.1	0.10	22.40
Monoinsaturados (%)	0.1	0.10	76.60
Polinsaturados (%)	0.1	0.10	0.80
Total Acidos Grasos Identificados (%)	0.1	0.10	99.80
Ácidos grasos totales no identificados (%)	0.1	0.10	0.20

Luduvina E. Reyes Rosales
CQP 889
Coordinador de Laboratorio

COD. 310
P. 18738

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 www.sgs.pe
Miembro del Grupo SGS



INFORME DE ENSAYO AG1915968

Página 1 de 1

Análisis solicitado por:	MARÍA LUCILA GABRIEL GASPAR Calle Surimana N°492 Urb. Tupac Amaru. SAN LUIS - LIMA	
Solicitud de Ensayo:	226085-1	Cantidad Muestras: 1
Producto descrito como:	ACEITES Y GRASAS	Fecha de Recepción: 26/03/2019
Procedencia:	MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE	Fecha de Ensayo: 27/03/2019
Observaciones Recep.:	EN FRASCO DE PLÁSTICO	Fecha de Emisión: 29/03/2019
Notas:	PRODUCTO: ACEITE DE MORINGA MUESTRA A	

Ensayo	Método
Acidos Grasos Libres	ISO 660: 2009 (Excepto 9.1 y 9.2) 3th Ed. Animal and vegetable fats and oils -- Determination of acid value and acidity
Cenizas	AOCS Ca 11-55: 2017; 7th Ed. Ash
Índice de Saponificación	AOAC 920.160, 20th Ed. 2016 Saponification Number (Koettstorfer Number) of Oils and Fats. Titrimetric
Índice de Peróxido	AOCS Cd 8b-90 7th Ed. Reapproved 2017 Peroxide Value. Acetic Acid-Isooctane Method.

Resultados			MUESTRA A
Identificación de la muestra			
Ensayo	L.D.	L.C.	
Acidos Grasos Libres (como ácido Oleico) (g/100g)	-	0.02	0.91
Ceniza (g/100g)	-	0.04	<0.04
Índice de Saponificación (mgKOH/g)	-	-	179
Índice de Peróxido (meq O ₂ /Kg)	-	1	32

L.D. = Límite de Detección
L.C. = Límite de Cuantificación

Luduvina E. Reyes Rosales
CQP 889
Coordinador de Laboratorio

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900

www.sgs.pe

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



**INFORME DE ENSAYO
AG1916969**

Página 1 de 1

Análisis solicitado por:	MARÍA LUCILA GABRIEL GASPAR Calle Surimana N°492 Urb. Tupac Amaru. SAN LUIS - LIMA	Cantidad Muestras:	1
Solicitud de Ensayo:	226085-2	Fecha de Recepción	04/04/2019
Producto descrito como:	ACEITES Y GRASAS	Fecha de Ensayo:	05/04/2019
Procedencia:	MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL SOLICITANTE	Fecha de Emisión:	06/04/2019
Observaciones Recep:	EN FRASCO DE VIDRIO		
Notas:	PRODUCTO: ACEITE DE MORINGA MUESTRA		

Ensayo	Método
Indice de Iodo	AOCS Cd 1d-92: 2017; 7th Ed. Iodine Value of Fats and Oils Cyclohexane-Acetic Acid Method.
Indice de Acidez	AOCS Cd 3d-63: 2017; 7th Ed. Acid Value

Resultados

Identificación de la muestra

ACEITE DE MORINGA

Ensayo	L.D.	L.C.	
Indice de Iodo (g/100g)	-	-	67.06
Indice de Acidez (mgKOH/g)	-	0.10	1.82

L.D. = Limite de Detección
L.C. = Limite de Cuantificación

Luduvina E. Reyes Rosales
CQP 889
Coordinador de Laboratorio

COD. 310 P. 18738

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definida en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) 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. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Ultima Revisión Julio 2015

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 www.sgs.pe

Miembro del Grupo SGS

INSTRUMENTO DE DATOS DE ENSAYOS EXPERIMENTALES EN EL LABORATORIO DE LA FIQ UNAC.

TAMAÑO DE PARTÍCULA N° DE MALLA	TIPO DE SOLVENTE	TIEMPO (HR)	CONCENTRACIÓN DE SEMILLA DE TEBERINTO Y CANTIDAD DE ACEITE OBTENIDO								
			OPCIÓN N°1			OPCIÓN N°2			OPCIÓN N°3		
			CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE
			gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%
MALLA 800	N-HEXANO	2	0.067	4.201	44.79	0.1072	7.201	47.98	0.0801	8.169	42.49
		2.5	0.068	4.302	45.19	0.1072	7.372	49.12	0.0801	8.458	44.00
		3	0.0667	4.401	47.13	0.1072	7.885	52.54	0.0801	8.501	44.22
					0.00			0.00			0.00
	ETER DE PETROLEO	2	0.067	4.001	42.65	0.1072	6.685	44.54	0.081	7.405	38.09
		2.5	0.0667	4.23	45.30	0.1072	6.674	44.47	0.08	7.578	39.47
		3	0.067	4.5	47.97	0.1073	7.088	47.18	0.0801	7.766	40.40
					0.00			0.00			0.00
	ETER DIETÍLICO	2	0.0667	3.801	40.70	0.1073	6.425	42.77	0.0742	6.766	33.77
		2.5	0.067	3.817	40.69	0.1072	6.43	42.84	0.0741	7.141	35.69
		3	0.0667	3.824	40.95	0.1072	6.501	43.32	0.0741	6.644	33.21
					0.00			0.00			0.00
MALLA 1000	N-HEXANO	2	0.067	4.102	43.73	0.1072	6.801	45.32	0.0801	7.753	40.33
		2.5	0.0667	4.202	45.00	0.1072	7.072	47.12	0.08	7.943	41.37
		3	0.0667	4.301	46.06	0.1072	7.08	47.17	0.0801	8.22	42.76
					0.00			0.00			0.00
	ETER DE PETROLEO	2	0.071	4.008	40.32	0.1072	6.265	41.74	0.0801	7	36.41
		2.5	0.0715	4.151	41.47	0.1072	6.456	43.02	0.0801	7.08	36.83
		3	0.071	4.251	42.77	0.1073	6.757	44.98	0.079	7.1	37.45

	ETER DIETÍLICO	2	0.0667	3.466	0.00			0.00			0.00
		2.5	0.067	3.875	37.12	0.1	5.64	40.29	0.0741	7.301	36.49
		3	0.0667	4.251	41.31	0.1	5.683	40.59	0.0741	7.479	37.38
					45.52	0.1	5.916	42.26	0.0742	7.365	36.76
MALLA 1200	N-HEXANO				0.00			0.00			0.00
		2	0.0667	3.466	37.12	0.1072	6.67	44.44	0.0801	7.071	36.78
		2.5	0.067	3.875	41.31	0.1073	7.063	47.02	0.0801	7.105	36.96
		3	0.07145	3.901	39.00	0.1072	7.071	47.11	0.0801	7.644	39.76
	ETER DE PETROLEO				0.00			0.00			0.00
		2	0.07	3.855	39.34	0.1073	6.49	43.20	0.081	6.5	33.44
		2.5	0.0715	3.946	39.42	0.1072	6.536	43.55	0.08	6.8	35.42
		3	0.071	4.001	40.25	0.1073	6.708	44.65	0.081	7.018	36.10
	ETER DIETÍLICO				0.00			0.00			0.00
		2	0.071	3.489	35.10	0.1073	5.771	38.42	0.0742	6.712	33.50
		2.5	0.0667	3.878	41.53	0.1	5.772	41.23	0.0741	6.745	33.71
		3	0.0667	3.998	42.81	0.1072	6.401	42.65	0.0741	6.871	34.34
					0.00			0.00			0.00

TAMAÑO DE PARTÍCULA N° DE MALLA	TIPO DE SOLVENTE	TIEMPO (HR)	CONCENTRACIÓN DE SEMILLA DE TEBERINTO Y CANTIDAD DE ACEITE OBTENIDO									
			NIVEL N°1			NIVEL N°2			NIVEL N°3			
			CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	CC: GR/ML	P. DE ACEITE	% DE ACEITE	
			gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%	gr/ml.	gr.	%	
MALLA 800	N-HEXANO	2	0.1072	7.2	47.97	0.1072	7.201	47.98	0.1072	7.189	47.90	
		2.5	0.1072	7.352	48.99	0.1072	7.372	49.12	0.1072	7.365	49.07	
		3	0.1072	7.875	52.47	0.1072	7.885	52.54	0.1072	7.881	52.51	
					0.00			0.00			0.00	
	ETER DE PETROLEO	2	0.1072	6.682	44.52	0.1072	6.685	44.54	0.1072	6.675	44.48	
		2.5	0.1072	6.671	44.45	0.1072	6.674	44.47	0.1072	6.67	44.44	
		3	0.1073	7.078	47.12	0.1073	7.088	47.18	0.1073	7.081	47.14	
					0.00			0.00			0.00	
	ETER DIETÍLICO	2	0.1073	6.422	42.75	0.1073	6.425	42.77	0.1073	6.42	42.74	
		2.5	0.1072	6.338	42.23	0.1072	6.43	42.84	0.1072	6.339	42.24	
		3	0.1072	6.5	43.31	0.1072	6.501	43.32	0.1072	6.489	43.24	
					0.00			0.00			0.00	
MALLA 1000	N-HEXANO	2	0.1072	6.798	45.30	0.1072	6.801	45.32	0.1072	6.811	45.38	
		2.5	0.1072	7.101	47.31	0.1072	7.072	47.12	0.1072	7.062	47.05	
		3	0.1072	7.082	47.19	0.1072	7.08	47.17	0.1072	7.103	47.33	
					0.00			0.00			0.00	
	ETER DE PETROLEO	2	0.1072	6.019	40.11	0.1072	5.998	39.97	0.1072	6.015	40.08	
		2.5	0.1072	6.463	43.06	0.1072	6.456	43.02	0.1072	6.459	43.04	
		3	0.1073	6.747	44.91	0.1073	6.757	44.98	0.1073	6.758	44.99	
					0.00			0.00			0.00	
			2	0.1072	5.64	37.58	0.1072	5.665	37.75	0.1072	5.648	37.63

MALLA 1200	ETER DIETÍLICO	2.5	0.1072	5.691	37.92	0.1072	5.683	37.87	0.1072	5.689	37.91
		3	0.1073	5.922	39.42	0.1073	5.916	39.38	0.1073	5.938	39.53
					0.00			0.00			0.00
	N-HEXANO	2	0.1072	6.701	44.65	0.1072	6.67	44.44	0.1072	6.702	44.66
		2.5	0.1073	7.545	50.23	0.1073	7.549	50.25	0.1073	7.552	50.27
		3	0.1072	7.613	50.73	0.1072	7.607	50.69	0.1072	7.622	50.79
	ETER DE PETROLEO				0.00			0.00			0.00
		2	0.1073	6.509	45.14	0.1073	6.49	45.01	0.1073	6.499	45.07
		2.5	0.1072	6.546	43.62	0.1072	6.536	43.55	0.1072	6.539	43.57
	ETER DIETÍLICO	3	0.1073	6.712	44.68	0.1073	6.708	44.65	0.1073	6.715	44.70
					0.00			0.00			0.00
		2	0.1073	5.781	38.48	0.1073	5.771	38.42	0.1073	5.777	38.46
ETER DIETÍLICO	2.5	0.1072	5.762	38.39	0.1072	5.772	38.46	0.1072	5.779	38.51	
	3	0.1072	6.411	42.72	0.1072	6.401	42.65	0.1072	6.413	42.73	
				0.00			0.00			0.00	