



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

## Obtención de aceite a partir de la semilla de moringa (*moringa oleífera*)

Trabajo de titulación previo a  
la obtención del título de  
Ingeniera Agrícola

**AUTORA:**

Yadira Elizabeth Viteri Troncos

**DIRECTOR:**

Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval. PhD.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 23 de septiembre del 2022

Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Obtención de aceite a partir de la semilla de moringa (*moringa oleífera*)**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agrícola** de la autoría de la estudiante **Yadira Elizabeth Viteri Troncos**, con **cédula de identidad Nro. 1104810542**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**WILSON ROLANDO  
CHALCO SANDOVAL**

Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval PhD.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Yadira Elizabeth Viteri Troncos**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular o de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1104810542

**Fecha:** 01 de febrero de 2023

**Correo electrónico:** yadira.viteri@unl.edu.ec

**Teléfono celular:** 0982762832

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Yadira Elizabeth Viteri Troncos**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Obtención de aceite a partir de la semilla de moringa (*moringa oleífera*)**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Agrícola**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al primer día del mes de febrero del dos mil veintitrés.

**Firma:** 

**Autora:** Yadira Elizabeth Viteri Troncos

**Cédula:** 1104810542

**Dirección:** Loja, Peñon del Oeste – Nicaragua y Huaorani

**Correo electrónico:** yadira.viteri@unl.edu.ec

**Teléfono celular:** 0982762832

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Trabajo de titulación:** Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval PhD.

### **Dedicatoria**

Dedico primeramente a Dios, por guiar cada uno de mis pasos y darme la oportunidad y sabiduría para culminar un logro más. A mis padres, Luis Viteri y Rosa Troncos, por su apoyo incondicional depositado en cada uno de los actos que he realizado, por ser el pilar fundamental de mi vida y por la constancia en el día a día. A mis familiares y amigos por incentivar me a seguir adelante con sus valiosos consejos en el momento oportuno y por estar presentes en los buenos y malos momentos de mi vida.

*Yadira Elizabeth Viteri Troncos*

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias.

A mis padres y hermanos, quienes son mi motivación y me han dado valiosos consejos en el transcurso de mis estudios.

A Diego, por ser quien me brinda su amor y apoyo incondicional, poniendo siempre su confianza en mí y dándome consejos muy valiosos.

Al Dr. Wilson Rolando Chalco, mis más sinceros agradecimientos, por su apoyo, confianza, motivación y orientación durante el desarrollo del presente trabajo, así como también sus consejos en situaciones difíciles.

De igual manera agradezco a la ingeniera Beatriz Guerrero por su tiempo, apoyo y conocimiento durante la ejecución de la fase de laboratorio. Y la ingeniera Nohemi Chamba por la ayuda prestada y comprensión en los momentos más necesario.

Finalmente, a todos quienes conforman la carrera de ingeniería Agrícola, por brindarme conocimientos y valores que me ayudan a crecer como persona y como profesional.

*Yadira Elizabeth Viteri Troncos*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xii
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Moringa oleífera.....	6
4.1.1. Generalidades del árbol.....	6
4.1.2. Importancia.....	7
4.1.3. Principales aplicaciones.....	7
4.2. Semillas de moringa oleífera.....	8
4.2.1. Aceite de moringa.....	9
4.3. Procesos de extracción para aceites vegetales.....	10
4.3.1. Extracción mecánica.....	10
4.4. Métodos empleados para determinar la calidad de los aceites.....	11
4.4.1. Parámetros sensoriales.....	12
4.4.2. Parámetros fisicoquímicos.....	12
4.5. Costos de producción.....	14
4.5.1. Costos fijos.....	14

4.5.2. Costos variables.....	14
<b>5. Metodología .....</b>	<b>15</b>
5.1. Ubicación .....	15
5.2. Materiales.....	15
5.2.1. Materiales y equipos de laboratorio .....	15
5.2.2. Reactivos de laboratorio .....	16
5.2.3. Insumos .....	16
5.2.4. Materiales y equipos de oficina .....	16
5.3. Diseño estadístico .....	16
5.4. Metodología por objetivos.....	17
5.4.1. Metodología para el primer objetivo .....	17
5.4.2. Metodología para el segundo objetivo .....	22
5.4.3. Metodología para el tercer objetivo .....	26
<b>6. Resultados .....</b>	<b>27</b>
6.1. Determinación de los parámetros óptimos para la extracción de aceite moringa por el método mecánico.....	27
6.1.1. Caracterización de las semillas de moringa (moringa oleífera) .....	27
6.1.2. Proceso de extracción de aceite de moringa por el método mecánico. ....	28
6.1.3. Determinación del rendimiento del aceite de moringa.....	28
6.1.4. Caracterización organoléptica del aceite de moringa.....	29
6.2. Evaluación de la calidad del aceite de moringa a través de los parámetros físico-químicos .....	29
6.3. Determinación de los costos de producción y precio venta del aceite de moringa .....	30
<b>7. Discusión.....</b>	<b>31</b>
7.1. Determinación de los parámetros óptimos para la extracción de moringa por el método mecánico .....	31
7.1.1. Análisis organoléptico de las semillas de moringa oleífera. ....	31



7.1.2. Análisis químico proximal de las semillas de moringa oleífera.....	31
7.1.3. Determinación del rendimiento del aceite de moringa.....	32
7.1.4. Caracterización organoléptica del aceite de moringa.....	32
7.1.5. Establecer los parámetros óptimos para la extracción de aceite por el método mecánico .....	33
7.2. Evaluación de calidad del aceite de moringa a través de los parámetros físico-químicos .....	33
7.3. Determinación de los costos de producción y precio de venta del aceite de moringa ....	35
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>36</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>37</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>38</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>46</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica de moringa oleífera .....	6
<b>Tabla 2.</b> Análisis proximal de las semillas de moringa oleífera .....	8
<b>Tabla 3.</b> Características fisicoquímicas del aceite de moringa.....	9
<b>Tabla 4.</b> Escala hedónica de 5 puntos para la evaluación organoléptica de la semilla de moringa (moringa oleífera).....	17
<b>Tabla 5.</b> Tiempos de variación para el proceso de extracción .....	20
<b>Tabla 6.</b> Escala hedónica utilizada para la evaluación organoléptica del aceite de moringa	21
<b>Tabla 7.</b> Análisis organolépticos de las semillas de moringa oleífera .....	27
<b>Tabla 8.</b> Análisis proximal de las semillas de moringa oleífera .....	27
<b>Tabla 9.</b> Rendimiento del aceite de semillas de moringa de los diferentes tratamientos ....	28
<b>Tabla 10.</b> Caracterización organoléptica del aceite de moringa de diferentes tratamientos .	29
<b>Tabla 11.</b> Características físico-químicas del aceite de moringa correspondiente al tratamiento T <sub>3</sub> .....	29
<b>Tabla 12.</b> Resultados de los costos de producción para la extracción de aceite de moringa .	30

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Usos de las diferentes partes del árbol de moringa oleífera .....	7
<b>Figura 2.</b> Esquema de prensa tipo expeller .....	11
<b>Figura 3.</b> Áreas de investigación dentro de la matriz de la Universidad Nacional de Loja .....	15
<b>Figura 4.</b> Proceso de extracción de aceite de moringa por el método mecánico .....	19
<b>Figura 5.</b> Influencia del tiempo de calentamiento de la prensa sobre el rendimiento .....	28

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b>	Hoja de evaluación para análisis organoléptico de la semilla de moringa oleífera	46
<b>Anexo 2.</b>	Determinación del porcentaje de humedad.....	47
<b>Anexo 3.</b>	Protocolo para determinar grasas .....	49
<b>Anexo 4.</b>	Protocolo para determinación de proteína .....	51
<b>Anexo 5.</b>	Protocolo para determinación de cenizas .....	53
<b>Anexo 6.</b>	Determinación de fibra cruda .....	54
<b>Anexo 7.</b>	Hoja de evaluación para análisis organoléptico del aceite de moringa .....	55
<b>Anexo 8.</b>	Determinación de la densidad relativa. Método descrito en la norma INEN 35 “Grasas y Aceites Comestibles” .....	56
<b>Anexo 9.</b>	Determinación del índice de peróxido. Método descrito en la norma INEN 277 “Grasas y Aceites Comestibles” .....	60
<b>Anexo 10.</b>	Determinación de la acidez. Método descrito en la norma INEN 38 “Grasas y Aceites Comestibles” .....	62
<b>Anexo 11.</b>	Determinación del índice de yodo. Método descrito en la norma INEN 37 “Grasas y Aceites Comestibles” .....	65
<b>Anexo 12.</b>	Norma Técnica Ecuatoriana. Determinación del índice de saponificación. Método descrito en la norma INEN 40 “Grasas y Aceites Comestibles” .....	69
<b>Anexo 13.</b>	Proceso de extracción de aceite de moringa por el método mecánico .....	72
<b>Anexo 14.</b>	Certificación de traducción del Abstract .....	73

## **1. Título**

**Obtención de aceite a partir de la semilla de moringa (*moringa oleifera*)**

## 2. Resumen

La moringa (*moringa oleífera*) es un árbol altamente valorado por sus múltiples usos, una de las partes más aprovechables son las semillas debido a las propiedades oleaginosas que poseen permitiendo la extracción de aceite para usos comestibles o industriales. En este sentido la presente investigación tiene como finalidad determinar los parámetros óptimos de extracción de aceite a partir de la semilla de moringa mediante el método mecánico; para ello se evaluó cuatro tratamientos a diferentes tiempos de calentamiento del equipo (prensa expeller) previo a su extracción; y a continuación, estos aceites fueron centrifugados para obtener una mejor calidad especialmente en las características organolépticas, en base a los resultados en el que se incluye el rendimiento se estableció el mejor tratamiento, al cual posteriormente se evaluó la calidad del aceite mediante los análisis físico-químicos y se determinaron costos de producción y precio de venta.

Los resultados obtenidos indican que el tratamiento T<sub>3</sub> presenta los mejores parámetros para la extracción (tiempo de calentamiento de la prensa de 25 min y 15 min de centrifugado a 4 000 rpm) dando como resultado un mayor rendimiento de aceite (27,27 %) y presentando las mejores características en función del análisis organoléptico (color, olor y sabor). Los resultados del análisis físico-químico fueron los siguientes: densidad a 25 °C (0,91), índice de peróxido (0,08 mEq.O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>), índice de acidez (0,43 % de ácido oleico), índice de yodo (75,02 cg g<sup>-1</sup>) e índice de saponificación (176,79 mg KOH g<sup>-1</sup>) encontrándose dentro de los rangos adecuados según normas nacionales e internacionales para aceites vegetales utilizados en la industria alimentaria, tal como el aceite de oliva. Finalmente, los costos de producción para 500 ml de aceite fueron de 32,17 USD y el precio de venta de 40,05 USD, siendo inferior a lo que se expende en la localidad (90 USD).

**Palabras claves:** semilla de moringa, aceite de moringa, extracción mecánica, análisis físico-químico.

## 2.1. Abstract

Moringa (*moringa oleífera*) is a tree highly valued for its multiple uses, one of the most profitable parts are the seeds due to the oily properties they possess, allowing the extraction of oil for edible or industrial uses. Based on this, the current investigation has the purpose of determining the optimal parameters of oil extraction from the moringa seed by means of the mechanical method; for this, four treatments were evaluated at different heating times of the equipment (expeller press) prior to its extraction; and then these oils were centrifuged to obtain a better quality, especially in the organoleptic characteristics, based on the results in which the yield is included, the best treatment was established, to which the quality of the oil was later evaluated through physical-chemical analysis, the production costs and sale price were determined as well.

The results obtained indicate that the T<sub>3</sub> treatment presents the best parameters for the extraction (heating time of the press of 25 min and 15 min of centrifugation at 4 000 rpm), resulting in a higher yield of oil (27,27 %) and presenting the best characteristics based on organoleptic analysis (color, smell and flavor). The results of the physical-chemical analysis were the following: density at 25 °C (0,91), peroxide value (0,08 mEq.O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>), acidity value (0,43 % oleic acid), iodine value (75,02 cg g<sup>-1</sup>) and saponification value (176,79 mg KOH g<sup>-1</sup>) being within the appropriate ranges according to national and international standards for vegetable oils used in the food industry, such as oil made of olives. Lastly, the production costs for 500 ml of oil were USD 32,17 and the sale price USD 40,05, which is lower than what is sold locally (USD 90).

**Keywords:** moringa seed, moringa oil, mechanical extraction, physical-chemical analysis.

### 3. Introducción

Desde la antigüedad los aceites de origen vegetal son consumidos por los seres humanos y utilizados para diversos fines alimentarios e industriales, estos se obtienen principalmente de semillas oleaginosas y su aprovechamiento se basa en las técnicas de extracción aplicadas. Si bien en América Latina tiene una diversidad agroclimática que favorecen a diferentes especies con potencial oleaginoso, solo pocas han alcanzado importancia comercial para la producción de aceite, como son las semillas convencionales de soja, algodón, cacahuete, girasol, linaza, oliva, ricino, coco y palma aceitera, sin embargo, hoy en día algunas de ellas se han visto afectado por el abastecimiento de materia prima (Shumi y Bacha, 2022). En este sentido, y con el fin de encontrar nuevas fuentes para la producción de aceite se incluyen a las semillas no convencionales como las de moringa.

En Ecuador el cultivo de moringa es poco conocido como una fuente para obtener aceite, de tal modo que, existe dependencia de importaciones en un 95 % (120.000 toneladas de aceites de girasol, oliva y canola) ya que solamente el 5 % produce aceite de palma y soja en la industria aceitera nacional (Pilco, 2015). A esto se suma la falta de apoyo del gobierno nacional y local; para incentivar, fomentar e innovar proyectos, procesos y productos que permitan desarrollar y diversificar la producción aceitera (Guerrero, 2016). Asimismo, los procesos de extracción empleados actualmente han implican fuertes agresiones al medioambiente, como consecuencia del uso de solventes orgánicos nocivos a la atmósfera, como la extracción química siendo el hexano el más empleado; lo cual genera impurezas en la solución resultante, implicando degradación de vitaminas y otras sustancias activas en el aceite (Pons, 2015).

En base a lo antes mencionado, con esta investigación se pretende potenciar y aprovechar el cultivo de moringa mediante la extracción de aceite a partir de la semilla, las cuales poseen propiedades oleaginosas entre un 25 a 44 % de rendimiento y cuyas propiedades físico-químicas lo asemejan al aceite de oliva (Alnadif et al., 2017). Además, contiene alrededor de un 70 % de ácido oleico (Omega 9), lo que constituye un producto de alta calidad y trae beneficios en la salud del consumidor, reduciendo así la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Delgado, 2019).

Por otro lado, los procesos de extracción para las semillas oleaginosas requieren de tecnologías más seguras para el medio ambiente y el consumidor, de tal modo que el método mecánico constituye uno de ellos, el cual no afecta en las características



organolépticas y físico-químicas del aceite obtenido. Asimismo, con los resultados obtenidos en la investigación se pretende aportar al cambio de la matriz productiva dando valor agregado a un producto agrícola (moringa), generando fuentes de empleo y mayores ingresos, que contribuya a mejorar la calidad de vida de los agricultores y sus familias.

A partir de lo antes mencionado se planteó la siguiente pregunta de investigación **¿Cuáles son los parámetros óptimos de extracción mediante el método mecánico para la extracción de aceite de moringa?**

Además, se ha propuesto los siguientes objetivos:

**Objetivo general**

Contribuir al aprovechamiento de la moringa mediante la obtención de aceite a partir de la semilla (*moringa oleífera*).

**Objetivo específico**

- Determinar los parámetros óptimos para la extracción de aceite de moringa por el método mecánico.
- Evaluar la calidad del aceite de moringa mediante los índices de yodo, peróxido y acidez.
- Determinar los costos de producción y precio venta del aceite de moringa.

## 4. Marco teórico

### 4.1. *Moringa oleífera*

*Moringa oleífera* es la especie más conocida y de mayor distribución de la familia Moringaceae. Es un árbol originario de las regiones subhimalayas del norte de la India, crece en zonas tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo (Martín et al., 2013). Actualmente, es considerada una de las especies más rentables, productivas y versátiles frente a las condiciones ambientales donde se cultiva (Ferrer et al., 2021).

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica de *moringa oleífera*.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de moringa oleífera*

Jerarquía	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brasicales
Familia	Moringaceae
Genero	Moringa
Especie	Moringa oleífera

Fuente: Paniagua y Chora (2016)

#### 4.1.1. *Generalidades del árbol*

La *moringa oleífera* es un árbol perenne de vida corta, que normalmente puede vivir 20 años (Liñán, 2010). Es una especie de rápido crecimiento, por lo general alcanza los 10 a 12 m de altura y los 20 a 40 cm de diámetro (Benitez et al., 2014). Tienen una copa abierta y esparcida de ramas inclinadas y frágiles con hojas compuestas por folíolos delgados, oblongos u ovalados de color verde claro, sus flores son bisexuales de color blanco crema con estambres amarillos y provisto de una corteza gruesa en sus tallos (Leone et al., 2016).

El fruto es una vaina de color verde oscuro durante su desarrollo y al madurar se vuelve de color marrón oscuro de unos 20 a 40 cm de longitud, cada fruto tiene de 12 a 25 semillas. Las semillas son redondas, blanquecinas y se caracterizan por ser oleaginosas, presentan una envoltura rígida de color marrón oscuro con un tejido en forma de alas,

generalmente miden alrededor de 2,5-3 cm enteras y 1 cm descascarilladas. Cada árbol puede producir de 15 000 a 25 000 semillas por año (Pérez et al., 2010).

#### 4.1.2. Importancia

Villareal y Ortega (2014) destacan a la moringa como una planta versátil de gran importancia económica debido a que tiene una amplia gama de aplicaciones industriales, medicinales y agrícolas, de tal forma que cada una de sus partes se pueden obtener diversos productos que pueden ser utilizados como fuente de alimento, en la Figura 1 se muestra una visión general de los usos importantes de las diversas partes del árbol.

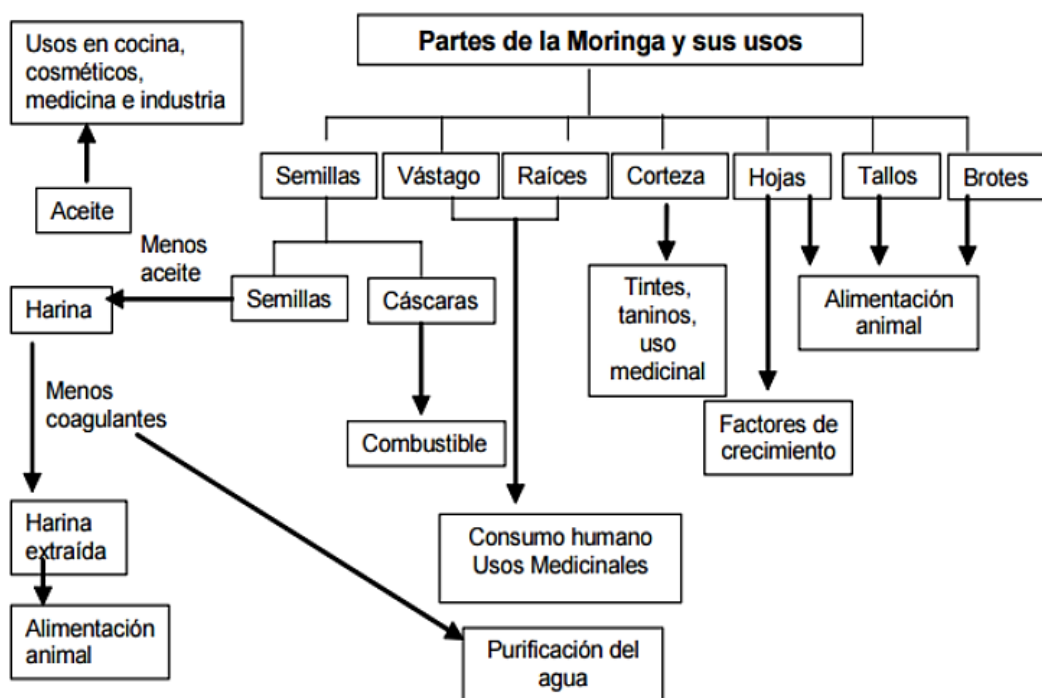


Figura 1. Usos de las diferentes partes del árbol de moringa oleífera  
Fuente: Alfaro y Martínez (2008)

#### 4.1.3. Principales aplicaciones

Los usos potenciales de este árbol se deben a sus propiedades antimicrobianas, nutritivas, antioxidantes y terapéuticas que las comunidades han aprovechado por cientos o quizás miles de años (Stohs y Hartman, 2015). En la antigüedad los romanos, griegos y egipcios usaban esta planta por sus propiedades estéticas debido al aceite contenido en sus semillas y, durante el siglo XIX se exportaba el aceite desde la India a Europa, para perfumes y lubricantes para maquinaria (Janiki y Yamuna, 2015).

La torta que queda después de la extracción del aceite puede ser utilizada como acondicionador de suelos o como fertilizante por su alto contenido proteico y por ser un rico complemento de nitrógeno para los cultivos, además, tienen el potencial de ser utilizados como suplemento alimenticio avícola y ganadero (Folkard y Sutherland, 1996).

Las hojas, flores, y raíces son empleadas como fuente de alimento para humanos y animales debido a su alto contenido en proteínas, vitaminas y minerales (Magaña, 2012). En cuanto al uso agrícola, la moringa oleífera ha sido ampliamente utilizada como forraje debido a sus excelentes propiedades nutricionales, por otra parte, puede crecer como cercas vivas o cortinas rompevientos y es apta para lugares donde la combinación de fuertes vientos y largos períodos de sequía provocan una severa erosión del suelo (Godino, 2016).

Adicionalmente, es utilizado como combustible biológico (biogás, biodiesel), productor de goma natural, clarificador, productor de miel, y, de las semillas se puede obtener una harina que contiene ciertos coagulantes naturales para el tratamiento de aguas fluviales y aguas turbias (Oyeyinka A. y Oyeyinka S., 2018).

#### **4.2. Semillas de moringa oleífera**

Las semillas de moringa tienen excelentes propiedades nutricionales. Chelliah et al. (2017) manifiestan que la variación en el valor nutricional depende de los antecedentes genéticos, el estado de madurez, el entorno y los métodos de cultivo.

De acuerdo con Fernández (2018) el contenido nutricional de las semillas de moringa oleífera por cada 100 g se reporta en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Análisis proximal de las semillas de moringa oleífera*

<b>Parámetro</b>	<b>Contenido (%)</b>
Humedad	7,80 ± 0.20
Cenizas	3,80 ± 0.10
Grasa	30,30 ± 0.15
Proteína	29,00 ± 0.19
Fibra cruda	20,50 ± 0.17
Carbohidratos	36,90 ± 0,17

Fuente: Fernández (2018)

#### 4.2.1. Aceite de moringa

Las semillas de moringa oleífera contienen entre un 25 - 44 % de su peso en aceite de muy buena calidad, poco viscoso y dulce (Alnadif et al., 2017; Paniagua y Chora, 2016). Está compuesto principalmente por ácidos grasos saturados e insaturados, y dado que en su composición predomina el ácido oleico con valores ligeramente superiores al 70 %, por lo que químicamente se considera similar al aceite de oliva (Ferrer et al., 2021). La Tabla 3 presenta ciertos parámetros fisicoquímicas del aceite crudo de las semillas de Moringa.

**Tabla 3**

*Características fisicoquímicas del aceite de moringa*

<b>Parámetros</b>	<b>Contenido</b>
Rendimiento del aceite (%)	25,0 – 44,0
Densidad relativa 24 °C	0,9037
Índice de saponificación (mg KOH/g)	171,9 – 191,0
Índice de yodo (g de I/100 g de aceite)	66,0 – 85,30
Índice de acidez (mg/g)	3,80 – 5,04
Ácido graso libre (% de ácido oleico)	0,30 – 2, 51

Fuente: Lafont et al. (2021)

El aceite de moringa también conocido como “aceite de Ben” se puede utilizar para diversos fines industriales, como aceite vegetal para el consumo humano y como biocombustible. Hoy en día, la industrialización global y la creciente demanda de productos amigables con el medio ambiente otorgan a este aceite el potencial de ser altamente valorado en el mercado (García et al., 2013).

En la industria cosmética, debido a las propiedades de ser ligero, absorbente y de retener fragancias, se utiliza como humectante, acondicionador y emoliente para la piel (Shumi y Bacha, 2022). Además, se puede utilizar en la elaboración de cremas, jabones, perfumes y productos para el cuidado del cabello (Velázquez et al., 2016).

Por otra parte, se les atribuye una buena estabilidad oxidativa frente a otros aceites vegetales tradicionales que durante la conservación, cocción y fritura ocurre el deterioro de sus cualidades nutritivas, por lo que su adición permite obtener una mezcla de altas propiedades nutricionales (Martín et al., 2013). De acuerdo con Ortiz et al. (2012), el aceite de Ben es más estable que los aceites de canola, soja y el aceite utilizado en la fritura.

### **4.3. Procesos de extracción para aceites vegetales**

Los aceites vegetales a partir de semillas oleaginosas se pueden obtener mediante técnicas convencionales como el prensado mecánico y la extracción con solvente.

Grasso (2013) indica que, para el proceso de extracción de semillas, depende de su tipo y estructura, aquellas que presentan alto contenido en aceite (>20 % base seca) el proceso a utilizar es la fuerza mecánica por prensado con el fin de romper las paredes celulares del material vegetal, obteniendo así el aceite crudo y la torta, la cual retiene cantidades significativas de aceite residual. Por otro lado, las semillas que poseen bajo contenido graso (<20 % base seca) se emplea extracción con disolventes orgánicos como el hexano, sin embargo, este proceso implica manipulación de grandes cantidades de solventes orgánicos, provocando problemas de salud, seguridad e impacto ambiental.

Asimismo, para que el proceso de extracción se realice de manera correcta, el material a extraer debe estar debidamente preparado. Dependiendo del tipo de semilla se requieren diferentes etapas como limpieza, descascarillado, trituration y tratamiento térmico, con el objetivo de optimizar la extracción, así como la calidad del aceite obtenido (Ixtaina, 2010).

#### **4.3.1. Extracción mecánica**

Este es el proceso más antiguo y usado en la extracción de aceites vegetales a partir de semillas. La semilla es prensada, en frío o en caliente y se clasifican en dos tipos:

##### **4.3.1.1. Prensado discontinuo.**

También conocido como prensado hidráulico es una técnica de mano intensiva, se basa en aplicar presión sobre una masa de semillas oleaginosas, que pueden estar reunidas en bolsas, telas, mallas u otros elementos (Pantano y Urrego, 2018).

##### **4.3.1.2. Prensado continuo.**

Denominadas también como “expeller” o de tornillo, es aquel que disminuye la mano de obra en comparación con las prensas hidráulicas, se adaptan a una gran cantidad de semillas y en algunos casos pueden obtener un mayor rendimiento de aceite en comparación con las discontinuas (Ugarte, 2021).

Según Grasso (2013), la gran mayoría de estas prensas operan a presiones muy altas para obtener aceite en un solo prensado, sin embargo, en la práctica también es posible

realizarse de dos a tres prensadas, incrementando la presión de operación de dichos equipos.

Las prensas de tornillo se caracterizan porque la presión se genera a partir de un eje rotatorio o un tornillo sin fin, en lugar de un de pistón. Este tornillo se ubica dentro de un barril o camisa y cada vez que gira permite el transporte de las semillas alimentadas desde una tolva hacia el barril, en donde la semilla se descompone debido al aumento gradual de la presión, de manera que se obtiene aceite, el cual pasa a través de unas ranuras angostas ubicadas en el barril, y, la torta residual es expulsada por la parte exterior de la boquilla ubicada a un extremo del equipo (Pantano y Urrego, 2018). En la Figura 2 se puede ver una representación de esta prensa.

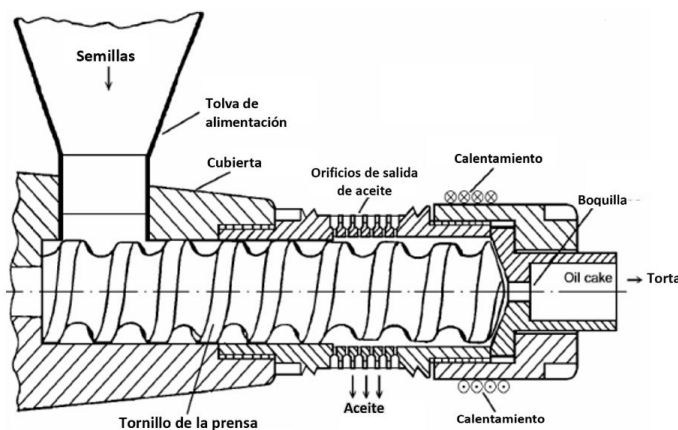


Figura 2. Esquema de prensa tipo expeller  
Fuente: Beerens (2007)

Además, el proceso de extracción por prensado es influenciado por varios parámetros tales como la humedad de la semilla, la capacidad de la prensa y la potencia aplicada. El aceite obtenido el cual arrastra ciertas impurezas, debe ser clarificado a través del uso de filtros, separadores o centrifugas antes de ser almacenado (Ixtaina, 2010).

#### 4.4. Métodos empleados para determinar la calidad de los aceites

La identidad y composición de un aceite está determinada por su pureza, autenticidad y calidad. Para Evaluar la calidad de un aceite existen varios ensayos sensoriales y físico-químico con el fin de identificar y cuantificar los componentes presentes en la misma (Arriola y Monjaras, 2017).

#### **4.4.1. Parámetros sensoriales**

El análisis sensorial de un producto consiste en una valoración cualitativa de sus caracteres organolépticos (apariencia, olor, sabor y textura) a través de los sentidos. Por lo tanto, su determinación es fundamentalmente subjetiva. La evaluación tiene como finalidad medir el grado de aceptación o rechazo de un producto por parte del consumidor. Cada percepción dependerá del sujeto, espacio y tiempo (Hernández E, 2005 citado por (Hernández M, 2013).

En la industria, los análisis sensoriales de los aceites se realizan de manera organizada y rutinaria por personal capacitado para detectar pequeñas concentraciones de los aldehídos, cetonas, etc., generados en la autooxidación y característicos de la rancidez; sin embargo, los resultados son poco precisos y muy subjetivos. Por esta razón, se deben realizar análisis físico-químico en el aceite para comprender mejor su composición (Badui, 2016).

#### **4.4.2. Parámetros fisicoquímicos**

Actualmente existen varias normativas como la AOCS (American Oil Chemists Society), ISO (International Organization for Standardization) y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN “Grasas y Aceites Comestibles”, para determinar los parámetros fisicoquímicos vinculados con la calidad de los aceites y grasas, tales como pureza, grado de frescura, autenticidad, valor nutricional, entre otros. Las mismas que ayudan a establecer el uso, precio y si serán adecuados para su mercado de consumo (Lino y Zambrano, 2021).

##### **4.4.2.1. Densidad relativa.**

Es una propiedad física que expresa la relación que existe entre la masa de un volumen dado de una sustancia y la de otra sustancia de referencia, en consecuencia, es una magnitud adimensional (sin unidades). En un aceite dado, su valor es constante cuando está puro o fresco, pero puede verse afectado por la edad, la rancidez y cualquier tratamiento especial que se le haga al aceite (Mojica et al., 2017).

##### **4.4.2.2. Índice de peróxido.**

El índice de peróxido se expresa como los miliequivalentes de oxígeno activo presente en 1 Kg de aceite o grasa. De esta forma es posible determinar la rancidez oxidativa de los productos grasos. La rancidez oxidativa implica transformaciones químicas causadas



por la exposición al aire y al efecto catalítico de distintos agentes como metales, radiaciones, calor y humedad (Grasso, 2013).

La unión de oxígeno sobre los aceites forma diversos compuestos; entre ellos, se encuentran los hidroperóxidos o peróxidos, que se consideran los primeros productos de la oxidación los cuales provocan importantes cambios organolépticos. Sánchez y Figueroa (2013) indican que en un aceite fresco los valores serán menores a uno, y cuanto mayor sea el efecto de oxidación en el aceite, mayor será el valor de peróxidos.

#### **4.4.2.3. Índice de acidez.**

El índice de acidez se define como los miligramos de hidróxido de sodio o de potasio necesarios para la neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 gramo de grasa o aceite, de igual forma se puede expresar como el porcentaje del ácido graso predominante (Guillén, 2016).

La acidez en sustancias grasas es muy variable. Generalmente en las grasas frescas o recién procesadas, el contenido de ácidos grasos libres puede llegar a ser nulo o muy bajo, pero en el caso en que el producto oleaginoso o graso, no se encuentre protegido contra el aire o la luz, éste comienza a envejecer, por lo que su acidez incrementa lentamente al inicio, hasta llegar a hacerlo con cierta rapidez posteriormente. De tal modo que cuanto menor sea la acidez de un aceite, mejor serán sus cualidades intrínsecas (Sánchez y Figueroa, 2013).

#### **4.4.2.4. Índice de yodo.**

El índice de yodo es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa o aceite. Se expresa como el número de gramos de yodo absorbido por 100 gramos de muestra. Por tanto, el índice será mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa o aceite. Además, depende del solvente, el halógeno y de condiciones externas (Peralta y Delgado, 2019).

De acuerdo con Ugarte (2021) un bajo índice de yodo en aceites implica la presencia de pocos enlaces insaturados y, por lo tanto, una baja susceptibilidad a la ranciedad oxidativa. A partir de parámetro, se puede identificar y estimar la aplicación adecuada del aceite en función de las propiedades que este pueda conferir.

#### **4.4.2.5. Índice de saponificación.**

Se define como los miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1 gramo de grasa o aceite bajo condiciones específicas. Es una medida de la cantidad de triglicéridos y la composición de los ácidos grasos presentes en una muestra (Peralta y Delgado, 2019). Cuanto mayor sea el valor de saponificación, menor será el peso molecular de todos los ácidos grasos. Este índice varía entre 160 y 250. Para los aceites vegetales, en general, oscila alrededor de 190 (Gutarra y Vargas, 2018).

#### **4.5. Costos de producción**

Son los gastos necesarios para mantener y lograr el propósito de un proyecto, línea de producción o equipos de funcionamiento. De esta manera los costos de producción son aquellos rubros que representan la transformación de la materia prima para obtener un producto final con ayuda de mano de obra directa e indirecta, además de los costos de gestión para llevar a cabo el proceso producción (Arias, 2020 citado por Correa, 2022).

En este sentido, estudia la relación entre costos, beneficios y volúmenes de producción, así como el grado de eficiencia y productividad para permitir la planificación y el control de la producción, toma de decisiones sobre los precios, entre otros aspectos (Mejia, 2020).

##### **4.5.1. Costos fijos**

Según Pacheco (2019) son aquellos costos que permanecen constantes dentro de un periodo determinado, siendo independientes del volumen de producción, como son los impuestos, depreciación de equipos, arrendamiento de la planta, salarios, entre otros.

##### **4.5.2. Costos variables**

Estos costos guardan dependencia importante con los volúmenes de producción y el volumen de ventas, entre estos están: materia prima, mano de obra directa, envases, etiquetas, etc., (Morales et al., 2017).

## 5. Metodología

### 5.1. Ubicación

La ejecución de la investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Poscosecha de frutas y hortalizas, Bromatología y Suelos, y, Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja. En el primero de ellos se desarrolló actividades como: recepción, selección y descascarillado de la materia prima. Para el proceso de extracción, análisis físico-químico de la materia prima y del producto terminado se realizó en el laboratorio de Bromatología y Suelos, mientras que el proceso del centrifugado del aceite se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis Químico de la UNL, tal como se muestra en la Figura 3.

La matriz de la Universidad Nacional de Loja se encuentra ubicada en la ciudad de Loja, ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” cuyas coordenadas geográficas UTM se encuentra a 4° 02' 04.4520" latitud Sur y 79° 12' 07.3440" longitud Oeste.

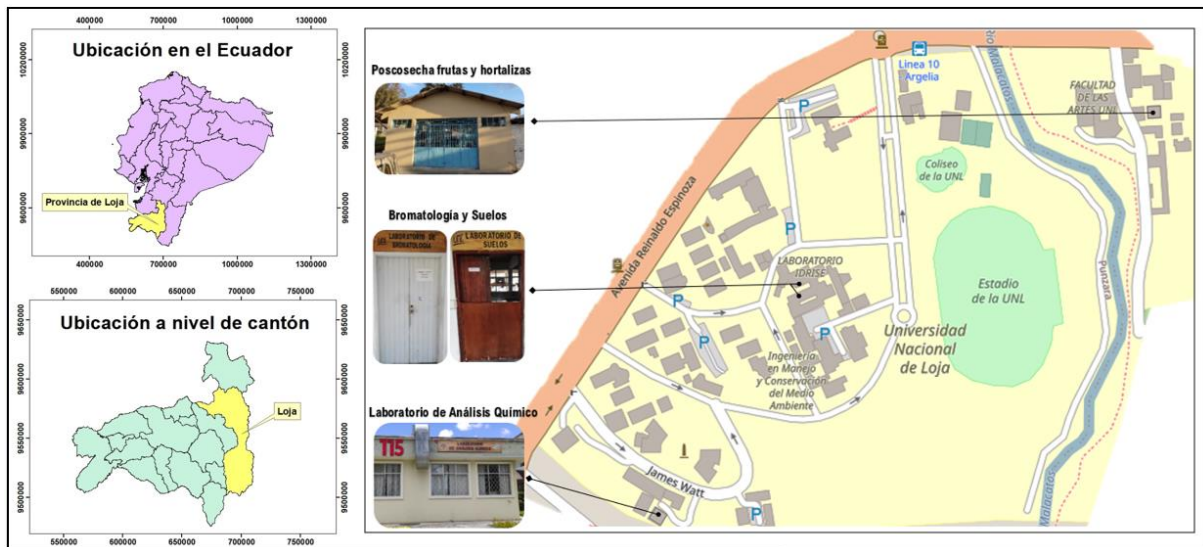


Figura 3. Áreas de investigación dentro de la matriz de la Universidad Nacional de Loja  
Fuente: El autor

### 5.2. Materiales

#### 5.2.1. Materiales y equipos de laboratorio

Los materiales y equipos necesarios para realizar los ensayos de la extracción y análisis de calidad fueron los siguientes: vasos precipitados de 25, 50, 250 y 500 ml, matraz de 250 y 500 ml, probeta graduada de 100 y 1 000 ml, pipetas graduada de 1 y 10 ml, pipetas aforadas de 20 y 25 ml, bureta de 25 ml, balón aforado de 25, 250 y 500 ml, crisoles de porcelana y vidrio, cápsulas de vidrio, frascos ámbar de 250 ml, agitador de vidrio, papel Parafilm Bemis, picnómetro de 50 ml, termómetro de mercurio de rango 0 a 120 °C, agitador

magnético (Corning PC 320 Hotplate Stirrer) con un rango de velocidad entre 60 – 1 100 rpm, cernidor de acero inoxidable, pH-metro digital marca Hanna Instruments con un rango de pH 0.0 a 14.0, desecador de la marca Pyrex, baño María marca MEMMERT, balanza analítica Marca OHAUS. Mod. E12140 de precisión  $\pm 0,1$  gramos, balanza METTLER, equipo Kjeldahl marca VELD SCIENTIFIC, mufla marca FURNACE modelo 1 300, equipo extractor de fibras marca VELD SCIENTIFIC modelo 6, estufa marca MEMMERT, prensa eléctrica extractora de aceite de la marca CGOLDENWALL, centrifuga de la marca Thermo Scientific CL30.

### **5.2.2. Reactivos de laboratorio**

Los reactivos para realizar las pruebas físico-químicas son: alcohol etílico al 95 %, éter de petróleo (36 a 60 °C), ácido clorhídrico al 37,3 %, dicromato de potasio 294,21 g mol<sup>-1</sup>, ácido acético glacial al 99,7 %, cloroformo (99 a 99,4 %), tiosulfato de sodio pentahidratado, hidróxido de sodio al 99 %, ácido sulfúrico 0,5 N, hidróxido de potasio al 86 %, tetracloruro de carbono (23 a 76,5 °C), fenolftaleína, almidón soluble (99 %), solución saturada de yoduro de potasio, solución de Wijs y agua destilada.

### **5.2.3. Insumos**

Para realizar los ensayos de la extracción y calidad del aceite de moringa se utilizaron los siguientes insumos: 4 kg de semilla de moringa oleífera proveniente del Cantón Zapotillo, bolsas de polipropileno de 4 kg para la recolección, papel aluminio, papel secante, cinta adhesiva, tijera.

### **5.2.4. Materiales y equipos de oficina**

En la presente investigación los materiales de oficina que se emplearon son los siguientes: computadora portátil, impresora, libreta, calculadora, esferográficos, cámara fotográfica e internet.

## **5.3. Diseño estadístico**

El diseño estadístico aplicado se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) utilizando Statgraphics Plus para Windows 5.1., y las pruebas de comparación de medias se llevó a cabo utilizando Fisher (prueba LSD con 95% de nivel de significancia). Se consideró realizar 3 repeticiones para la determinación del rendimiento.

## 5.4. Metodología por objetivos

### 5.4.1. Metodología para el primer objetivo

*Determinar los parámetros óptimos para la extracción de aceite de moringa por el método mecánico.*

#### 5.4.1.1. Caracterización de las semillas de moringa (*moringa oleífera*).

Una vez recolectadas y clasificadas las semillas se procedió a evaluar la calidad de las mismas considerando los siguientes análisis:

##### 5.4.1.1.1. Análisis organolépticos.

En este análisis se evaluaron los atributos de color, olor y textura empleando la siguiente escala hedónica de cinco puntos descritos en la Tabla 4, donde se consideró a 5 personas para la respectiva evaluación, y a cada una se le entregó 25 g de semillas descascarillas y una hoja para el respectivo registro (anexo 1).

**Tabla 4**

*Escala hedónica de 5 puntos para la evaluación organoléptica de la semilla de moringa (*moringa oleífera*)*

Valoración de la escala	Atributos organolépticos		
	Color	Olor	Textura
5	Blanco cremoso	Inodoro	Muy dura
4	Blanco	Levemente oloroso	Dura
3	Ligeramente amarillento	Ligeramente oloroso	Poco dura
2	Amarillento	Oloroso	Blanda
1	Marrón claro	Muy oloroso	Muy blanda

Fuente: El autor

##### 5.4.1.1.2. Análisis químico proximal.

El análisis de la composición nutricional o proximal de la materia prima se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología y Suelos. La determinación del porcentaje de humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra cruda se realizó mediante los procedimientos descritos por las normas Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016).

A continuación, se describe los procedimientos que fueron empleados para realizar los análisis antes señalados.

### ***Porcentaje de humedad***

Para determinar el contenido de humedad se realizó a través del método gravimétrico de acuerdo con la norma AOAC 934.01. Se fundamenta en la pérdida de agua hasta peso constante, el procedimiento se detalla en el anexo 2.

### ***Determinación de grasa***

El procedimiento para la determinación del contenido de grasas se llevó a cabo siguiendo el método de la AOAC 948.22 según el método de Soxhlet. El proceso se lo describe detalladamente en el anexo 3.

### ***Determinación de proteína***

El contenido de proteína se determinó a través del método de Kjeldahl siguiendo el procedimiento descrito en la norma AOAC 2001.11, la cual consiste en 3 etapas: digestión, destilación y titulación, los cuales se encuentran descritos en el anexo 4.

### ***Determinación de cenizas***

La determinación de este parámetro se realizó siguiendo la norma INEN 520, en base al residuo obtenido después de incinerar la muestra a  $(550 \pm 15 \text{ }^\circ\text{C})$  en una mufla. El proceso se lo detalla en el anexo 5.

### ***Determinación de fibra cruda***

El análisis de fibra cruda se realizó de acuerdo con la norma INEN 522, basado en la pérdida por calcinación del residuo seco que queda después de la digestión de la muestra con soluciones de hidróxido de sodio y ácido sulfúrico en condiciones específicas, cuyo procedimiento se detalla en el anexo 6.

#### **5.4.1.2. Proceso de extracción del aceite de moringa por el método mecánico.**

El proceso de extracción de aceite de moringa por el método mecánico se describe en el siguiente flujograma de la Figura 4.

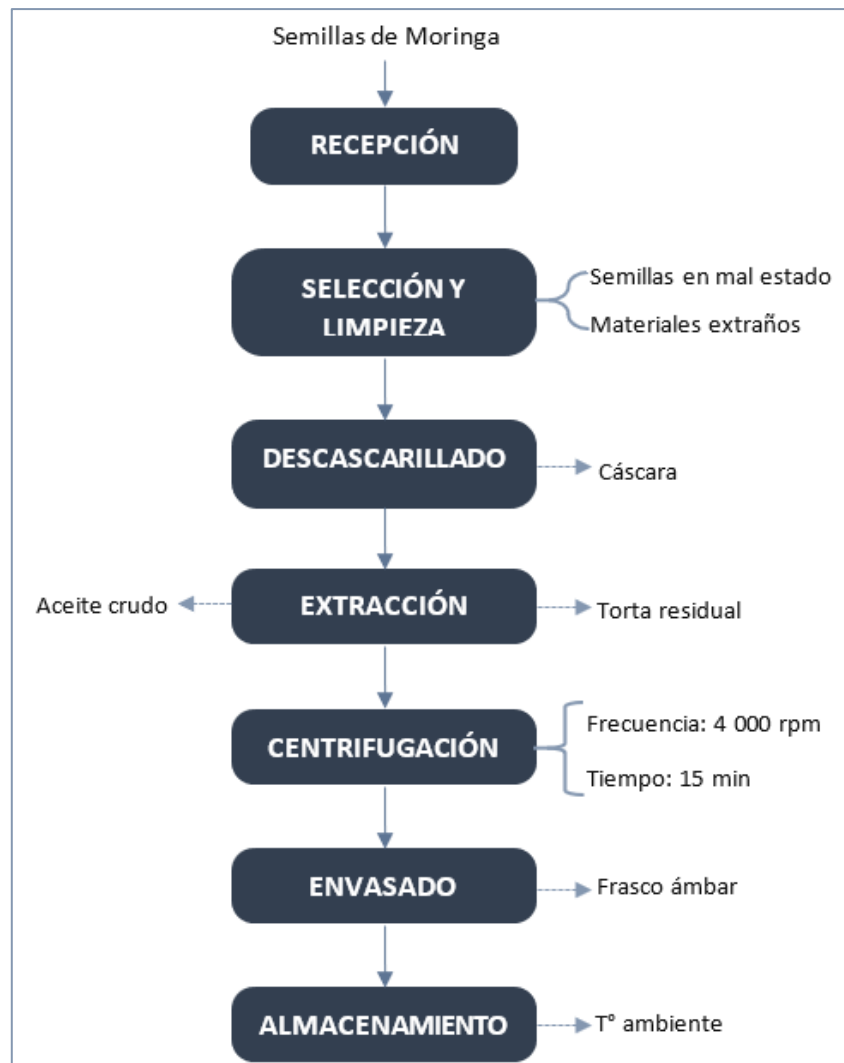


Figura 4. Proceso de extracción de aceite de moringa por el método mecánico

A continuación, se describe el proceso de extracción descrito en la Figura 4.

#### **5.4.1.2.1. Recepción de materia prima.**

Para la recepción, las semillas de moringa oleífera se recibieron en bolsas de polipropileno con un contenido de humedad menor al 10 % dentro del laboratorio de Postcosecha de frutas y hortalizas.

#### **5.4.1.2.2. Selección y limpieza.**

La materia prima fue seleccionada y clasificada de forma manual tomando en cuenta las semillas en buen estado, descartándose aquellas peladas, quebradas o con materiales extraños como piedrecillas, restos de cáscaras, hojas, tierra, etc.

#### **5.4.1.2.3. Descascarillado.**

El proceso de descascarillado se efectuó de manera manual ejerciendo una leve presión sobre la misma con ayuda de un mortero, posteriormente se procedió a separar por

un lado las cáscaras y por otro, las semillas dejándolas listas para el proceso de extracción y los análisis de calidad.

#### **5.4.1.2.4. Extracción.**

Para la extracción del aceite se utilizó una prensa-expeller a escala laboratorio de la marca CGOLDENWALL. La prensa utiliza un tornillo, que empujan las semillas, las cuales son sometidas a una alta presión que, acompañado por el roce contra la pared interior del cilindro produce la extracción del aceite. El aceite fluye a través de los orificios que existen a un extremo del cilindro, al mismo tiempo que elimina los residuos en forma de torta por la parte exterior de la boquilla.

Las condiciones operacionales del prensado se determinaron con relación al tiempo de calentamiento del equipo previo a la extracción. Para ello se seleccionó 4 tratamientos para determinar el tiempo óptimo de extracción, para lo cual se utilizó rangos de 5 minutos para cada tratamiento, tal como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Tiempos de variación para el proceso de extracción*

<b>Tratamientos</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>
T <sub>1</sub>	15
T <sub>2</sub>	20
T <sub>3</sub>	25
T <sub>4</sub>	30

#### **5.4.1.2.5. Centrifugación.**

En esta fase se logró separar el aceite crudo de ciertos sólidos o impurezas de la torta que son retenidos durante el proceso de extracción. De acuerdo con Fernández (2018) las condiciones para centrifugar a 4 000 rpm en un tiempo de 15 minutos permiten obtener un aceite totalmente transparente y libre de impurezas.

#### **5.4.1.2.6. Envasado.**

El aceite libre de impurezas se envasó en frascos color ámbar y se rotulo para su futura identificación.



#### 5.4.1.2.7. Almacenamiento.

Finalmente, el aceite se almacenó a una temperatura ambiente y en un lugar que no le dé la luz de forma directa con el propósito de conservar las propiedades.

#### 5.4.1.3. Determinación del rendimiento del aceite de moringa.

La determinación del rendimiento se efectuó en base a la cantidad de aceite obtenido y la cantidad de materia prima utilizada en el proceso de extracción. Así, para cada tratamiento descrito en la Tabla 5, se utilizaron 200 g de semillas descascarilladas, el aceite obtenido se centrifugó y se determinó el porcentaje de aceite extraído por diferencia de peso. Para el cálculo del rendimiento se utilizó la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de extracción de aceite} = \frac{\text{masa de aceite extraído (g)}}{\text{masa de semilla (g)}} * 100$$

#### 5.4.1.4. Caracterización organoléptica del aceite de moringa.

Para este análisis se tomó en cuenta los atributos de color, olor y sabor; para ello se consideró a 5 personas (catadores), y a cada una se le entregó una muestra por cada tratamiento y una hoja donde se registró la calificación (anexo 7), a cada catador se le entregó una muestra de 15 ml de aceite para la respectiva evaluación correspondiente a los atributos organolépticos antes mencionados, el cual fue completado en base a una calificación, usando la escala hedónica numérica de cinco puntos que se presenta en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Escala hedónica utilizada para la evaluación organoléptica del aceite de moringa*

Valoración escala	Atributos organolépticos		
	Color	Olor	Sabor
5	Amarillo - dorado traslúcido	Muy agradable	Muy agradable
4	Amarillo - dorado claro	Agradable	Agradable
3	Amarillo - dorado pálido	Ni me agrada ni me desagrada	Ni me agrada ni me desagrada
2	Amarillo dorado opaco	Desagradable	Desagradable
1	Amarillo dorado muy opaco	Muy desagradable	Muy desagradable

#### **5.4.1.5. Establecer los parámetros óptimos para la extracción de aceite por el método mecánico.**

Para determinar los parámetros óptimos para la extracción del aceite de moringa se tomó en cuenta los resultados en función del tiempo de calentamiento del equipo, así como el rendimiento y las características organolépticas del aceite.

#### **5.4.2. Metodología para el segundo objetivo**

*Evaluar la calidad del aceite de moringa mediante los índices yodo, peróxido y acidez.*

##### **5.4.2.1. Parámetros físico-químicos del aceite de moringa.**

Una vez obtenido el aceite a partir de las semillas de moringa tomando en cuenta el mejor tratamiento de extracción, se procedió a caracterizarlo mediante los análisis físico-químicos considerando las técnicas propuestas por la Norma INEN “Grasas y Aceites Comestibles”, de los cuales se realizaron: densidad relativa y los índices de peróxido, acidez, yodo y saponificación. Además, es importante señalar que estos análisis se realizaron por triplicado con el fin de validar los resultados obtenidos. A continuación, se presentan las metodologías de los análisis antes mencionados.

##### **5.4.2.1.1. Determinación de la densidad relativa a 25 °C.**

Se realizó mediante el método establecido en la Norma NTE INEN 035 (anexo 9). Para esta prueba se utilizó agua destilada como compuesto de referencia y el aceite de moringa como muestra específica. Se realizó por medio de un picnómetro, el cual fue pesado a vacío en la balanza analítica, luego se añadió agua destilada al picnómetro, recientemente hervida y enfriada a 20 °C y se sumergió en baño de agua a  $25 \pm 2$  °C durante 30 minutos, luego se pesó. De la misma forma se procedió con el aceite.

Después que se obtuvo los tres diferentes pesos se aplicó la siguiente ecuación para determinar la densidad relativa:

$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

Siendo:

$d_{25}$  = densidad relativa a 25°C

$m$  = masa del picnómetro vacío, en gramos.

$m_1$  = masa del picnómetro con agua destilada, en gramos.

$m_2$  = masa del picnómetro con muestra, en gramos.

#### **5.4.2.1.2. Índice de peróxido.**

Para este índice se tomó como referencia la Norma NTE INEN 277 (anexo 10) con ciertas modificaciones. En un matraz de 250 cm<sup>3</sup> se pesó 5 gramos de aceite, al cual se le adicionó 30 ml de la solución ácido acético y cloroformo (3:2) y se agitó hasta disolver completamente la porción de ensayo, luego se añadió 0,5 ml de la solución saturada de yoduro de potasio. Posterior a ello se tapó el matraz agitándolo durante 1 minuto, para luego dejarlo reposar por 5 min en un lugar oscuro. Transcurrido ese tiempo, se agregó 30 ml de agua destilada, y finalmente se añadió 0,5 ml de solución indicadora de almidón y se tituló al 0,001 N de tiosulfato de sodio con agitación constante hasta observar ausencia de color.

Este mismo procedimiento se utilizó en la determinación del blanco (sin la muestra de aceite). El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{vN}{m} 1\,000$$

Siendo:

$I$  = índice de peróxido en meq. de O<sub>2</sub> por kilogramo del producto.

$v$  = volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra, en cm<sup>3</sup> (corregido del blanco).

$N$  = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

$m$  = masa de la muestra analizada, en gramos.

#### **5.4.2.1.3. Índice de acidez.**

Se determinó según el método establecido por la Norma NTE INEN 038 (anexo 11), para lo cual se pesó 10 g de aceite en un matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup>, luego, se agregó 100 ml de etanol neutralizado y se agitó hasta la completa disolución del aceite.

Finalmente, la mezcla se tituló con una solución estandarizada de NaOH 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 aceite se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$A = \frac{M \cdot V \cdot N}{10 m}$$

Siendo:

A = acidez del producto, en porcentaje de masa (expresado en ácido oleico).

M = masa molecular del ácido usado para expresar el resultado (282 g mol<sup>-1</sup>).

V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

m = masa de la muestra analizada, en gramos.

Y, para el índice de acidez se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$i = \frac{56,1 V \cdot N}{m}$$

Siendo:

i = índice de acidez del producto, en mg g<sup>-1</sup>.

V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

m = masa de la muestra analizada, en gramos.

#### **5.4.2.1.4. Índice de yodo**

Para la determinación de este índice se empleó el procedimiento descrito en la norma NTE INEN 037 (anexo 12), que consistió en pesar 0,20 g de aceite en un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> con tapón de vidrio esmerilado, a continuación, se agregó 20 ml de tetracloruro de carbono y se agitó hasta que la porción de ensayo estuvo completamente disuelta, luego se añadió 25 ml de la solución de Wijs y se agitó hasta mezclarla, e inmediatamente se dejó reposar durante 1 hora en condiciones de oscuridad; una vez, transcurrido ese tiempo, se agregó 20 ml de solución de yoduro de potasio al 15 % y 100 ml de agua destilada; finalmente, se tituló con una solución al 0,1 N de tiosulfato de sodio, con agitación constante y vigorosa hasta un color amarillo muy tenue, seguidamente se agregó 1 ml de solución de almidón al 1 % como indicador y se continuó titulando hasta que el color azul desapareció.

Así mismo, se realizó una determinación en blanco (sin aceite) en la que se siguió el mismo procedimiento. El índice de yodo se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{12,69 (V - V_1)N}{m}$$

Siendo:

$i$  = índice de yodo de la muestra, en  $\text{cg g}^{-1}$ .

$V$  = media aritmética de los volúmenes de solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de los ensayos, en  $\text{cm}^3$

$V_1$  = volumen de solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra, en  $\text{cm}^3$ .

$N$  = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

$m$  = masa de la muestra analizada, en gramos.

#### **5.4.2.1.5. Índice saponificación.**

Se realizó mediante la Norma NTE INEN 040 (anexo 13), para lo cual se pesó en un matraz de 250  $\text{cm}^3$  aproximadamente 2,5 gramos de muestra de aceite, a continuación, se agregó 25 ml de solución etanólica de hidróxido de potasio y se agitó hasta disolver; luego se llevó a ebullición adaptando el matraz con la muestra a un condensador de reflujo por el tiempo de 60 minutos, luego, se retiró de la fuente de calor agregando 3 o 4 gotas de fenolftaleína y se valoró la solución aún caliente con una solución de ácido sulfúrico 0,5 N hasta la desaparición del color rosa. Este mismo procedimiento se aplicó para la determinación del blanco.

El índice de saponificación se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$i = \frac{56,1 (V_1 - V_2)N}{m}$$

Siendo:

$i$  = índice de saponificación del producto, en  $\text{mg g}^{-1}$ .

$V_2$  = volumen de solución de ácido sulfúrico empleado en la titulación, en  $\text{cm}^3$

$V_1$  = volumen de solución de ácido sulfúrico empleado en la titulación del ensayo en blanco, en  $\text{cm}^3$ .

$N$  = normalización de la solución de ácido clorhídrico o sulfúrico.

$m$  = masa de la muestra analizada, en gramos.

### **5.4.3. Metodología para el tercer objetivo**

*Determinar los costos de producción y precio venta del aceite de moringa*

#### **5.4.3.1. Costos de producción.**

Una vez definido el mejor tratamiento de extracción de aceite de moringa se procede a determinar los costos de producción donde se consideran aquellos costos fijos tales como: luz, arriendo, mantenimiento y depreciación de los equipos; y los costos variables que comprende las semillas de moringa, envases y mano de obra directa para producir 500 ml de aceite.

#### **5.4.3.2. Precio de venta.**

Se partió del valor que resulto de los costos de producción y a este se le sumo el margen de ganancia para la venta del producto (25 %).

## 6. Resultados

### 6.1. Determinación de los parámetros óptimos para la extracción de aceite moringa por el método mecánico

#### 6.1.1. Caracterización de las semillas de moringa (*moringa oleífera*)

Los resultados obtenidos del análisis organoléptico y proximal se detallan a continuación:

##### 6.1.1.1. Análisis organoléptico.

En la Tabla 7, se indican los resultados del análisis organoléptico que se obtuvieron de la semilla de moringa, aplicando la escala hedónica de 5 puntos anteriormente descrita en la Tabla 4, donde se tiene para el atributo color una valoración de 5 correspondiente a blanco cremoso; respecto al olor, este se encuentra entre levemente oloroso e inodoro con un valor de 4,40; y, para la textura se tiene un valor de 4,20 que corresponde entre dura y muy dura.

**Tabla 7**

*Análisis organolépticos de las semillas de moringa oleífera*

Atributo	Valor
Color	5,00 ± 0,00
Olor	4,40 ± 0,55
Textura	4,20 ± 0,45

##### 6.1.1.2. Análisis químico proximal.

En la Tabla 8, se presenta la composición química proximal de las semillas de moringa.

**Tabla 8**

*Análisis proximal de las semillas de moringa oleífera*

Parámetro	Contenido (%)
Humedad	6,63
Grasa cruda	44,68
Proteína	26,42
Ceniza	4,00
Fibra cruda	13,40

### 6.1.2. Proceso de extracción de aceite de moringa por el método mecánico.

El proceso para la extracción se llevó a cabo de acuerdo con lo descrito en el punto 5.4.1.2 y la Figura 4; además en el anexo 13 se muestran las fotografías de cada paso.

### 6.1.3. Determinación del rendimiento del aceite de moringa

En la Tabla 9 se muestran los resultados correspondientes a los rendimientos de aceite de moringa obtenidos por los cuatro tratamientos a diferentes tiempos de calentamiento de la prensa-expeller, donde se observa un menor rendimiento para el T<sub>1</sub> con un 4,35 % a un tiempo de 15 min, mientras que el T<sub>2</sub> a 20 min el rendimiento es de 24,98 %; para el caso del T<sub>3</sub>, el rendimiento fue mayor con un 27,27 % a un tiempo de 25 min y para el T<sub>4</sub> el rendimiento disminuye a 23,46 % a los 30 min. Estos resultados se corroboraron mediante un análisis estadístico el cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos durante el tiempo de calentamiento del equipo, con un nivel de confianza del 95 %.

**Tabla 9**

*Rendimiento del aceite de semillas de moringa de los diferentes tratamientos*

Tratamientos	Tiempo (minutos)	Peso de la semilla (g)	Peso del aceite (g)	Rendimiento (%)
T <sub>1</sub>	15	200	8,70 ± 0,47	4,35 ± 0,24 a
T <sub>2</sub>	20	200	49,95 ± 0,30	24,98 ± 0,15 c
T <sub>3</sub>	25	200	54,53 ± 0,32	27,27 ± 0,16 d
T <sub>4</sub>	30	200	46,92 ± 0,48	23,46 ± 0,24 b

**a-d:** diferentes superíndices que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ( $p < 0.05$ )

En la Figura 5, se observa la tendencia que toma la curva por la influencia del tiempo de calentamiento de la prensa sobre los rendimientos obtenidos en la Tabla 9.

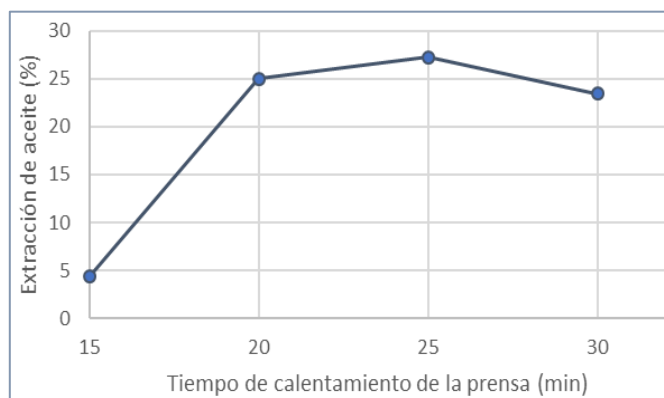


Figura 5. Influencia del tiempo de calentamiento de la prensa sobre el rendimiento



#### 6.1.4. Caracterización organoléptica del aceite de moringa.

En la Tabla 10 se presentan los resultados de la caracterización organoléptica del aceite de moringa para los diferentes tratamientos, aplicando la escala hedónica numérica de 5 puntos descrita previamente en la Tabla 6. De tal manera, que para el atributo color se tiene valores entre 4,80 a 5 que corresponde amarillo dorado claro (4) y amarillo dorado traslucido (5), y, por otro lado, para los atributos de olor y sabor, los valores varían de 4,80 a 5 correspondiendo a las calificaciones de agradable (4) y muy agradable (5).

**Tabla 10**

*Caracterización organoléptica del aceite de moringa de los diferentes tratamientos*

Tratamientos	Atributos organolépticos		
	Color	Olor	Sabor
T <sub>1</sub>	4,80 ± 0,45	4,80 ± 0,55	4,80 ± 0,45
T <sub>2</sub>	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00	4,80 ± 0,45
T <sub>3</sub>	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
T <sub>4</sub>	4,80 ± 0,45	4,80 ± 0,45	4,80 ± 0,45

Los resultados antes obtenidos se contrastan con el análisis estadístico en el que se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de confianza del 95 %.

#### 6.2. Evaluación de la calidad del aceite de moringa a través de los parámetros físico-químicos

Para el análisis de calidad del aceite de moringa se tomó el tratamiento T<sub>3</sub>, con el cual se obtuvo el mayor rendimiento comprobado en el análisis estadístico antes mencionado en el punto 5.3. En la Tabla 11 se presentan los valores promedio de la evaluación de las propiedades físico-química del aceite.

**Tabla 11**

*Características físico-químicas del aceite de moringa correspondiente al tratamiento T<sub>3</sub>*

Parámetro de calidad	Unidad	Valor*
Densidad relativa	25 °C/ 25 °C	0,91 ± 0,00
Índice de peróxido	mEq. O <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> aceite	0,08 ± 0,00
Índice de acidez	Mg KOH g <sup>-1</sup> aceite	0,85 ± 0,02

Grado de acidez	% de ácido oleico	0,43 ± 0,01
Índice de yodo	Cg g <sup>-1</sup>	75,02 ± 0,18
Índice de saponificación	Mg KOH g <sup>-1</sup> aceite	176,79 ± 0,45

\*Valores promedios ± desviación estándar

### 6.3. Determinación de los costos de producción y precio venta del aceite de moringa

A continuación, en la Tabla 12 se presentan los resultados de los costos de producción y el precio de venta para producir 500 ml de aceite de moringa, sumado a esto un margen de ganancia del 25 %.

**Tabla 12**

*Resultados de los costos de producción para la extracción de aceite de moringa*

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
<b>Costos fijos</b>					
1	Luz	Kwh	0,006	0,1520	0,0009
2	Arriendo	min	10,00	0,0046	0,0460
3	Depreciación de equipos:				
	Prensa CGOLDENWALL	min	15,00	0,0021	0,0315
	Centrifuga THERMO SCIENTIFIC CL30	min	30,00	0,0028	0,0829
				Subtotal	0,1612
<b>Costos variables</b>					
1	Semillas de moringa	kg	1,67	15,0000	25,0500
2	Bolsas de polipropileno	U	2,00	0,0200	0,0400
3	Agua	L	4,00	0,0003	0,0012
4	Envases (frasco ámbar 500 ml)	U	1,00	1,0000	1,0000
5	Mano de obra directa	min	125,00	0,0473	5,9160
				Subtotal	32,0072
				Total	32,1684
				Utilidad (25 %)	8,0421
				Precio de venta (USD)	<b>40,0493</b>

## 7. Discusión

### 7.1. Determinación de los parámetros óptimos para la extracción de moringa por el método mecánico

#### 7.1.1. Análisis organoléptico de las semillas de moringa oleífera.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación organoléptica, se tiene que el color de la semilla de moringa es blanco cremoso, este resultado coincide a lo reportado por Pérez et al. (2010) quienes señalan que los frutos de la moringa en su interior tienen una semilla blanca cremosa, debido a que en la fase de maduración los cotiledones cambian de color verde claro a blanco cremoso. En cuanto al olor, el valor encontrado (4,40) corresponde a levemente oloroso e inodoro y según Avira et al. (2013) es característico de la especie; y respecto a la textura se tuvo un valor de 4,20 correspondiente a entre dura y muy dura, que de acuerdo con Zhang et al. (2021) mencionan que las semillas poseen una cubierta denominada testa la cual le confiere ese grado de dureza. Helene (2015), por su parte, indica la importancia de la textura de las semillas oleaginosas, pues al ser dura permite conservar las propiedades internas de las semillas.

#### 7.1.2. Análisis químico proximal de las semillas de moringa oleífera.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 8, el análisis químico proximal para el contenido de humedad de las semillas de moringa es de 6,63 %, lo cual se debe al carácter higroscópico de las semillas oleaginosas en general y de forma particular la moringa (menor al 10 %); valores similares fueron reportados por Gabriel (2019) y Fernández (2018) quienes obtuvieron 6,30 % y 7,80 %, respectivamente en cuanto al porcentaje de humedad. En el caso del contenido de aceite (expresado en grasa cruda) contiene 44,68 %, este valor fue superior a los valores de 39,12 % y 41,70 % reportados por Liang et al. (2019) y Gharsallah et al. (2021), estas diferencias pueden explicarse por la influencia de diversos factores tales como: condiciones geográficas y/o ambientales del lugar de procedencia, los tratamientos postcosecha, así como las condiciones de almacenamiento y la etapa de madurez de la semilla.

Respecto al contenido proteico en las semillas de moringa se determinó un 26,42 %, que comparado con los valores obtenidos por Gabriel (2019), quien obtuvo un contenido de proteína de 27,60 %, se denota un valor respectivamente similar al obtenido en la investigación. Por otro lado, el contenido de cenizas es 4 %, este valor indica la cantidad de

minerales presentes en la semilla; igualmente, existen otras investigaciones donde han encontrado resultados similares, tal es así que, Gharsallah et al. (2021) y Fernández (2018) reportaron valores de 3,1 % y 3,8 % respectivamente en cuanto al contenido de ceniza. Finalmente, el porcentaje del contenido de fibra es 13,40 %, valor similar a lo encontrado por Pérez-Ángel et al. (2020) quienes obtuvieron para semillas descascarilladas de moringa un 13,63 %, lo cual indica de esta semilla una fuente alternativa en la elaboración de alimentos para animales y productos funcionales ricos en fibra (Douglas et al., 2004).

### **7.1.3. Determinación del rendimiento del aceite de moringa.**

La variación en los rendimientos obtenidos con los cuatro tratamientos de aceite de moringa se puede explicar por la relación que ejerce la temperatura para los diferentes tiempos de calentamiento de la prensa previo a la extracción.

Para los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$  y  $T_3$  se observó que a medida que aumenta la temperatura mejora el rendimiento de extracción, debido a la disminución de la viscosidad del aceite, favoreciendo su flujo (Adrianzén et al., 2011). Sin embargo, en el caso del  $T_4$  a medida que la temperatura aumentó el rendimiento disminuyó. Esto puede deberse a que el aumento de temperatura provocó un ablandamiento excesivo de los tejidos que trajo consigo la compactación de las semillas, que bajo esas condiciones tiende a retener aceite y disminuir la fricción, lo cual disminuye la efectividad de la prensa y, en consecuencia, el rendimiento (Savoire et al., 2012).

Con base en lo analizado anteriormente, se encontró que para el rendimiento del  $T_3$  fue mayor con el 27,27 %, lo cual se debe a la eficiencia que alcanza la prensa dado a la presión que ejerce el tornillo hacia las células de las semillas, las cuales llegan a expandirse más y es más fácil la ruptura de la membrana protectora de la célula, provocando mayor liberación del aceite de la semilla de moringa (Guiotto et al., 2014). Este mismo comportamiento se ha encontrado en otros investigadores, tal es así que, Alnadif et al. (2017) señala contenidos que oscilan entre el 25 – 42 % para aceite de moringa. Igualmente, Fakayode y Ajav (2016) utilizando el método de extracción por prensado mecánico, obtuvieron un rendimiento de 28,58 %, respectivamente, similar al obtenido en el  $T_3$ .

### **7.1.4. Caracterización organoléptica del aceite de moringa.**

Conforme con los resultados presentados en la Tabla 10, el aceite de moringa obtenido por los cuatro tratamientos en general presenta buenas propiedades sensoriales,

lo cual demuestra que el tiempo de calentamiento de la prensa, así como el centrifugado una vez extraído por el método mecánico no influyó en la aceptabilidad sensorial del aceite de moringa. Así, los valores para el atributo de color esta entre el 4,80 a 5 correspondientes a amarillo dorado claro a traslucido, caracterización similar a lo descrito por Díaz et al. (2021) quienes indican que el aceite extraído de las semillas de moringa es de color amarillo dorado claro a traslucido, debido a que fue centrifugado el aceite con el fin de remover cualquier partícula extraña que afecte negativamente a las características organolépticas. Por otro lado, los atributos de olor y sabor se encuentran dentro de la calificación de agradable (4) a muy agradable (5), que de acuerdo con Olaleye y Kukwa (2022) afirman que una correcta extracción evita la oxidación y le otorga al aceite de moringa un olor y sabor agradable.

#### ***7.1.5. Establecer los parámetros óptimos para la extracción de aceite por el método mecánico***

En base a los análisis realizados anteriormente, se define que el mejor tratamiento para la extracción de aceite por el método mecánico corresponde al T<sub>3</sub>, debido a que se puede obtener un mayor rendimiento de extracción de aceite, manteniendo las características organolépticas de calidad.

#### **7.2. Evaluación de calidad del aceite de moringa a través de los parámetros físico-químicos**

En la Tabla 11 se presentan los resultados de la evaluación de calidad del aceite de moringa, en este se puede observar que la densidad relativa a 25 °C es de 0,91, el cual indica que es un aceite ligero. Según Gutiérrez et al. (2011) esto se debe a la cantidad de ácidos grasos insaturados presentes en el mismo. Además, el valor obtenido se encuentra dentro del intervalo de 0,85-0,92 para aceites puros (Codex, 2019). Así mismo, otros autores encontraron un valor similar, tal es así que, Gharsallah et al. (2021) obtuvieron un valor de 0,916 para la densidad relativa (25 °C) en el aceite de moringa.

En cuanto al índice de peróxido, se encontró un valor relativamente bajo de 0,08 meq. O<sub>2</sub> Kg<sup>-1</sup>, por lo tanto, este valor constituye un indicador de alta resistencia a la oxidación, así mismo, se puede inferir que la materia prima empleada y las condiciones de almacenamiento y de extracción aplicadas fueron adecuadas (Douglas et al., 2004). El resultado obtenido guarda similitud con investigaciones realizadas por Tocto et al. (2015) y Montoya (2020) quienes indican valores de peróxido no detectables para el aceite de moringa mediante la extracción mecánica por tornillo. Además, algunos autores como

Godson et al. (2015) consideran que los aceites con valores superiores a  $2 \text{ meq O}_2 \text{ Kg}^{-1}$  son más susceptibles a la rancidez, por lo que el aceite de moringa obtenido es estable a los procesos de degradación, lo cual es una propiedad importante para fines alimenticios.

Respecto al índice de acidez, considerado como una medida del grado de descomposición del aceite, presenta un valor bajo de  $0,85 \text{ mg KOH g}^{-1}$ , lo que indica que es mucho más estable con el tiempo, además es importante resaltar que este valor se encuentra dentro de los parámetros establecidos para la industria alimenticia según la Codex Alimentarius, el cual señala un valor máximo de  $4 \text{ mg KOH g}^{-1}$  en los aceites vegetales (FAO y OMS, 1999).

Así mismo, el índice de acidez se expresa en porcentaje de ácido oleico, el mismo que predomina en el aceite de oliva, es por ello que para efecto de comparación y análisis entre estos dos aceites, se tomó en consideración la norma NTE INEN 29 (2012) donde establece un valor de acidez máximo del 0,50 % para el aceite de oliva; en el caso del aceite de moringa se obtuvo un valor de 0,43 %, lo cual indica que está dentro del límite máximo establecido y de acuerdo con Narváez (2021) este valor indica un deterioro no significativo en la calidad y particularmente en la composición del aceite. Igualmente, en literatura encontramos algunas investigaciones que evidencian lo antes descrito, tal es así que, Campas-Baypoli et al. (2014) y Rodríguez et al. (2012) obtuvieron valores de acidez para el aceite de moringa de 0,49 y 0,50 %, respectivamente; concluyendo que estos valores le confieren buena estabilidad frente a la oxidación, así como un deterioro retardado.

Por otra parte, se obtuvo un índice de yodo de  $75,02 \text{ cg g}^{-1}$ , cuyo valor se encuentra dentro del rango establecido en las normas Codex Alimentarius el cual establece valores máximos entre  $75-94 \text{ cg g}^{-1}$  para aceites en la industria alimenticia (FAO Y OMS, 1999). Por otro lado, Lafont et al. (2011) cataloga como un aceite no secante cuando se tiene un valor inferior a  $100 \text{ cg g}^{-1}$ , el cual le permite tener una mayor estabilidad en el almacenamiento, debido a su menor grado de insaturación y susceptibilidad a la oxidación (Coca et al., 2017). Del mismo modo, el resultado obtenido está dentro de lo reportado por Alnadif et al. (2017) quienes reportan valores entre  $66-85,3 \text{ cg g}^{-1}$  para el aceite de moringa mediante extracción mecánica.

Finalmente, el índice de saponificación es de  $176,79 \text{ mg KOH /g}$ , el cual se encuentra en buenas condiciones para su uso alimentario según el Codex Alimentarius el cual señala que para aceites rancios está a partir de los  $190 \text{ mg KOH g}^{-1}$  (FAO, 2001). De la misma

manera, el resultado obtenido se sitúa en el rango de 171,9 –191 mg KOH /g reportado para el aceite de la semilla de moringa (Mercado et al., 2021). Adicionalmente Gómez et al. (2016) determinó un valor de 172, 22 mg KOH g<sup>-1</sup> para este índice; con lo cual se corrobora que el resultado se encuentra dentro de los parámetros encontrados por otros autores.

### **7.3. Determinación de los costos de producción y precio de venta del aceite de moringa**

Los costos de producción para los 500 ml de aceite de moringa es de 32,17 dólares americanos, mientras que el precio de venta al público ascienden a 40,05 dólares americanos dentro del cual se considera un margen de utilidad del 25 %; al comparar este resultado con los precios del producto dentro de la localidad se observa una oportunidad de negocio, tal es así que la empresa Moristev ofrece aceite de moringa en presentación de 500 ml con un valor de venta de 90 dólares americanos; por ende, el producto de estudio, además, de presentar buenas características de calidad oferta un precio más accesible al consumidor. Por lo tanto, con esta investigación se puede demostrar que este producto es altamente rentable para el productor y representa una excelente oportunidad para emprender.

## 8. Conclusiones

Los parámetros óptimos para la extracción de aceite de moringa por el método mecánico fueron los que se aplicaron al tratamiento 3 (T<sub>3</sub>), debido a que se obtuvo el mayor rendimiento de extracción de aceite (27,27 %) y los mejores resultados en cuanto a las características organolépticas del aceite.

La evaluación de la calidad demostró que el aceite de moringa cumple con los criterios establecidos en diferencias normativas, tal es así que; los índices de yodo (75,02 cg g<sup>-1</sup>), peróxido (0,08 mEq. O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>) y acidez (0,85 mg KOH g<sup>-1</sup>), tiene valores inferiores o dentro de los límites para aceites comestibles, lo que le confiere estabilidad ante la degradación que sucede durante el almacenamiento.

Se determinó que los costos de producción para 500 ml de aceite de moringa son de 32,17 dólares americanos, mientras que el precio de venta al público asciende a 40,05 dólares americanos, considerando una utilidad del 25 %. Además, es importante mencionar que los precios de venta obtenidos en este estudio son inferiores a lo que expenden de la localidad (empresa Moristev 90 USD).

Mediante los resultados obtenidos en la presente investigación se contribuirá a potenciar el cultivo y aprovechamiento de la moringa (*moringa oleífera*), en especial de las semillas mediante la extracción de aceite por el método mecánico, el cual resulta eficiente y rentable para obtener aceite de calidad; y de esta manera constituya una nueva alternativa agroproductiva para los productores agropecuarios de la provincia de Loja y del país.



## **9. Recomendaciones**

Para complementar la investigación se recomienda realizar un perfil de ácidos grasos para saber su composición cualitativa y cuantitativa del aceite, además evaluar la estabilidad oxidativa del aceite para poder determinar su vida útil para fines comerciales.

Realizar un análisis elemental de la torta resultante de la extracción de aceite de las semillas de moringa, con el fin de determinar su composición y posible aplicación, contribuyendo así al aprovechamiento integral del fruto y poder dar algún valor agregado.

Durante el proceso de obtención de aceite, centrifugación y determinación de la calidad se debe tomar en cuenta las buenas prácticas de laboratorio, para asegurar que los resultados obtenidos no tengan desviaciones provocadas por factores externos a la investigación.

Con el fin de obtener un aceite de alta calidad, se sugiere realizar un adecuado proceso de poscosecha de la semilla de moringa como selección y limpieza, de modo que no afecte los valores de los análisis físico-químicos y se encuentren dentro de los límites normales para los aceites.

Considerando las referencias bibliográficas y las características que presenta las semillas de moringa, es necesario que se lleve a cabo otras investigaciones con la finalidad de aplicar esta materia prima en otras industrias.

## 10. Bibliografía

- Adrianzén, N., Rojas, C., y Luján, G. L. (2011). Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características físico-químicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío. *Agroindustrial Science*, 1(2), 46-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583457>
- Alberca, T. K. S., Huanca, V. M. A., y Esquivel, P. L. J. (2015). Evaluación del índice de estabilidad oxidativa del aceite de moringa (moringa oleífera) por el método Rancimat. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(2), 50-50. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/261>
- Alfaro, N. y Martínez, W. (2008). Rendimiento y uso potencial de Moringa oleífera Lam en la producción de alimentos de alto valor nutritivo para su utilización en comunidades de alta vulnerabilidad alimentario-nutricional de Guatemala. *Proyecto FODECYT, (26-2006), 1-135*.
- Alnadif, A. A. M., Mirghani, M. E. S., y Hussein, I. H. (2017). *Unconventional oilseeds and oil sources*. Academic Press.
- Arriola, G. y Monjaras, M. H. (2017). *Comprobación de pureza de los aceites comestibles de diferentes marcas comerciales en el área metropolitana* [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/161510>
- Aviara, N. A., Power, P. P., y Abbas, T. (2013). Moisture-dependent physical properties of Moringa oleifera seed relevant in bulk handling and mechanical processing. *Industrial Crops and Products*, 42, 96-104.
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos* (4ta Ed.). Pearson Educación.
- Beerens, P. (2007). *Prensado con tornillo de semillas de Jatropha para fines de combustible en países menos desarrollados* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Eindhoven]. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=f18b735df77e6bd7430907e999a746b9ea236c7a>
- Benitez, J., Vallejos, M., Area, M., y Felissia, F. (2014). Caracterización química y morfológica de Moringa oleífera para su aprovechamiento en biorrefinerías.1. Aptitud Papelera. *Proceedings of the VIII CIADICYP*, 389-396.

- Campas-Baypoli, O. N., Sanchez-Machado, D. I., Bueno-Solano, C., Escarcega-Galaz, A. A., y Lopez-Cervantes, J. (2014). Biochemical composition and physicochemical properties of *Moringa oleifera* seed oil. *Acta alimentaria*, 43(4), 538-546. <https://akjournals.com/view/journals/066/43/4/article-p538.xml>
- Chelliah, R., Ramakrishnan, S., y Antony, U. (2017). Nutritional quality of *Moringa oleifera* for its bioactivity and antibacterial properties. *Revista internacional de investigación alimentaria*, 24(2), 825.
- Coca, V., Torres, E, Terán., Chuquilín, C., y Sánchez, J. (2017). Extracción del aceite crudo de la semilla de lúcuma (*Pouteriaobovata*) mediante N-Hexano y Éter de petróleo. *Big Bang Faustiniiano*, 6(3). <https://doi.org/10.51431/bbf.v6i3.172>
- Correa, J. A. (2022). *Determinación de los factores óptimos de desinfección utilizando Bioperac en maracuyá (*Passiflora edulis*), limón (*Citrus limón*) y aguacate (*Persea americana*) del barrio “La Era”, cantón Catamayo* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/24563>
- Delgado Sánchez, C. A. (2019). Impacto del uso de aceites vegetales en la calidad nutricional de alimentos funcionales: Revisión de literatura [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana].
- Díaz, Y., Tabío, D., Rondón, M., Piloto-Rodríguez, R., y Fernández, E. (2021). Phenomenological model for the prediction of *Moringa oleifera* extracted oil using a laboratory Soxhlet apparatus. *Grasas y Aceites*, 72(3), e422-e422. <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1895>
- Douglas, B., López, I., Barranco, J., García, D., Moreno, M., y Linares, O. (2004). Caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla de Píritu (*Bactris piritu* (H. Karst) H. Wendl). *Grasas y aceites*, 55(2), 138-142. <https://www.researchgate.net/publication/26523925>
- Fakayode, O. A., y Ajav, E. A. (2016). Process optimization of mechanical oil expression from *Moringa* (*Moringa oleifera*) seeds. *Industrial Crops and Products*, 90, 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.06.017>
- FAO y OMS. (1999). CODEX Stan 19-1981, Norma del Codex para Grasas y Aceites Comestibles No Regulados por Normas Individuales, Codex Alimentarius Official Standards, Canadá (1999).

- Fernández, J. (2018). *Extracción enzimática del aceite de Moringa (Moringa oleífera) con Prensa-Expeller y determinación de su tiempo de vida en anaquel* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3132>
- Ferrer, C., Zumalacárregui, B., y Mazorra, M. (2021). CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA ECOTIPO SUPERGENIUS QUE EVIDENCIAN SUS POTENCIALIDADES ENERGÉTICAS. *Centro Azúcar*, 48(2), 11-22.
- Folkard, G., y Sutherland, J. (1996). Moringa oleífera un árbol con enormes potencialidades. *Agroforestry today*, 8(3), 5-8.
- García, A. G., Martínez, R. K. M., y Rodríguez, I. A. (2013). *Evaluación de los usos potenciales del Teberinto (Moringa oleífera) como generador de materia prima para la industria química* [Tesis de grado, Universidad de El Salvador]. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/159568>
- Gaspar, G. L. M. (2019). *Optimización del proceso de extracción de Aceite de Teberinto (Moringa Oleífera) mediante Método Soxhlet* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/4396>
- Gharsallah, K., Rezig, L., Msaada, K., Chalh, A., y Soltani, T. (2021). Chemical composition and profile characterization of Moringa oleifera seed oil. *South African Journal of Botany*, 137, 475-482. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.11.014>
- Godino, M. (2016). Moringa oleífera: Árbol multiusos de interés forestal para el sur de la península ibérica. <https://www.cajamar.es/storage/documents/020-moringa-v3-1476963334-bf35c.pdf>
- Godson, A y Bassegy, U. (2015). Characterization of oil and biodiesel produced from Thevetia peruviana (yellow oleander) seeds. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, 4(4), 150-158. <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijsg>
- Gómez Mitjans, D., Pita Bravo, V., y Zumalacárregui de Cárdenas, B. (2016). Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos. *Revista colombiana de Biotecnología*, 18(2), 106-111. <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.54324>
- Grasso, F. V. (2013). *Diseño del proceso: Pretratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna* [Tesis de grado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/26889>

- Guerrero Pérez, Á. H. (2016). *Estudio de factibilidad para el procesamiento de aceite de girasol (helianthus annuus) en el cantón Urcuquí y su comercialización a nivel nacional* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6847>
- Guillén, J. S. (2016). *Obtención y Caracterización Físicoquímica Del Aceite de Palta Hass (Persea americana) extraído por método en frío (Prensado) y caliente (Soxhlet)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2762>
- Guiotto, E. N., Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., y Tomás, M. C. (2014). Effect of storage conditions and antioxidants on the oxidative stability of sunflower–chia oil blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(5), 767-776. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2410-9>
- Gutarra, H. D., y Vargas, M. F. (2018). *Diseño de una planta de aceite de palta a partir de la evaluación de tres métodos de extracción* [Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/3252>
- Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M., y Jiménez, Á. (2011). Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y aceites*, 62(1), 76-83.
- Hernández, J. (2013). *Relación de las propiedades nutricionales, sensoriales y gastronómicas entre el aceite de oliva (olea europaea) y aceite de palma (elaeis guineensis jacq)* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://doi.org/10.35537/10915/2679>
- Ixtaina, V. Y. (2010). *Caracterización de la semilla y el aceite de chía (Salvia hispanica L.) obtenido mediante distintos procesos: aplicación en tecnología de alimentos* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/2679>
- Janiki, S., y Yamuna, P. (2015). Extraction of cold press Moringa oil. *International Journal of Current Research*, 7(4), 14956-14957, <https://www.journalcra.com/article/extraction-cold-press-moringa-oil>.
- Lafont, J. J., Páez, M. S., y Lans, E. (2011). Composición físicoquímica de la semilla y del aceite de la semilla del Canime (*Copaifera officinalis* L.). *Información tecnológica*, 22(3), 19-26.

- Lafont, M. J., Negrete, H. W., y Espitia, A.A. (2021). *ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA SEMILLA DE Moringa oleifera Lam Y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA: UNA REVISIÓN TEÓRICA*. Artemis. <https://sistema.editoraartemis.com.br/index.php/admin/api/artigoPDF/32644>
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., y Bertoli, S. (2016). Moringa oleifera Seeds and Oil: Characteristics and Uses for Human Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(12), 2141. <https://doi.org/10.3390/ijms17122141>
- Liang, L., Wang, C., Li, S., Chu, X., y Sun, K. (2019). Nutritional compositions of Indian Moringa oleifera seed and antioxidant activity of its polypeptides. *Food science & nutrition*, 7(5), 1754-1760. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1015>
- Lino, D. A., y Zambrano, R. A. (2021). *Obtención y determinación de las propiedades fisicoquímicas del aceite de maní (Arachis Hypogaea L.) Iniap 380 mediante el método de prensado por expeller* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54105>
- Liñán Tobias, F. (2010). Moringa oleifera el árbol de la nutrición. *Ciencia y Salud Virtual*, 2(1), 130-138. <https://revistas.curn.edu.co/index.php/cienciaysalud/article/view/70>
- Magaña, W. (2012). APROVECHAMIENTO POSCOSECHA DE LA MORINGA (Moringa oleífera). *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 13(2), 171-174, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81325441010>.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., y Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36(2), 137-149.
- Mejia, C. C. (2020). *PRINCIPALES FINES DEL COSTOS DE PRODUCCION Y SU IMPORTANCIA EN LAS EMPRESAS* [Tesis de grado, Universidad Privada de la Selva Peruana]. <http://repositorio.ups.edu.pe/handle/UPS/241>
- Mojica, F., Sánchez, M., y Mairena, Y. (2017). *EXTRACCIÓN POR PRENSADO MECÁNICO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE DE ARACHIS HYPOGAEA L. (MANÍ), VARIEDAD GEORGIA 06-G, LAFQA-UNAN, ENERO-JUNIO 2017*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://core.ac.uk/download/pdf/155236592.pdf>

- Montoya Marrufo, C. M. (2020). *Extracción y evaluación de la estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de moringa (Moringa oleifera Lam) por el método Oxitest* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Barranca]. <https://hdl.handle.net/20.500.12935/98>
- Morales, P., Smeke, J., y Huerta, L. (2017). *Costos Gerenciales* (1.a ed.). INSTITUTO MEXICANO DE CONTADORES PUBLICOS S.A.C. [http://www.sancristoballibros.com/libro/costos-gerenciales\\_73266](http://www.sancristoballibros.com/libro/costos-gerenciales_73266)
- Narváez, E. C. J. (2021). *Extracción y caracterización de aceite de semillas de calabaza (Cucúrbita ficifolia), mediante el uso de distintos solventes* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1320>
- Olaleye, O. O., y Kukwa, R. E. (2018). Physico chemical properties and chemical constituent characterization of Moringa oleifera seed oil from Benue State, Nigeria, extracted using cold and soxhlet method. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 16(3), 1-11.
- Ortiz, J., Navarrete, A., Sacramento-Rivero, J., Rubio Atoche, C., Escoffie, P. A., y Rocha Uribe, J. A. (2012). Extraction and Characterization of Oil from *Moringa oleifera* Using Supercritical CO<sub>2</sub> and Traditional Solvents. *American Journal of Analytical Chemistry*, 3(12A), 946-949. <https://doi.org/10.4236/ajac.2012.312A125>
- Oyeyinka, A.T., y Oyeyinka, S.A. (2018). Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.02.002>
- Pacheco, F. (2019). *Módulo Costos de Producción*. Ediciones Usta. <https://doi.org/10.15332/li.lib.2019.00035>
- Paniagua, A., y Chora, J. (2016). Elaboración de Aceite de semillas de Moringa Oleífera para diferentes usos. *Revista de Ciencias de la Salud*, 3(9), 36-46. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_de\\_la\\_Salud/vol3num9/Revista\\_Ciencias\\_de\\_la\\_Salud\\_V3\\_N9\\_5.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_de_la_Salud/vol3num9/Revista_Ciencias_de_la_Salud_V3_N9_5.pdf)
- Pantano, L. C., y Urrego, A. M. (2018). *Evaluación de la extracción de aceite de semillas de amapola mediante los métodos Soxhlet y prensado en frío a nivel laboratorio* [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6957>

- Peralta, D., y Delgado, E. (2019). *Determinación de Parámetros Tecnológicos para la Extracción de Aceite de Chia (Salvia Hispánica L.) y su Aplicación en la Elaboración de una Salsa Picante, y Evaluación de una Prensa Continua (Expeller), Universidad Católica de Santa María, Arequipa 2018* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8627>
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., y Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1-1.
- Pérez-Ángel, R., Pérez-Tamayo, N. M., Castro-Martínez, C., y Contreras-Andrade, I. (2020). Rendimientos y composición química de biomasa, semilla y aceite de ecotipos de Moringa oleifera Lamarck introducidos en Sinaloa, México. *Agro Productividad*, 13(7). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1643>
- Pilco Saca, G. E. (2015). *Optimización del proceso de extracción de aceite de unguahua (Oenocarpus bataua) en función del rendimiento* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/9366>
- Pons, G. A. (2015). Aceites vegetales, hacia una producción sostenible. *El hombre y la máquina*, (46), 9-19. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47843368002>
- Rodríguez Leyes, E. A., González Canavaciolo, V. L., Marrero Delange, D., & Leiva Sánchez, Á. T. (2012). Fracciones lipídicas obtenidas a partir de frutos de Serenoa repens recolectados en Cuba. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 11-20.
- Sánchez, I., y Figueroa, M. (2013). *Extracción y caracterización fisicoquímica de aceite fijo obtenido por Expresión de 5 especies nativas y cultivadas en Guatemala: Crescentia cujete (Morro), Mamea americana (Mamey), Pachira aquatica (Zapotón), Cucumis melo (Melón) y Acrocomia mexicana (Coyolío)*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Savoire, R., Lanoisellé, J. L., y Vorobiev, E. (2012). Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 1-16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0947-x>
- Shumi, L. D., y Bacha, E. G. (2022). Studies on Modeling and Physicochemical Properties of Oil Extracted from Moringa stenopetala Seed. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022 (4539533). <https://doi.org/10.1155/2022/4539533>



- Stohs, S. J., y Hartman, M. J. (2015). Review of the Safety and Efficacy of Moringa oleifera. *Phytotherapy Research*, 29(6), 796-804. <https://doi.org/10.1002/ptr.5325>
- Ugarte, P. P. (2021). *Extracción de aceite de semillas de Aguaymanto (Physalis peruviana) con prensa—Expeller, caracterización y predicción de su vida en anaquel* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4608>
- Velázquez, M., Peón, I. E., Zepeda, R., y Jiménez, M. A. (2016). Moringa (Moringa oleifera Lam.): Potential uses in agriculture, industry and medicine. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 22(2), 95-116. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2016000200095&script=sci\\_abstract&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2016000200095&script=sci_abstract&tlng=en)
- Villareal, A., & Ortega, K. J. (2014). REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA MORINGA OLEÍFERA. *Investigación & desarrollo*, 22(2), 309-330. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26832007007>
- Zhang, K., Fu, X., Su, J., Hou, L., Zhu, P., Hou, Y., y Xu, J. (2021). Physicochemical and thermal characteristics of Moringa oleifera seed oil. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 4(3), 685-695. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42114-021-00302-4>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Hoja de evaluación para análisis organoléptico de la semilla de moringa oleífera

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

Nombre del evaluador (a)..... Fecha: .....

Instrucciones: Marque con una x de acuerdo a lo percibido

Atributo organoléptico	Valoración de la escala	Descripción	Resultado
Color	5	Blanco cremoso	
	4	Blanco	
	3	Ligeramente amarillento	
	2	Amarillento	
	1	Marrón claro	

Atributo organoléptico	Valoración de la escala	Descripción	Resultado
Olor	5	Inodoro	
	4	Levemente oloroso	
	3	Ligeramente oloroso	
	2	Oloroso	
	1	Muy oloroso	

Atributo organoléptico	Valoración de la escala	Descripción	Resultado
Textura	5	Muy dura	
	4	Dura	
	3	Poco dura	
	2	Blanda	
	1	Muy blanda	

## Anexo 2. Determinación del porcentaje de humedad

- **Determinación de materia seca parcial (MSP) por el método gravimétrico**

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor. La cantidad de material residual después de eliminar la humedad constituye la materia seca.

### Equipos:

- Estufa
- Balanza analítica (aproximación a 0,5 g)
- Crisoles
- Desecador

### Procedimiento:

- Los crisoles se lavan y se secan en la estufa por un tiempo de 8 horas a 105°C, luego se enfrían en el desecador, hasta alcanzar una temperatura ambiente, para finalmente determinar su peso exacto.
- Se pesa 2 gramos de muestra y se coloca dentro del crisol.
- Se coloca los crisoles en la estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas.
- Colocar las muestras en un desecador hasta que se equilibre la humedad de la muestra con la del ambiente durante 24 horas.
- Después de aproximadamente 48 pesar las muestras en la balanza analítica.

### Cálculo:

$$\%MS = \frac{P_{ms}}{P_{mas}} \times 100 \qquad \%HH = 100 - \%MS$$

Donde:

**% MS** = porcentaje de materia seca (%)

**Pms** = peso de la muestra seca (g)

**Pmas** = peso de la muestra antes del secado (g)

**% HH** = porcentaje de humedad higroscópica para muestras parcialmente secas (PS)

- **Cálculo de humedad total y materia seca, para conversión a base seca**

El secado a 65 °C no elimina el agua de muy baja presión de vapor presente en la muestra, por lo que se somete a una temperatura de 105°C, con vacío parcial, durante 8 horas hasta alcanzar un peso constante.

La pérdida de peso que aquí se obtiene, indica la humedad retenida, por la muestra y relacionándola con la pérdida de peso obtenida por secado a 65°C, nos permite determinar el porcentaje total de humedad de la muestra alimenticia, aplicando las siguientes fórmulas:

$$H = HI + \frac{(100 - HI) * HH}{100} \%$$

$$MS = 100 - \%H$$

**Donde:**

**H** = humedad total (%)

**HI** = humedad inicial (%)

**HH** = humedad higroscópica (%)

### **Anexo 3. Protocolo para determinar grasas**

- **Determinación de grasas por el método Soxhlet**

Las grasas son compuestos orgánicos muy heterogéneos, pero que tienen en común la propiedad de ser solubles en algunas sustancias denominadas solventes orgánicos, como pueden ser éter etílico, éter de petróleo, hexano, etc.

Para el análisis de grasa la muestra debe poseer una granulometría adecuada, así mismo es necesario un pretratamiento de la muestra a través de una hidrólisis (ácida o básica). La hidrólisis afecta a las paredes de la célula y desintegra las emulsiones de grasa y los enlaces de proteína y lípido.

#### **Equipos y materiales:**

- Extractor SOXHLET
- Estufa
- Sorbona
- Balones
- Núcleos de Ebullición
- Bomba de vacío
- Kitazato con embudo buchner

#### **Reactivos:**

- Ac. Clorhídrico Concentrado grado técnico
- Hexano p.a. / éter de petróleo/ éter etílico
- Sulfato de sodio anhidro

#### **Procedimiento:**

- **Preparación de la muestra**

Realizar homogenización previa, si es posible en el recipiente original, mediante agitación. En el caso de granos y muestras heterogéneas, se trituran las muestras hasta lograr partículas lo más finas posibles, luego trasvasar al recipiente correspondiente homogenizando bien la muestra mediante agitación antes de proceder a pesar.

- **Hidrólisis**

Se pesa 1 y 5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer, se añade 70 ml de agua destilada y 60 ml de ácido clorhídrico concentrado grado técnico. Se somete a hidrólisis mediante calentamiento por 30 minutos a partir de que comienza a hervir. 57

- **Filtración**

Después de la hidrólisis se espera hasta que no exista emisión de vapores, se filtra la muestra, sobre papel filtro debidamente doblado y previamente humedecido para evitar pérdida de muestra.

Se lava el matraz Erlenmeyer con agua caliente, evitando pérdidas de muestra. Se lava la muestra retenida en el papel filtro hasta ausencia total de ácido clorhídrico técnico (aproximadamente con 400ml de agua caliente), se retira con cuidado el papel filtro y se coloca en una cápsula, identificando cada una de ellas con el código correspondiente a la muestra, se coloca en la estufa por 20 minutos a 130 °C.

Cuando el papel está seco y frío se introduce cuidadosamente en los dedales de celulosa, se limpió la cápsula contenedora cuidadosamente con algodón empapado en hexano para evitar pérdida de grasa adherida a la cápsula.

- **Extracción**

Se tomó el peso de un balón, previamente lavado y secado a 130°C por al menos una hora. Se enciende el extractor de grasa y se abre el flujo de agua del condensador, se coloca los dedales de celulosa con la muestra en el sifón del soxhlet, se añade el solvente en los balones aproximadamente 200 ml, se arma el equipo encajando el balón con el sifón, y estos a su vez en el condensador. La parte superior del condensador se tapona con desecante (sulfato sódico anhidro) envuelto en algodón para evitar la entrada y condensación de vapor de agua, se comenzó la extracción.

Se verificó el rango de reflujo apropiado, después de un tiempo se retira los dedales y se destila la mayor cantidad de solvente posible hasta alcanzar sequedad aparente.

Se retiran los balones del extractor de grasa y se colocan en la sorbona para finalizar la evaporación del solvente a baja temperatura, luego se llevan los balones a la estufa directamente a 130°C por 30 min para eliminar los restos del solvente y la humedad residual existente. Se lleva los balones con grasa al desecador, se enfrían hasta temperatura ambiente y se pesan.

**Cálculos:**

$$\%Grasa = \frac{\text{peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz vacío}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

#### **Anexo 4. Protocolo para determinación de proteína**

- **Determinación de proteínas totales: determinación del nitrógeno total por el método de Kjeldahl**

Las muestras se someten a un tratamiento oxidativo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora (las sales/óxidos metálicos sirven para el transporte de oxígeno con formación intermedia de oxígeno nascente; el sulfato potásico sirve para elevar el punto de ebullición, alcanzándose temperaturas de 300-400°C durante la digestión). Del sulfato amónico formado se libera el amoníaco por tratamiento alcalino y éste se transporta con ayuda de una destilación en corriente de vapor a un recipiente con ácido bórico y se realiza una titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico. El contenido en proteína de la muestra se calcula teniendo en cuenta el contenido medio en nitrógeno de la proteína en cuestión.

##### **Reactivos:**

- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado p.a. (98 %)
- Pastillas catalizadoras
- NaOH 40 %
- Solución H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (4 %)
- Solución H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1 N)
- Indicador Mortimer: 0,016 % rojo de metilo y 0,083% verde de bromocresol en etanol

##### **Determinación:**

- **Digestión**

Colocar 2 gramos de muestra con una precisión de  $\pm 1$  mg, en el tubo Kjeldahl de 500 ml. Agregar catalizador y 10-20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Todo el material debe estar sumergido en el ácido para que no haya pérdidas de nitrógeno. Setear la rampa de temperatura. La digestión demanda entre 1 y 2 horas.

- **Destilación**

Preparar un erlenmeyer con 25-50 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 4 % (sobre el cual se va a recoger el NH<sub>3</sub> destilado) y gotas de indicador Mortimer (color rojo), y colocarlo a la salida del refrigerante cuidando que el extremo del mismo quede sumergido en la solución ácida. El equipo ira agregando la cantidad necesaria de solución de NaOH 40 % como para neutralizar el ácido sulfúrico. El indicador torna a azul cuando empieza a destilarse el NH<sub>3</sub> por arrastre

en corriente de vapor. Se sigue destilando hasta llegar a aproximadamente 200 ml en el erlenmeyer colector (los primeros 150 ml de destilado contienen generalmente la totalidad del NH<sub>3</sub>).

- **Titulación**

El destilado se titula con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N, hasta lograr el cambio de color por acción del indicador Mortimer al color inicial rojo.

- **Blanco**

Se debe realizar un blanco de reactivos, siguiendo las mismas indicaciones, pero sin colocar muestra en el balón.

**Cálculo:**

$$\% \text{Proteína} = (V_{\text{muestra}} - V_{\text{Blanco}}) \times 1.4 \times \frac{F}{g_{\text{muestra}}}$$

**Donde:**

**V<sub>Muestra</sub>** = volumen de ácido gastado en la titulación de la muestra (ml)

**V<sub>Blanco</sub>** = volumen de ácido gastados en la valoración del blanco (ml)

**N<sub>ácido</sub>** = normalidad del ácido sulfúrico

**0.014** = peso del meq de nitrógeno (g)

**F** = factor de conversión de nitrógeno a proteína

**g<sub>muestra</sub>** = peso de la muestra (g)



## Anexo 5. Protocolo para determinación de cenizas

Es el residuo obtenido después de incinerar la muestra.

### Equipos:

- Mufla
- Cisoles de porcelana
- Desecador
- Balanza analítica
- Pinza, para la cápsula

### Procedimiento:

- Coloque los crisoles limpios y secos en la mufla a 600°C, durante una hora. Enfríelos en el desecador y pesarlos.
- Pese por diferencia 1,5 a 2 gramos de muestra homogenizada en el crisol.
- Colocar en la mufla a 600°C, hasta cenizas blancas grisáceas o hasta que el peso sea constante.
- Para determinar el porcentaje de cenizas se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{\text{peso crisol muestra} - \text{peso crisol cenizas}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

## **Anexo 6. Determinación de fibra cruda**

### **• Determinación de fibra cruda**

El método se basa en la solubilización de compuestos no celulósicos a través de soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio (hidróxido de sodio).

#### **Reactivos:**

- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 1,25% -  $0,255 \pm 0,005$  N. (12,5 g 98 % concentrado a 1000 ml con agua destilada). Controlar la concentración por titulación.
- Hidróxido de potasio (KOH) 1,25% -  $0,223 \pm 0,005$  N, libre de carbonato. 12,5 g hasta 1000 ml con agua destilada. Controlar la concentración por titulación.
- n-octanol como antiespumante.
- Acetona anhidra.

#### **Procedimiento:**

- Determine por separado la humedad de la muestra en un horno a  $105^\circ C$  de peso constante. Enfriar el desecador.
- Pese con precisión 1 gramo de la muestra triturada (1mm aproximadamente) con aproximación de 1 mg.
- Agregue 150 ml de ácido sulfúrico, precalentar con la placa caliente para reducir el tiempo requerido para hervir.
- Agregue 3-5 gotas de n-octanol como agente antiespumante.
- Hervir 30 minutos exactamente desde el inicio de la ebullición.
- Conectar al vacío para drenar el ácido sulfúrico.
- Lave tres veces con 30 ml (crisol lleno hasta la parte superior) de agua desionizada. Conectar cada vez al aire comprimido para agitar el contenido del crisol.
- Después de drenar el último lavado, agregar 150 ml de hidróxido de potasio precalentado (KOH) 1,25 % y 3-5 gotas de antiespumante. Dejar hervir 30 min. 55
- Realice un último lavado con agua desionizada fría para enfriar el crisol y luego lave tres veces el contenido del crisol con 25 ml de acetona, revolviendo cada vez con aire comprimido.
- Retire el crisol y determine el peso seco después de secar en un horno a  $105^\circ C$  durante una hora o hasta peso constante y haber dejado enfriar en un desecador. Este peso representa la fibra bruta más el contenido de ceniza.

**Anexo 7. Hoja de evaluación para análisis organoléptico del aceite de moringa**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**Nombre del evaluador (a)..... Fecha: .....**

**Instrucciones:** Marque con una x de acuerdo a lo percibido

<b>Atributo organoléptico</b>	<b>Valoración de la escala</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
Color	5	Amarillo – dorado traslúcido	
	4	Amarillo – dorado claro	
	3	Amarillo – dorado pálido	
	2	Amarillo – dorado opaco	
	1	Amarillo – dorado muy opaco	

<b>Atributo organoléptico</b>	<b>Valoración de la escala</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
Olor	5	Muy agradable	
	4	Agradable	
	3	Ni me agrada ni me desagrada	
	2	Desagradable	
	1	Muy desagradable	

<b>Atributo organoléptico</b>	<b>Valoración de la escala</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultado</b>
Sabor	5	Muy agradable	
	4	Agradable	
	3	Ni me agrada ni me desagrada	
	2	Desagradable	
	1	Muy desagradable	

**Anexo 8. Determinación de la densidad relativa. Método descrito en la norma INEN 35 “Grasas y Aceites Comestibles”.**

CDU 665.3



AL 02.07-301

Norma Ecuatoriana	GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA	INEN 35 1973-08
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método del picnómetro para determinar la densidad relativa a 25/25°C de las grasas y aceites vegetales o animales.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <i>Densidad relativa a 25/25°C, (d<sub>25</sub>)</i>. Es la relación entre la masa de un volumen dado de una sustancia a 25°C y la masa de un volumen igual de agua a 25°C.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>3.1 La temperatura ambiente del lugar donde se calibre el picnómetro o se realice la determinación, deberá ser menor de 25°C.</p> <p>3.2 Durante la calibración del picnómetro y durante la determinación de la densidad relativa, el picnómetro no deberá entrar en contacto directo con las manos del operador.</p> <p>3.3 Inmediatamente después de cada determinación, el picnómetro deberá vaciarse y sumergirse durante varias horas en una solución crómica preparada de la manera siguiente:</p> <p>3.3.1 Disolver 45 g de dicromato de sodio en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada y agregar, con mucho cuidado, 1000 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico concentrado.</p> <p>3.3.2 La solución crómica no debe contener dicromato de sodio suspendido o sin disolver.</p> <p>3.4 Luego de la inmersión en la solución crómica, el picnómetro deberá enjuagarse cinco veces en corriente de agua y dos veces en agua destilada, para asegurar una total eliminación del cromato. A continuación, deberá lavarse varias veces con alcohol etílico, luego con éter etílico, y secarse completamente para eliminar los vapores de éter.</p> <p>3.5 El picnómetro deberá calibrarse, dependiendo del uso, con intervalos de tiempo suficientes para asegurar exactitud en la determinación. En casos de litigio o discrepancia, el picnómetro deberá calibrarse inmediatamente antes de la determinación.</p> <p>3.6 Cada determinación deberá efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999 – Ave. Colón 1663– Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

#### 4. INSTRUMENTAL

4.1 *Picnómetro tipo Gay-Lussac, de 50 cm<sup>3</sup>*. Para productos líquidos a 25°C puede usarse un picnómetro que tenga termómetro incorporado.

4.2 *Baño de agua*, con regulador de temperatura, ajustado a 25° ± 0,2°C.

4.3 *Estufa*, con regulador de temperatura.

4.4 *Termómetro*, con divisiones de 0,1° ó 0,2°C.

4.5 *Balanza analítica*, sensible a 0,1 mg.

#### 5. PREPARACION DE LA MUESTRA

5.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

5.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 5.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta un aspecto claro y sin sedimento, filtrarla dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.

5.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 5.2, pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40° y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

#### 6. PROCEDIMIENTO

##### 6.1 Calibración del picnómetro

6.1.1 Lavar el picnómetro (ver 4.1) de acuerdo con lo indicado en 3.3 y 3.4; llenarlo completamente con agua destilada recién hervida y enfriada hasta 20°C, y taponarlo cuidadosamente evitando la inclusión de burbujas de aire. A continuación, sumergirlo en el baño de agua a 25° ± 0,2°C y mantenerlo allí durante 30 min.

6.1.2 Remover cuidadosamente cualquier porción de agua que haya exudado el capilar; sacar el picnómetro del baño y secarlo con algún papel absorbente adecuado (si el capilar tiene cubierta, se la coloca después de esta operación). Enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m_1$ .

(Continúa)

6.1.3 Vaciar el picnómetro y enjuagarlo varias veces con alcohol etílico y luego con éter etílico; dejarlo secar completamente y, junto con todas sus partes, pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m$ .

#### 6.2 Determinación para aceites o grasas líquidas a 25 °C.

6.2.1 Llenar completamente el picnómetro (limpio y seco) con la muestra preparada (ver 5.2) y llevada a 23°C y taponarlo cuidadosamente evitando la inclusión de burbujas de aire. A continuación, sumergirlo en el baño de agua a 25°C ± 0,2°C y mantenerlo allí durante 30 min.

6.2.2 Remover cuidadosamente cualquier porción de muestra que haya exudado el capilar; sacar el picnómetro del baño y secarlo con algún papel absorbente adecuado (si el capilar tiene cubierta, se la coloca después de esta operación). Enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m_2$ .

#### 6.3 Determinación para grasas sólidas o semisólidas a 25°C

6.3.1 Calentar el picnómetro de Gay-Lussac (limpio y seco) en estufa a 40° - 50°C durante 15 min y llenarlo (evitando humedecer el cuello del picnómetro) hasta aproximadamente la mitad con la muestra preparada y fundida de acuerdo con 5.3, (es conveniente realizar esta operación dentro de la estufa). Sacarlo de la estufa, dejarlo enfriar a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg junto con su tapa (y la cubierta del capilar si la hubiere); registrar el resultado como  $m_3$ .

6.3.2 Llenar completamente el picnómetro (lleno de muestra hasta la mitad) con agua destilada recién hervida y enfriada hasta 20°C, y taponarlo cuidadosamente evitando la inclusión de burbujas de aire. A continuación, sumergirlo en el baño de agua a 25 ± 0,2°C y mantenerlo allí durante 30 min.

6.3.3 Remover cuidadosamente cualquier porción de agua que haya exudado el capilar; sacar el picnómetro del baño y secarlo con algún papel absorbente adecuado (si el capilar tiene cubierta, colocarla después de esta operación). Enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min y pesarlo con aproximación a 0,1 mg; registrar el resultado como  $m_4$ .

### 7. CALCULOS

7.1 Para los aceites y grasas líquidas a 25 °C, la densidad relativa a 25/25°C se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

(Continúa)

siendo:

$d_{25}$  = densidad relativa a 25/25°C.

$m$  = masa del picnómetro vacío, en g.

$m_1$  = masa del picnómetro con agua destilada, en g.

$m_2$  = masa del picnómetro con muestra, en g.

7.2 Para las grasas sólidas o semisólidas a 25°C, la densidad relativa a 25/25 °C se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$d_{25} = \frac{m_3 - m}{(m_1 - m) - (m_4 - m_3)}$$

siendo:

$d_{25}$  = densidad relativa a 25/25°C.

$m$  = masa del picnómetro vacío, en g.

$m_1$  = masa del picnómetro con agua destilada, en g.

$m_3$  = masa del picnómetro con muestra (hasta la mitad), en g.

$m_4$  = masa del picnómetro con muestra y agua destilada, en g.

7.3 Cuando se conoce la densidad relativa a  $t/25^\circ\text{C}$  de un aceite o grasa vegetal, la densidad relativa a 25/25°C se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$d_{25} = d_t + 0,00064 (t - 25)$$

siendo:

$d_{25}$  = densidad relativa a 25/25°C.

$d_t$  = densidad relativa a  $t/25^\circ\text{C}$ .

$t$  = temperatura de referencia de la sustancia, en °C.

0,00064 = corrección promedia para 1°C

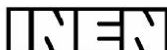
## 8. ERRORES DE METODO

8.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,0005; en caso contrario debe repetirse la determinación.

(Continúa)

**Anexo 9. Determinación del índice de peróxido. Método descrito en la norma INEN 277  
“Grasas y Aceites Comestibles”.**

CDU: 665.3



AL 02.07-312

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana</b></p>	<p align="center"><b>GRASAS Y ACEITES DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PEROXIDO</b></p>	<p align="center"><b>INEN 277</b>  1978-02</p>
<p align="center"><b>1. OBJ ETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el índice de peróxido en las grasas y aceites vegetales o animales.</p> <p align="center"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <i>Índice de peróxido</i>. Es el número de miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra, determinado de acuerdo con esta norma.</p> <p align="center"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Consiste en valorar con solución de tiosulfato de sodio el yodo liberado por una cantidad determinada de muestra.</p> <p align="center"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Pipeta de Mohr</i>, de 1 cm<sup>3</sup> de capacidad.</p> <p>4.2 <i>Matraz Erlenmeyer</i>, de 250 cm<sup>3</sup> con tapa esmerilada.</p> <p>4.3 <i>Balanza analítica</i>, sensible al 0,1 mg.</p> <p align="center"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p>5.1 <i>Solución de ácido acético y cloroformo</i>. Mezclar tres volúmenes de ácido acético glacial con dos volúmenes de cloroformo.</p> <p>5.2 <i>Solución saturada de yoduro de potasio</i>, recientemente preparada. (Ver Anexo A).</p> <p>5.3 <i>Solución 0,1 N de tiosulfato de sodio</i>, debidamente estandarizada.</p> <p>5.4 <i>Solución de almidón</i>. Disolver 1 g de almidón soluble en agua destilada fría (formando una pasta), añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua hirviendo, agitar rápidamente la solución y enfriar.</p> <p align="center"><b>6. PREPARACION DE LA MUESTRA</b></p> <p>6.1 Si la muestra es líquida y presenta un aspecto claro y sin sedimento, se la homogeniza invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.</p> <p align="right"><i>(Continúa)</i></p>		



**6.2** Si la muestra es líquida y presenta un aspecto turbio o con sedimento, se coloca el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; se lo mantiene allí hasta que la muestra alcance tal temperatura y se procede de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.1. Si, luego de calentar y agitar, la muestra no presenta un aspecto claro y sin sedimento, se la filtra dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.

**6.3** Si la muestra es sólida o semisólida, se procede de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.2, pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura que se encuentra comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

## 7. PROCEDIMIENTO

**7.1** La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada (ver 7.9).

**7.2** Pesar, con aproximación a 0,1 mg, aproximadamente 5 g de muestra.

**7.3** Transferir la muestra al matraz Erlenmeyer de tapa esmerilada de 250 cm<sup>3</sup> y agregar 30 cm<sup>3</sup> de la solución de ácido acético y cloroformo.

**7.4** Agitar el matraz Erlenmeyer hasta completa disolución del contenido y luego añadir 0,5 cm<sup>3</sup> de la solución saturada de yoduro de potasio, usando de preferencia la pipeta de Mohr.

**7.5** Agitar el matraz Erlenmeyer con su contenido durante un minuto y añadir 30 cm<sup>3</sup> de agua destilada.

**7.6** Usando la solución 0,1 N de tiosulfato de sodio titular gradualmente y con agitación constante el contenido en el matraz Erlenmeyer, hasta que el color amarillo haya casi desaparecido.

**7.7** Añadir 0,5 cm<sup>3</sup> de la solución indicadora de almidón y continuar la titulación cerca del punto final, agitando constantemente para liberar todo el yodo de las capas de cloroformo. Añadir la solución de tiosulfato de sodio gota a gota, hasta que el color azul desaparezca completamente.

**7.8** Si en la titulación se ha obtenido un valor menor de 0,5 cm<sup>3</sup>, repetir el ensayo usando solución 0,01 N de tiosulfato de sodio.

**7.9** Realizar un solo ensayo en blanco con todos los reactivos sin la muestra y siguiendo el mismo procedimiento a partir de 7.3 para cada determinación o serie de determinaciones.

## 8. CALCULOS

**8.1** El Índice de peróxido se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$I = \frac{vN}{m} 1000$$

Siendo:

*I* = Índice del peróxido en meq. de O<sub>2</sub> por kilogramo del producto.

*v* = Volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra, en cm<sup>3</sup>.  
(corregido del blanco).

*N* = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

*m* = Masa de la muestra analizada, en g.

(Continúa)

**Anexo 10. Determinación de la acidez. Método descrito en la norma INEN 38 “Grasas y Aceites Comestibles”.**

Norma Ecuatoriana	GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DE LA ACIDEZ	INEN 38 1973-08
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la acidez o el índice de acidez en las grasas y aceites animales o vegetales.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <i>Acidez.</i> Es, en una grasa o aceite, el contenido de ácidos grasos libres, expresado convencionalmente como gramos de ácido oleico, laúrico o erúcico por cada 100 g de sustancia.</p> <p>2.2 <i>Índice de acidez.</i> Es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en 1 gramo de grasa o aceite.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Se disuelve una cantidad determinada de grasa o aceite en una mezcla de alcohol etílico y éter dietílico, y se titulan los ácidos grasos libres con una solución de hidróxido de sodio o de potasio.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Matraces Erlenmeyer</i> de 250 cm<sup>3</sup> y 500 cm<sup>3</sup>.</p> <p>4.2 <i>Buretas</i>, graduadas con divisiones de 0,1 cm<sup>3</sup>.</p> <p>4.3 <i>Balanza analítica</i>, sensible a 0,1 mg.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p>5.1 <i>Mezcla (1:1) de alcohol - éter.</i> Mezclar un volumen de éter dietílico con un volumen igual de alcohol etílico al 95 % (V/V).</p> <p>5.2 <i>Solución 0,1 N de hidróxido de sodio o de potasio</i>, debidamente estandarizada.</p> <p>5.3 <i>Solución 0,5 N de hidróxido de sodio o de potasio</i>, debidamente estandarizada.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999 – Ave. Colón 1663– Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

5.4 *Solución indicadora de fenolftaleína.* Disolver 1 g de fenolftaleína en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V).

5.5 *Solución indicadora de azul alcalino 6B.* Disolver 2 g de azul de alcalino 6B en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V).

#### 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

6.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

6.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 6.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta aspecto claro y sin sedimento, filtrarla dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar sedimento.

6.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 6.2 pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

#### 7. PROCEDIMIENTO

7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

7.2 Transferir 300 cm<sup>3</sup> de la mezcla (1:1) de alcohol - éter a un matraz Erlenmeyer; añadir 1 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína (o de azul alcalino 6B, si la muestra es de color oscuro) y agregar, agitando enérgicamente, solución 0,1 N de hidróxido de sodio o de potasio hasta que aparezca un color rosado que persista durante aproximadamente 30 segundos (o hasta que haya cambio del color rojo al azul, si el indicador es azul alcalino 6B). Esta cantidad de muestra neutralizada es suficiente para realizar los dos ensayos de la determinación.

7.3 Sobre un matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> pesar, con aproximación a 0,01 g, una cantidad de muestra preparada comprendida entre 5 g y 10 g si el producto es crudo, o entre 50 g y 60 g si el producto es refinado.

7.4 Agregar 100 cm<sup>3</sup> (o más si la solución no queda perfectamente clara) de la mezcla (1:1) de alcohol - éter neutralizada de acuerdo con 7.2, y titular los ácidos grasos libres con la solución 0,1 N de hidróxido de sodio o de potasio hasta alcanzar el punto final correspondiente al indicador (coloración rosada persistente durante aproximadamente 30 segundos si es fenolftaleína, o viraje del rojo al azul si es azul alcalino 6B). La solución debe agitarse enérgicamente durante la titulación. El volumen de solución 0,1 N empleado en la titulación debe ser menor de 20 cm<sup>3</sup>; en caso contrario debe usarse la solución 0,5 N de hidróxido de sodio o de potasio.

*(Continúa)*

### 8. CALCULOS

8.1 La acidez se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = \frac{M.V.N.}{10.m}$$

siendo:

- $A$  = acidez del producto, en porcentaje de masa.
- $M$  = masa molecular del ácido usado para expresar el resultado (ver 8.2).
- $V$  = volumen de la solución de hidróxido de sodio o de potasio empleado en la titulación, en  $\text{cm}^3$ .
- $N$  = normalidad de la solución de hidróxido de sodio o de potasio.
- $m$  = masa de la muestra analizada, en g.

8.2 Las masas moleculares de los ácidos empleados para expresar los resultados (ver 10.1) son las siguientes:

Acido láurico	200
Acido palmítico	256
Acido oleico	282
Acido erúxico	338

8.3 De ser necesario, el índice de acidez puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$i = \frac{56,1 V.N}{m}$$

siendo:

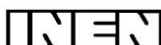
- $i$  = índice de acidez del producto, en  $\text{mg/g}$ .
- $V$  = volumen de la solución de hidróxido de sodio o de potasio empleado en la titulación, en  $\text{cm}^3$ .
- $N$  = normalidad de la solución de hidróxido de sodio o de potasio.
- $m$  = masa de la muestra analizada, en g.

### 9. ERRORES DE METODO

9.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 2 % de la media aritmética de los dos resultados; en caso contrario debe repetirse la determinación.

(Continúa)

**Anexo 11. Determinación del índice de yodo. Método descrito en la norma INEN 37  
“Grasas y Aceites Comestibles”.**



CDU: 665.3

AL 02.07-303

<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana</b></p>	<p><b>GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DEL INDICE DE YODO</b></p>	<p><b>INEN 37</b>  1973-08</p>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de Wijs para la determinación del índice de yodo en los aceites y grasas vegetales o animales.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <i>Índice de yodo.</i> Es una medida del grado medio de insaturación de ciertas sustancias orgánicas, expresado como centigramos de yodo absorbidos, bajo condiciones determinadas, por cada gramo de sustancia.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>3.1 Todo el material de vidrio usado en esta determinación deberá estar completamente limpio y seco.</p> <p>3.2 La determinación deberá efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada. Además, deberán realizarse dos ensayos en blanco, uno antes y otro después de la determinación. Es conveniente realizar simultáneamente los cuatro ensayos y efectuar las titulaciones en el orden indicado.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. RESUMEN</b></p> <p>4.1 Se somete una cantidad de sustancia a la acción del reactivo de Wijs, se libera el yodo en exceso con yoduro de potasio y se lo titula con tiosulfato de sodio.</p> <p style="text-align: center;"><b>5. INSTRUMENTAL</b></p> <p>5.1 <i>Matraces de 500 cm<sup>3</sup></i> provistos de tapón esmerilado, para titulación de yodo.</p> <p>5.2 <i>Pipetas aforadas de 20 cm<sup>3</sup>.</i></p> <p>5.3 <i>Pipetas aforadas de 25 cm<sup>3</sup>.</i></p> <p>5.4 <i>Buretas de 50 cm<sup>3</sup></i>, con divisiones de 0,1 cm<sup>3</sup></p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno Es-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

5.5 *Matraz aforado de 100 cm<sup>3</sup>.*

5.6 *Balanza analítica, sensible a 0,1 mg.*

## 6. REACTIVOS

6.1 *Solución de Wijs.* Preparada y controlada de acuerdo con la norma INEN 36.

6.2 *Tetracloruro de carbono.* Reactivo para análisis.

6.3 *Solución al 15 % de yoduro de potasio.* Disolver 150 g de yoduro de potasio (KI) en aproximadamente 400 cm<sup>3</sup> de agua destilada y diluir la solución hasta 1000 cm<sup>3</sup>.

6.4 *Solución 0,1 N de tiosulfato de sodio,* debidamente estandarizada, (ver anexo A de la norma INEN 36).

6.5 *Solución indicadora de almidón.* Formar una pasta homogénea con 1 g de almidón soluble y agua destilada fría, añadir 100 cm<sup>3</sup> de agua hirviendo, agitar rápidamente la solución y enfriarla. Pueden añadirse 125 mg de ácido salicílico como preservados. En caso de que la solución deba almacenarse durante un período de tiempo relativamente largo, debe guardarse en refrigerador a temperatura de 4°C a 10°C.

6.6 *Sulfato de sodio anhidro.* Reactivo para análisis.

## 7. PREPARACION DE LA MUESTRA

7.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

7.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 7,1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta aspecto claro y sin sedimento, filtrarla dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.

7.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 7.2 pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

(Continúa)

7.4 A continuación, desecar la muestra tratada de acuerdo con 7.1, 7.2 ó 7.3, añadiendo sulfato de sodio anhidro en la proporción de 1 g a 2 g por cada 10 g de aceite o grasa. Calentar la mezcla en la estufa a 50°C; agitarla enérgicamente y filtrarla dentro de la misma estufa.

## 8. PROCEDIMIENTO

8.1 Pesar, con aproximación a 0,2 mg, una masa de muestra tal, que el volumen de solución de Wijs que se añade, asegure un exceso de 100 a 150 % con respecto a la cantidad de yodo que sea absorbida por la muestra.

8.2 La masa de la muestra que permite cumplir la condición establecida en 8.1 puede calcularse, en forma aproximada, mediante la siguiente ecuación:

$$m = 26 / i$$

siendo:

$m$  = masa de muestra para la determinación, en g.

$i$  = índice de yodo que se espera encontrar, en cg/g.

8.3 Transferir la cantidad pesada de la muestra a un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> (o pesar directamente la muestra en el matraz) y añadir 20 cm<sup>3</sup> de tetracloruro de carbono. Luego, usando una pipeta aforada, agregar 25 cm<sup>3</sup> de solución Wijs, tapar el matraz y agitarlo para conseguir una mezcla íntima de su contenido.

8.4 Guardar el matraz en un lugar oscuro durante 1 h a una temperatura comprendida entre 20°C y 30°C.

8.5 Añadir 20 cm<sup>3</sup> de solución de yoduro de potasio y 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada recién hervida y enfriada, titular el yodo libre con la solución 0,1 N de tiosulfato de sodio (con agitación constante y enérgica), hasta que el color amarillo haya casi desaparecido; añadir de 1 cm<sup>3</sup> a 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de almidón y continuar la titulación hasta que el color azul desaparezca completamente. Cerca del punto final de la reacción, el matraz debe taparse y agitarse enérgicamente para que cualquier remanente de yodo que se encuentre presente en la capa de tetracloruro de carbono pase a la solución acuosa de yoduro de potasio.

8.6 Deben realizarse dos ensayos en blanco para cada determinación (ver 3.2) usando todos los reactivos y siguiendo el mismo procedimiento pero sin añadir la muestra.

(Continúa)

## 9. CALCULOS

9.1 El índice de yodo se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$i = \frac{12,69(V - V_1)N}{m}$$

siendo:

$i$  = índice de yodo de la muestra, en cg/g.

$V$  = media aritmética de los volúmenes de solución de tiosulfato de sodio empleados en la titulación de los ensayos, en  $\text{cm}^3$

$V_1$  = volumen de solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra en,  $\text{cm}^3$

$N$  = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

$m$  = masa de la muestra analizada, en g.

## 10. ERRORES DE METODO

10.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,5 cg/g; en caso contrario debe repetirse la determinación.

## 11. INFORME DE RESULTADOS

11.1 Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a unidades enteras.

11.2 En el informe de los resultados debe indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

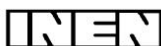
11.3 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

(Continúa)



**Anexo 12. Norma Técnica Ecuatoriana. Determinación del índice de saponificación. Método descrito en la norma INEN 40 “Grasas y Aceites Comestibles”.**

CDU: 665.3



AL 02.07-306

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

Norma Técnica Ecuatoriana	GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES DETERMINACION DEL INDICE DE SAPONIFICACION	INEN 40 1973-08
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el índice de saponificación en las grasas y aceites vegetales o animales.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGIA</b></p> <p>2.1 <i>Índice de saponificación.</i> Es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1 gramo de grasa o aceite.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. RESUMEN</b></p> <p>3.1 Se saponifica una cantidad determinada de muestra con un exceso de solución etanólica de hidróxido de potasio, y se titula el exceso con solución 0,5N de ácido clorhídrico o sulfúrico.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. INSTRUMENTAL</b></p> <p>4.1 <i>Matraces Erlenmeyer de 250 ó 300 cm<sup>3</sup></i> de vidrio, provistos de refrigerante de reflujo con unión esmerilada y longitud mayor de 110 cm.</p> <p>4.2 <i>Buretas de 25 cm<sup>3</sup></i>, graduadas con divisiones de 0,1 cm<sup>3</sup>.</p> <p>4.3 <i>Pipetas volumétricas de 25 cm<sup>3</sup></i>.</p> <p>4.4 <i>Baño María</i>, o plancha eléctrica de calentamiento con placa de asbesto y regulador de temperatura.</p> <p>4.5 <i>Balanza analítica.</i></p> <p style="text-align: center;"><b>5. REACTIVOS</b></p> <p>5.1 <i>Solución 0,5N de ácido clorhídrico o sulfúrico</i>, debidamente estandarizada.</p> <p>5.2 <i>Solución etanólica de hidróxido de potasio.</i> Colocar 5 a 10 g de hidróxido de potasio (KOH) en un frasco de 2 litros de capacidad, agregar 5 a 6 g de granallas de zinc o aluminio</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

y 1,2 a 1,5 litros de alcohol etílico al 95 % (V/V), y hervir la mezcla en baño María bajo condensador de reflujo, durante 30 a 60 min. Destilar el alcohol rechazando los primeros 50 cm<sup>3</sup>, y disolver 40 g de hidróxido de potasio en 1 litro de alcohol etílico destilado. Esta solución debe usarse mientras permanezca límpida e incolora.

5.3 *Solución indicadora de fenolftaleína.* Disolver 1 g de fenolftaleína en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V).

5.4 *Solución indicadora de azul alcalino 6B.* Disolver 2 g de azul alcalino 6B en 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95 % (V/V).

## 6. PREPARACION DE LA MUESTRA

6.1 Si la muestra es líquida y presenta aspecto claro y sin sedimento, homogeneizarla invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

6.2 Si la muestra es líquida y presenta aspecto turbio o con sedimento, colocar el recipiente que la contiene en una estufa a 50°C; mantenerlo allí hasta que la muestra alcance tal temperatura, y proceder de acuerdo con lo indicado en 6.1. Si luego de calentar y agitar, la muestra no presenta aspecto claro y sin sedimento, filtrar dentro de la estufa a 50°C. El filtrado no debe presentar ningún sedimento.

6.3 Si la muestra es sólida o semisólida, proceder de acuerdo con lo indicado en 6.2, pero calentándola (y filtrándola si es necesario) a una temperatura comprendida entre 40°C y 60°C (la suficiente para fundir la muestra completamente).

6.4 A continuación, desecar la muestra tratada de acuerdo con 6.1, 6.2 ó 6.3, añadiendo sulfato de sodio anhidro en la proporción de 1 g a 2 g por cada 10 g de aceite o grasa. Calentar la mezcla en la estufa a 50°C agitar enérgicamente y filtrarla dentro de la misma estufa.

## 7. PROCEDIMIENTO

7.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada (Ver 7.5).

7.2 Sobre un matraz Erlenmeyer de 250 cm<sup>3</sup> ó 300 cm<sup>3</sup> pesar, con aproximación a mg, una cantidad de muestra preparada comprendida entre 2 g y 3 g (que consuma aproximadamente el 50 % del total de álcali que se agregue, ver 7.3).

7.3 Usando una pipeta volumétrica agregar 25 cm<sup>3</sup> de la solución etanólica de hidróxido de potasio. Conectar al matraz el refrigerante de reflujo y hervir la mezcla en baño María durante 60 min para conseguir completa saponificación de la muestra.

7.4 Añadir 1 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína (o de azul alcalino 6B si la muestra es de color oscuro) y titular, en caliente, el exceso de hidróxido de potasio con la solución 0,5 N de ácido clorhídrico o sulfúrico hasta que desaparezca la coloración rosada (o se observe cambio del color rojo al azul, si se usa azul alcalino 6B).

7.5 Simultáneamente, y para cada determinación, debe realizarse un ensayo en blanco con todos los reactivos, sin la muestra y siguiendo el mismo procedimiento descrito a partir de 7.3.

## 8. CALCULOS

8.1 El índice de saponificación se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$i = \frac{56,1(V_1 - V_2)N}{m}$$

siendo:

$i$  = índice de saponificación del producto, en mg/g.

$V_2$  = volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación de la muestra, en cm<sup>3</sup>.

$V_1$  = volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación del ensayo en blanco, en cm<sup>3</sup>.

$N$  = normalización de la solución de ácido clorhídrico o sulfúrico.

$m$  = masa de la muestra analizada, en g.

## 9. ERRORES DE METODO

9.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 0,5 % de la media aritmética de los dos resultados; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

## 10. INFORME DE RESULTADOS

10.1 Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los dos resultados de la determinación, aproximada a unidades enteras.

10.2 En el informe de resultados debe indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse además cualquier condición no especificada en esta norma, o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

10.3 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

**Anexo 13. Proceso de extracción de aceite de moringa por el método mecánico**

<p style="text-align: center;"><b>Recolección</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Selección y limpieza</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Descascarillado</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Extracción</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Centrifugado</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>Envasado y almacenamiento</b></p> 

## Anexo 14. Certificación de traducción del Abstract

Loja, 30 de enero de 2023

### CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Yo, Nadine Alejandra Narváez Tapia, con número de cédula 1150753067 y con título de Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención Inglés, registrado en el SENESCYT con número 1008-2019-2144786

#### CERTIFICO:

Qué he realizado la traducción de español al idioma Inglés del resumen del presente trabajo de integración curricular o de titulación denominado **“Obtención de aceite a partir de la semilla de moringa (*moringa oleífera*)”** de autoría de **Yadira Elizabeth Viteri Troncos**, portadora de la cédula de identidad, número **1104810542**, egresada de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, siendo el mismo verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que se creyera conveniente.



Firmado electrónicamente por:  
NADINE  
ALEJANDRA  
NARVAEZ TAPIA

**Lic.** Nadine Alejandra Narváez Tapia

**C.I:** 1150753067

**Registro del SENESCYT:** 1008-2019-2144786