

**REVISIÓN TEÓRICA DE LOS ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA  
SEMILLA DE *Moringa oleífera Lam* E IMPACTO EN LA SALUD HUMANA**



**WILLIAM ANDRÉS NEGRETE HUMANEZ**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MONTERÍA- CÓRDOBA**

**2021**

**REVISIÓN TEÓRICA DE LOS ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA  
SEMILLA DE *Moringa oleífera Lam* E IMPACTO EN LA SALUD HUMANA**

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
QUÍMICO**

**PRESENTADO POR:**

**WILLIAM ANDRÉS NEGRETE HUMANEZ**

**DIRECTOR: JENNIFER LAFONT MENDOZA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MONTERÍA- CÓRDOBA**

**2021**

### **Nota de Aceptación**

El informe de trabajo de grado en modalidad de monografía titulado “**REVISIÓN TEÓRICA DE LOS ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA SEMILLA DE *Moringa oleífera Lam* E IMPACTO EN LA SALUD HUMANA**” realizado por el estudiante WILLIAM ANDRÉS NEGRETE HUMANEZ, cumple con los requisitos exigidos por la facultad de Ciencias Básicas para optar por el título de químico y ha sido aprobado.

*Jennifer Lafont M*

---

**Director del trabajo de grado.**

**JENNIFER LAFONT MENDOZA, Ph.D**

*Adolfo Muñoz*

---

**Jurado.**

**ADOLFO ENSUNCHO MUÑOZ, M.Sc**

*Javier Martínez*

---

**Jurado.**

**JAVIER MARTÍNEZ GUZMÁN, M.Sc**

## DEDICATORIA

*Mi trabajo lo dedico con todo mi amor y cariño a mi amada familia por sus sacrificios y esfuerzos, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mis capacidades.*

*A mi madre Carmen Humanez por motivarme y ser un apoyo fundamental de mi vida, sin su ayuda, comprensión y esfuerzo jamás habría logrado alcanzar este logro.*

*A mis hermanas Sara Negrete y Carmen Negrete por ser las personas presentes en todo momento. Y brindarme apoyo siempre incondicionalmente que lo necesité.*

*A mis compañeros y amigos presentes y pasados quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas, y a todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad. Karina Causil, Vanessa Montes, Guillermo Jiménez.*

*A mi compañera sentimental le agradezco de corazón por su compañía y comprensión durante todos los años juntos, Sami Paes.*

*Gracias a todos por todo el apoyo extraordinario que me brindaron durante este largo viaje.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero darle gracias a mi familia por darnos la fuerza, el conocimiento y la tenacidad para superar los obstáculos que se presentaron y así poder cumplir esta meta, por todo el apoyo y esfuerzo que me brindaron para alcanzar este gran logro, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron en todos estos largos años ayudándome a culminar esta etapa de mi vida.

A la profesora Jennifer Lafont Mendoza (Ph.D), en compañía de la profesora Amelia Andrea Espitia Arrieta (M.Sc), agradecerle por su tiempo, apoyo, orientación, dirección, colaboración y sabiduría que me transmitió en cada uno de los pasos para el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y compañeros Guillermo Jiménez, Karina Causil, Vanessa Montes, Daniel Oviedo, Sergio Rivero, Jhan Osorio, Lina Gonzales, Natalia Quintero gracias por su apoyo, comprensión y colaboración.

A esta gran institución por permitir formarme como profesional, al cuerpo docente de la universidad presente en nuestra carrera, los cuales contribuyeron con el desarrollo de este logro.

Infinitas gracias a cada una de las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	
1.0 <b>INTRODUCCIÓN</b>	1
2.0 <b>OBJETIVOS</b>	3
2.1 <b>OBJETIVO GENERAL</b>	3
2.2 <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	3
3.0 <b>CAPÍTULO 1: ESTUDIOS QUÍMICOS REPORTADOS SOBRE LA SEMILLA DE <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	4
3.1 <b>ORIGEN DE LA <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	4
3.2 <b>Distribución</b>	5
3.3 <b><i>Moringa oleífera Lam</i> COMO CULTIVO POTENCIAL EN COLOMBIA</b>	6
3.4 <b>PLANTACIONES DE <i>Moringa oleífera Lam</i> EN COLOMBIA</b>	7
3.5 <b>Clasificación taxonómica de las plantas de <i>Moringa oleífera</i></b>	8
3.6 <b>Características botánicas de la <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	9
3.6.1 <b>Semillas de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	10
3.6.2 <b>Tallo de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	10
3.6.3 <b>Raíz de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	11
3.6.4 <b>Hojas de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	12
3.6.5 <b>Flores de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	12
3.6.6 <b>Frutos de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	13
3.6.7 <b>Corteza de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	14
3.7 <b>Análisis químico del fruto de <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	15
3.8 <b>Composición química de la <i>Moringa oleífera Lam</i></b>	16
3.9 <b>Métodos empleados para realizar los estudios químicos a las semillas de</b>	18

*Moringa oleífera*

3.9.1	<b>Determinación de grasa o aceite</b>	19
3.9.2	<b>Contenido de Proteínas</b>	20
3.9.3	<b>Carbohidratos totales</b>	23
3.9.4	<b>Determinación de Fibra</b>	25
3.9.5	<b>Cenizas o contenido de minerales</b>	26
3.9.6	<b>Humedad</b>	28
4	<b>CAPITULO 2. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS SEMILLAS de <i>Moringa oleífera</i> Lam y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA</b>	30
4.1	<b>ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA DE <i>MORINGA OLEÍFERA</i></b>	30
4.2	<b>SIGNIFICADO DE ESTOS PARÁMETROS E IMPACTO EN LA SALUD HUMANA</b>	31
4.2.1	<b>Importancia de las grasas o aceites</b>	31
4.2.2	<b>Carbohidratos en la salud</b>	32
4.2.3	<b>Contenido de proteína en semillas</b>	32
4.2.4	<b>Contenido de cenizas o minerales</b>	34
4.2.5	<b>Importancia de la fibra cruda en la salud humana</b>	34
4.2.6	<b>Importancia de la humedad</b>	35
4.3	<b>VALOR NUTRICIONAL DE LA <i>MORINGA OLEÍFERA</i></b>	35
4.3.1	<b>Principales propiedades de la moringa oleífera</b>	37
4.4	<b>EFECTO DE LA SEMILLA DE <i>Moringa oleífera</i> EN LA SALUD HUMANA</b>	38
4.5	<b>NUTRIENTES ESENCIALES</b>	38
4.6	<b>PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA <i>Moringa oleífera</i></b>	39
4.7	<b>IMPACTO EN LA SALUD HUMANA</b>	40

4.7.1	<b>Prevención de cáncer</b>	40
4.7.2	<b>Actividad antiinflamatoria</b>	42
4.7.3	<b>Prevención de tumores</b>	42
4.8	<b>Alimentos a partir de la moringa oleífera</b>	44
4.8.1	<b>Alimentación humana</b>	45
4.8.2	<b>Una alternativa llamada <i>Moringa oleífera</i></b>	46
5	<b>CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE <i>Moringa oleífera</i> Lam: VENTAJAS Y DESVENTAJAS</b>	47
5.1	<b>ACEITES VEGETALES: definición de aceite</b>	47
5.2	<b>ÁCIDOS GRASOS</b>	47
5.3	<b>ÁCIDOS GRASOS SATURADOS</b>	48
5.4	<b>ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS</b>	48
5.5	<b>CARACTERIZACIÓN DE ACEITES</b>	49
5.5.1	<b>Índice de Refracción</b>	49
5.5.2	<b>Índice de Saponificación</b>	49
5.5.3	<b>Índice de acidez</b>	50
5.5.4	<b>Índice de Yodo</b>	50
5.5.5	<b>Índice de peróxido</b>	51
5.6	<b>MÉTODOS TRADICIONALES DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO</b>	51
5.7	<b>EXTRACCIÓN DEL ACEITE VEGETAL POR PRENSADO</b>	54
5.7.1	<b>OBTENCIÓN DE LA TORTA</b>	55
5.8	<b>EXTRACCIÓN POR FLUIDOS SUPER CRITICOS (FSC)</b>	56
5.9	<b>CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE <i>MORINGA OLEÍFERA</i></b>	56
5.9.1	<b>PRINCIPALES COMPONENTES DEL ACEITE DE <i>Moringa oleífera</i></b>	57
5.10	<b>PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE <i>Moringa oleífera</i></b>	59
5.11	<b>ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ACEITE DE <i>Moringa oleífera</i></b>	60
5.12	<b>CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES DEL ACEITE DE SEMILLAS DE <i>Moringa oleífera</i></b>	61

5.12.1	<b>LA POLIFENOLES TOTALES FUERON DETERMINADOS MEDIANTE EL MÉTODO COLORIMÉTRICO</b>	62
5.13	<b>CONTENIDO DE TOCOFEROLES DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE <i>Moringa oleífera</i></b>	63
5.14	<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS</b>	65
5.14.1	<b>VENTAJAS DEL USO DEL ACEITE DE <i>Moringa oleífera</i> EN LA SALUD</b>	65
5.14.2	<b>DESVENTAJAS DEL USO DEL ACEITE DE LA <i>Moringa oleífera</i> EN LA SALUD</b>	68
6	<b>CAPÍTULO 4. USOS DE LAS SEMILLAS DE <i>Moringa oleífera</i> Lam Y SU ACEITE</b>	71
6.1	<b>Usos etnobotánicos de <i>Moringa Oleífera</i>.</b>	71
6.1.1	<b>Usos medicinales tradicionales de la <i>Moringa oleífera</i></b>	72
6.2	<b>Composición química y actividades biológicas de las semillas de <i>Moringa Oleífera</i></b>	76
6.2.1	<b>Actividad antimicrobiana</b>	77
6.2.2	<b>Actividad antioxidante</b>	79
6.3	<b>APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LAS SEMILLAS DE <i>Moringa Oleífera</i></b>	81
6.3.1	<b><i>Moringa oleífera</i> en el tratamiento y Purificación de aguas residuales y potables</b>	81
6.3.2	<b>ACEITE DE <i>Moringa oleífera</i> EN LA INDUSTRIA</b>	83
6.3.3	<b>Usos no comestibles del aceite de <i>Moringa oleífera</i></b>	85
6.3.4	<b>Usos cosméticos</b>	85
6.3.5	<b>Producción de biodiesel</b>	86
6.4	<b>BENEFICIOS DEL ACEITE OLEICO DE LA <i>Moringa oleífera</i></b>	87
6.5	<b>CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE <i>Moringa oleífera</i></b>	90
7	<b>CONCLUSIONES</b>	91
8	<b>APORTES Y RECOMENDACIONES</b>	94
9	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	95

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Árbol de *Moringa oleífera*.

**Figura 2.** Semillas de *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 3.** Distribución de la *Moringa oleífera* en el mundo.

**Figura 4.** Semillas de *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 5.** Tallo de *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 6.** Raíz de *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 7.** Hojas de *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 8.** Flores de *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 9.** Frutos o vainas de *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 10.** Corteza de la *Moringa oleífera* Lam.

**Figura 11.** Estructura de la niacimicina

**Figura 12.** Aparato Soxhlet.

**Figura 13:** Estructura ácido gálico.

**Figura 14.** Estructura de alfa-tocoferol.

**Figura 15.** Usos medicinales del árbol *Moringa oleífera*.

**Figura 16.** Estructura de 4-( $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil glucosinolato.

**Figura 17.** Estructura 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato.

**Figura 18.** Aprovechamiento industrial de *Moringa oleífera*.

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la *Moringa*.
- Tabla 2.** Contenido nutricional del fruto con semillas.
- Tabla 3.** Contenido de aceites de las semillas.
- Tabla 4.** Composición química de la *Moringa oleífera Lam.*
- Tabla 5.** Factores de conversión de nitrógeno a proteína
- Tabla 6.** Composición proximal de las semillas de *Moringa oleífera*.
- Tabla 7.** Porcentajes de aceite extraído de las semillas de *Moringa oleífera* con el extractor de Soxhlet.
- Tabla 8.** Contenido de aminoácidos de la semilla de *Moringa oleífera*.
- Tabla 9.** Valores nutricionales de *Moringa oleífera Lam.*
- Tabla 10.** Valores nutricionales de las semillas de *Moringa oleífera*.
- Tabla 11.** Parámetros de calidad determinados para el aceite de semilla de *Moringa oleífera* comparados con el aceite de oliva.
- Tabla 12.** Composición porcentual de la semilla de *Moringa oleífera* determinada por cromatografía gaseosa.
- Tabla 13.** Propiedades fisicoquímicas del aceite de *Moringa oleífera Lam.*
- Tabla 14.** Contenido de polifenoles totales del aceite de moringa obtenido sin y con tratamiento enzimático.
- Tabla 15.** Contenido de tocoferoles del aceite de moringa (mg/kg de aceite).
- Tabla 16.** Usos medicinales tradicionales de *Moringa oleífera*.
- Tabla 17.** Propiedades medicinales de *Moringa oleífera* basadas en estudios experimentales.
- Tabla 18.** Propiedades del biodiesel del aceite de *Moringa oleífera*.

## ABREVIATURAS

**AFPD:** African Flowering Plants Database

**IPM:** Índice de Pobreza Multidimensional

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**DANE:** Departamento Administrativo Nacional de Estadística

**FIDA:** Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola

**g:** gramos

**DIAAS:** Digestible Indispensable Amino Acid-Score

**LOX:** Oxidación de lípidos

**AM:** Actividad microbiana

**FSC:** Fluidos super críticos

**SV:** Valor de saponificación

**DPPH:** (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)

**ABTS:** {2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)}

**NO:** Óxido nítrico

**BHA:** Hidroxibutilanisol

**CE<sub>50</sub>:** Concentración efectiva media

**TDS:** Total Dissolved Solids

**TSS:** Total de Sólidos Suspendidos en una solución

**µm:** Micrómetros (10<sup>-6</sup> metros).

**ASTM:** International (American Society for Testing and Materials)

**EN 14214:** Norma europea

## RESUMEN

En este trabajos se realizó una revisión bibliográfica detallada para analizar los estudios sobre el aceite y el análisis proximal de las semillas del fruto de *Moringa Oleífera*, así mismo se muestran sus propiedades y la composición química y nutricional del aceite extraído de estas semillas por medio de análisis espectroscópicos e impacto en la salud humana.

En la bibliografía se encontraron varios resultados de investigaciones sobre el análisis químico de la semilla de *Moringa oleífera* de los cuales algunos se detallan a continuación: El contenido de humedad es 5.70 – 8.90, de grasa cruda  $36.70 \pm 2.80$ , proteína cruda  $31.40 \pm 1.30$ , carbohidratos totales 18.40, contenido de fibra 6.80 – 8.00 y contenido de cenizas 4.40 – 6.90. El aceite de semilla contiene índice de saponificación 171.9 – 191, índice de yodo 65.580 y índice de peróxido 8.1 – 15, índice de rancidez 1.970, densidad 0.908, ácidos grasos libres 0.5 – 2.51 y acidez de 3.8 – 5.04.

En el análisis del aceite de la semilla de *Moringa oleífera*; Se ha comprobado que tiene aplicaciones medicinales variadas, especialmente en los países de origen; Los frutos se consideran afrodisíacos, la infusión de la semilla es laxante y purgante; Además de demostrar gran capacidad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana, prevención del cáncer, gran aportes en la alimentación humana, y un gran sustituto al uso de la gasolina como biodiesel.

**Palabras claves:** Moringa, análisis proximal, ácidos grasos, aceite, biodiesel.

## SUMMARY

In the following work, a detailed bibliographic review of the analysis of the studies carried out on the oil and proximal analysis of the seed of the *Moringa oleifera* fruit was carried out, as well as its properties and the chemical and nutritional composition of the oil extracted from these seeds by means of spectroscopic analysis and impact on human health.

In the bibliography, several research results were found on the chemical analysis of *Moringa oleifera* seed, some of which are detailed below: The moisture content is 5.70 - 8.90, crude fat  $36.70 \pm 2.80$ , crude protein  $31.40 \pm 1.30$ , total carbohydrates 18.40, fiber content 6.80 - 8.00 and ash content 4.40 - 6.90. The seed oil contains saponification index 171.9 - 191, iodine number 65.580 and peroxide number 8.1 - 15, rancidity index 1.970, density 0.908, free fatty acids 0.5 - 2.51 and acidity of 3.8 - 5.04.

In the analysis of the oil of the seed of *Moringa oleifera*; It has been shown to have varied medicinal applications, especially in the countries of origin; The fruits are considered aphrodisiacs, the infusion of the seed is laxative and purgative; In addition to demonstrating great antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, cancer prevention, great contributions to human nutrition, and a great substitute for the use of gasoline as biodiesel.

**Keywords:** Moringa, proximal analysis, fatty acids, oil, biodiesel.

## INTRODUCCIÓN

La *Moringa Oleífera Lam* es un árbol de la familia Moringaceae, nativo de las estribaciones del sur del Himalaya y ampliamente distribuido en la India, Asia, África, Sur de Florida, Islas del Caribe y América del Sur (Jaimes, López, Ruíz, Pérez, & Chagman, 2018). Este árbol tiene distintos usos medicinales y presenta un alto valor nutricional. Las diferentes partes que integran esta planta son; semillas, raíces, frutos, corteza, flores y vainas inmaduras son utilizadas en la medicina tradicional, estudios farmacológicos y de gran aprovechamiento industrial.

Las semillas de *Moringa oleífera* se caracterizan principalmente por el alto contenido de ácidos grasos, proteínas, vitaminas, fibra, fitoquímicos de carácter fenólico, alcaloides, glucosilatos. Compuestos que confieren a la planta actividad antimicrobiana, antioxidantes, antiinflamatorios. Además de ser utilizada tradicionalmente como antipirético, antituberculoso, antitumoral, histeria, purgante y en el tratamiento de enfermedades venéreas. La semilla se utiliza industrialmente en la fabricación de productos comestibles, purificación y tratamiento de agua (Olzon, 2011) (Martín, Martín, García, Fernández, & Puls, 2013).

La semilla de *Moringa oleífera* contiene 35 – 45% de aceite siendo el más abundante el ácido oleico que representa el 67% en peso, haciendo del aceite un alimento prometedor en la industria alimentaria. (Ayerza, 2019). Las propiedades fisicoquímicas y composición, son parámetros determinantes para establecer la característica que este posee y así poder direccionarlo hacia su uso más adecuado, por lo que es crucial una buena elección del

método de extracción. La extracción por prensado y con solvente son los más utilizados, presentando este último el inconveniente de usar grandes cantidades de solventes y el peligro que representa para el consumo humano, otro método de extracción utilizado, es la extracción con fluidos supercrítico, un método más limpio y adecuado cuando se trata de extracción de aceites vegetales y alimenticios (Núñez, 2008) (OSEIDA, 2018)

El acentuado uso de plantas y sus derivados para fines comestibles, industriales e investigativos, la abundancia de productos sintéticos que causan daño a la salud, el aumento de enfermedades y la necesidad de resaltar las propiedades, beneficios y aprovechamiento de los productos naturales, hace surgir la presente monografía, en la cual se tiene como objetivo realizar una búsqueda exhaustiva en investigaciones realizadas de la semilla y el aceite de *Moringa oleífera* teniendo en cuenta las características del aceite y su impacto en la salud humana, cuya finalidad es incentivar el uso de esta planta, interés investigativo e industrial a nivel nacional.

# 1. OBJETIVOS

## 2.1. OBJETIVO GENERAL

Hacer una revisión teórica de los estudios químicos realizados a la semilla de *Moringa oleífera Lam*, mediante el análisis de la información científica reportada, determinando el impacto en la salud humana.

## 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los estudios químicos reportados sobre la semilla de *Moringa oleífera Lam*, sus métodos y resultados.
- Resaltar la importancia de la composición proximal de las semillas en estudio, analizando su impacto en la salud humana.
- Identificar acorde con la literatura científica los análisis del aceite de la semilla de *Moringa oleífera Lam*, ventajas y desventajas.
- Proponer posibles usos de las semillas y su aceite acorde con las revisiones realizadas.

### **3. CAPÍTULO 1: ESTUDIOS QUÍMICOS REPORTADOS SOBRE LA SEMILLA DE *Moringa oleífera* Lam**

#### **3.1. ORIGEN DE LA *Moringa oleífera* Lam**

Es un árbol ajustado a trópicos y subtrópicos, procedente del Himalaya en India, pero ampliamente comercializado en otras regiones de India, África, Asia, Sur de Florida, Islas del Caribe y América del Sur. Las características del árbol son (ver figura 1): altura entre 10-12 m, tronco leñoso y recto de diámetro entre 20-40 cm, rápido crecimiento alcanzando en un año 5.0 m de elevación y este llega a vivir hasta 20 años de vida (Falasca, 2008), tiene copa abierta tipo paraguas y alta resistencia a plagas y enfermedades. La siembra de moringa brinda gran proporción de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión y la desecación ya que puede crecer en cualquier lugar, de manera asexual o sexual permite su propagación y que es cultivado en suelos pobres con escasas de lluvia (Perez, Benítez, Vásquez, & Obregón, 2010).



**Figura 1.** Árbol de *Moringa oleífera*.

En las semillas de *Moringa oleífera* (ver figura 2) se descubrió que estas eran una fuente potencial de aceite vegetal, principalmente con la llegada de la necesidad de la explotación de aceites comestibles, oleo químicos, lípidos y combustibles derivados de lípidos (biodiésel) en todo el mundo. El rendimiento de aceite de *Moringa oleífera* en las semillas varía entre el 27.0 a 42.0 % según lo informado por varias fuentes bibliográficas (Ismail, Elwathig, & Mirghani, 2017), además las semillas han demostrado ser fuentes de antioxidantes (Domínguez, y otros, 2014).

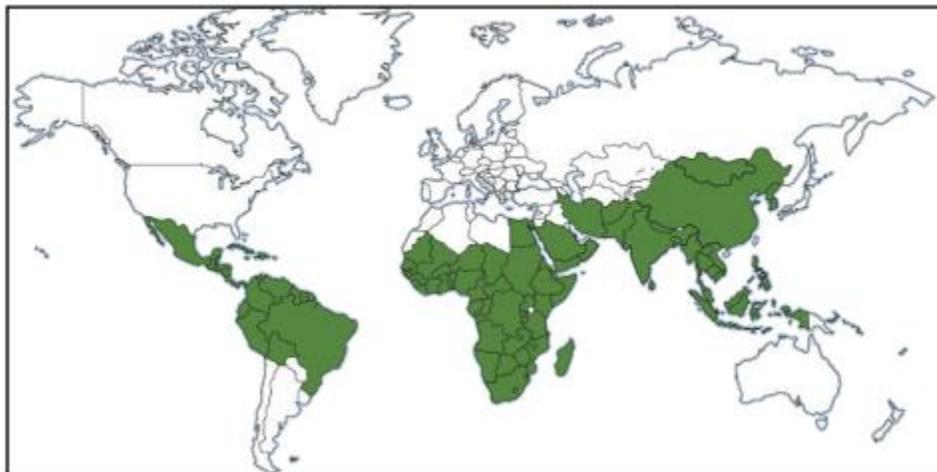


**Figura 2.** Semillas de *Moringa oleífera* Lam.

### **3.2. Distribución**

La Moringa es árbol que especialmente es nativo de los países de Asia y África. En América Central fue incrustados en sembríos en los años 1920 como planta ornamental y se halla en áreas desde el nivel del mar hasta los 1800 metros. Se ha tornado originario principalmente en muchos países de África, Madagascar, Arabia, el Sureste de Asia, la

zona del Pacífico y América del Sur (ver figura 3). Este árbol es super ideal para zonas áridas, semiáridas, tropicales y subtropicales (BALBIR, 2005).



**Figura 3.** Distribución de la *Moringa oleífera* en el mundo

### **3.3. *Moringa oleífera* Lam COMO CULTIVO POTENCIAL EN COLOMBIA**

En Colombia se han adelantado cultivos del árbol en los departamentos de Bolívar, Tolima, Meta y Antioquia, principalmente para fines de comercialización en agricultura y para complemento alimenticio pues su alto contenido nutricional ha favorecido de la dieta de la población (Ayerza, 2012). Bajo sistemas tecnificados del cultivo se puede potencializar sus propiedades y se ha reportado que las cualidades nutricionales pueden sobresalir en mucho a las de plantas laboradas en regiones nativas (Martinez, Carballo, & Roacha, 2011). Por lo anterior principalmente en la zonas en que se ha adelantado plantaciones del árbol y además

de agrícola son regiones ganadera, es de considerar el potencial económico que tiene el desarrollo de sistemas agroforestales para la obtención de alimentos.

### **3.4. PLANTACIONES DE *Moringa oleífera Lam* EN COLOMBIA**

En Colombia la *Moringa* es sembrada especialmente en las zonas secas y húmedas de la costa Caribe; en Santander, en Norte de Santander; en el alto y valle del Magdalena; en el Valle del Cauca y en Cundinamarca. Es un cultivo con gran suficiencia de estar presente en diferentes tipos de suelos y elevaciones entre el nivel del mar y los 1800 metros, de esta manera se pudo llevar a cabo la investigación desde el programa de mejoramiento en los cultivos de moringa (Moreno, 2018).

El aceite de *Moringa Oleífera*, o quizás llamado aceite de behen en Madagascar, se puede utilizar para el consumo humano y para la producción de medicamentos que mejoran la digestión e hidratan la piel. También sirve como complemento alimenticio para animales, con el fin de aventajar su balance nutricional y las calorías necesarias durante la producción pecuaria (Bastidas, 2018).

De acuerdo al panorama del hambre declarado por la FAO, Colombia, cuya población total es de 49.26 millones de habitantes (DANE, 2018), cuenta con 6.0 millones de personas subnutridas, cuya prevalencia de subnutrición es del 13.0 % (FAO, 2013).

Oficialmente, hay dos formas de calcular el índice de pobreza en Colombia: La primera se basa en el ingreso en efectivo de la familia, conocido como pobreza monetaria. El segundo comienza con el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), que evalúa cinco formas en las

que las familias colombianas pueden encontrarse en una situación precaria. Ambas son medidas complementarias, no medidas exclusivas (DANE, 2013).

El crecimiento agrícola es efectivo para vencer el hambre y la malnutrición. La mayor parte de los pobres dependen únicamente de la agricultura y las actividades conectadas con una parte muy importante de sus medios de vida. El crecimiento agrícola con la participación de pequeños agricultores, especialmente los hombres, serán más eficaces para reducir la pobreza extrema y el hambre si permite aumentar los ingresos de los trabajadores y producir trabajo para todos (FAO FIDA, 2012).

Ante los datos presentados de pobreza en todo el mundo, y a pesar de vivir en la tierra un planeta rico en alimentos en el que técnicamente todas las personas deberíamos gozar de seguridad alimentaria, porque sus recursos sobresalen para alimentar a toda la humanidad entera, la realidad es otra; la relación de la pobreza con la inseguridad alimentaria evidencia una distribución inequitativa de los bienes y servicios ambientales, y los intereses personales y el poder superan las necesidades humanas y que se violan los derechos de miles de personas para poder tener acceso a la libertad de comer de manera nutritiva y satisfactoria (Gómez & Ortega, 2014).

### **3.5. Clasificación taxonómica de las plantas de *Moringa oleífera***

Su clasificación taxonómica según (Liñan, 2010), muestra que pertenece a la familia de las Moringáceas, orden de los Capparidales clase magnoleopsida; el género *Moringa* que cuenta con 13 especies descritas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la *Moringa*

<b>TAXONOMIA</b>	
Familia	Moringáceas
Origen	Capparidales
Clase	Magnoleopsida
Genero	Moringa
Especies	Arborea, Concanensis, Drocanensis, Drouhardii Hildebrandtii, Pygmeae Peregrina, Ovalaifolia Rospoliana, Stenopetala Rivae, Oleífera, Borziana

### **3.6. Características botánicas de la *Moringa oleífera* Lam**

La *Moringa oleífera* de la familia Moringaceae, es una de las 13 especies del género *Moringa*. El fruto de aspecto de vaina extensa y dura se abre al madurar en tres valvas y que contiene las semillas trivalvas con alas longitudinales. Las flores tienen cinco pétalos, cinco sépalos, cinco estambres funcionales y varios estaminodios. La planta posee raíces tuberculosas y tallos rectos. Es un árbol que puede alcanzar más de 10 m de altura (Zavala, Escalante, Bautista, & Arellanes, 2016).

### 3.6.1. Semillas de *Moringa oleífera* Lam

Un árbol de *Moringa oleífera* puede producir un número de semillas entre 15,000 y 25,000 por año y cada una con un peso en promedio de 0.30 g. Las semillas tienen una cáscara esférica marrón semipermeable de aproximadamente 1 cm de diámetro y tres pétalos separados por 120 °(Adegbe, Larayeta, & Omojuwa, 2016). El tejido nutricional de la semilla representa en gran parte entre el 70.0 % y 75.0 % del peso total de la semilla (Leone, Spada, Battezzati, Schiraldi, & Aristil, 2016). (Figura 4)



**Figura 4.** Semillas de *Moringa oleífera* Lam

### 3.6.2. Tallo de *Moringa oleífera* Lam

El tallo (ver figura 5), se utiliza después de la incineración como carbón vegetal. La corteza fresca tiene funciones de antídoto contra la picadura de muchos insectos, contra el veneno de víboras y también es diurético y antiescorbútico (Arias, 2014).



**Figura 5.** Tallo de *Moringa oleífera Lam*

### **3.6.3. Raíz de *Moringa oleífera Lam***

La raíz se puede usar para la elaboración de muchos platillos y como sazónador de muchas comidas, ya que incluye una sensación picante, además, al igual que el tallo, es diurético y antiescorbútico. La raíz de la *Moringa oleífera* es bastante robusta y extensa (ver figura 6), con un sistema extenso de muchas raíces laterales tuberosas; así, tiene una gran cantidad de agua de reserva para épocas de sequía, lo cual genera una mejor retención de tierra. Además su sembríos juegan un papel en la prevención de deslizamientos de tierra que son de suma importancia y utilidad (Sarmiento, 2008).



**Figura 6.** Raíz de *Moringa oleífera Lam*

### **3.6.4. Hojas de *Moringa oleífera* Lam**

Estas son las que tienen más usos, y sirven tanto como fuente de alimento humano tanto como animal, pues los contenidos nutricionales de las hojas y bajos costos que tiene en la recogida de hojas para obtener biomasa y así poder conseguir progreso que es importante para una buena alimentación de aves, peces, cerdo y ovinos (Pérez A. , Sánchez, Armengol, & Reyes, 2010) (ver figura 7). En muchos de los casos es necesario combinar la hoja con otro tipo de planta para balancear la dieta de los animales, sobre todo por la falta de fibra en la dieta (Aunque cabe destacar que el uso de *Moringa Oleífera* es negativo para la alimentación de las lombrices) (Castro Márquez, 2013).



**Figura 7.** Hojas de *Moringa oleífera* Lam

### **3.6.5. Flores de *Moringa oleífera* Lam**

Las flores se usan para la alimentación en muchos productos ya que suministran nutrientes al cuerpo y se utilizan para tratar problemas en los riñones. También mejora la calidad y el flujo de la leche materna (Mora & Gacharná, 2015). La *Moringa Oleífera* se considera una

planta melífera porque las flores (ver Figura 8) son una excelente fuente de néctar y polen para miel. (Pérez A. , Sánchez, Armengol, & Reyes, 2010).



**Figura 8.** Flores de *Moringa oleífera Lam*

### **3.6.6. Frutos de *Moringa oleífera Lam***

Los frutos de esta planta se utilizan principalmente para alimentación, pero las semillas son imprescindibles, ya que son un 40,0% en peso de aceite, de los cuales el 73,0% son oleicos, que es un buen sustituto del aceite de oliva. Por otro lado, esa cantidad de aceite favorece la elaboración de biocombustibles, lubricación de mecanismos, fabricación de jabón y cosméticos (Sarmiento, 2008).

Las vainas frescas (ver Figura 9) son una fuente de aminoácidos esenciales. Los autores (Ghasi & Nwobodo, 2000), reconocen el efecto positivo que los extractos de semillas tienen en la reducción del colesterol en sangre.



**Figura 9.** Frutos o vainas de *Moringa oleífera Lam*

### **3.6.7. Corteza de *Moringa oleífera Lam***

Tiene cualidades como rubefaciente, para aliviar enfermedades oculares y para la medicación de pacientes delirantes. De igual manera, previene el agrandamiento del bazo y la formación de glándulas tuberculosas en el cuello, destruye los tumores y sana las úlceras. El jugo de corteza mejora drásticamente el dolor de oído, se utiliza en la cavidad dental como analgésico y tiene actividad antituberculosa (Ruiz, Odio, & Carrión, 2012).



**Figura 10.** Corteza de la *Moringa oleífera Lam*

### 3.7. Análisis químico del fruto de *Moringa oleífera* Lam

El fruto o vaina, tiene forma de cápsulas alargadas, generalmente con longitud de 20-50 cm y 1-3 cm de ancho donde se encuentran las semillas. De acuerdo con estudios realizados (AFPD., 2008) el contenido nutricional de cada 100g de la vaina con semillas de *Moringa oleífera* es el siguiente:

**Tabla 2.** Contenido nutricional del fruto con semillas

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>
Agua	86.90 g
Proteínas	2.50 g
Grasa	0.10 g
Carbohidratos	8.50 g
Fibra	4.80 g
Ceniza	2.01 g
Calcio	30.00 mg
Fosforo	110.00 mg
Hierro	5.30 mg
Vitamina A	184.00 UI
Niacina	0.20 mg
Ácido ascórbico	120.00 mg
Cobre	310.00 ug
Yodo	1.80 ug

Proteína cruda	38.40 g
----------------	---------

Además se puede mostrar el contenido de ácidos grasos presentes en las semillas de *Moringa oleífera*.

**Tabla 3.** Contenido de aceites de las semillas

Parámetro	Cantidad
Aceite graso	34,70 %
Acido palmítico	9,30 %
Acido esteárico	7,40 %
Ácido behénico	8,60 %
Ácido oleico	65,70 %

### 3.8. Composición química de la *Moringa oleífera Lam*

Las semillas de moringa abarcan entre el 40.0 - 30.0% de aceite, en el cual se presentan diferentes componentes como glicósidos, pterigospermina, 4-benzilisocianato y trazas de alcaloides. La corteza de la raíz contiene beta-sitosterol, trazas de alcaloides, espiroquina y gomas.

Las hojas y flores contienen vitaminas, minerales, quercetina y aminoácidos . La goma del tallo contiene basorina, dextrina, enzimas como la emulsina y mirosina y se encuentra un alcaloide como la moringenina. Las hojas secas contienen humedad (8.40%), cenizas

(12.50%), nitrógeno total (3.30%), proteínas (20.60%), fibra cruda (3.80%), extracto etéreo (9.0%) y extracto no nitrogenado (45.60%), (Gómez K. , 2013). La tabla 4 presenta los componentes químicos de la *Moringa oleífera*.

**Tabla 4.** Composición química de la *Moringa oleífera* Lam

Componente químico	Semilla	Tallo	Hoja	Flor	Raíz	Corteza
4(alfa-L-ramnosil) bencilisotiocianato	x				x	
Ácidos grasos	x					
Afomina					x	
Alcaloide (moringenina)		x			x	
Aminoácidos	x		x	x		
Basorina		x				
Dextrina		x				
Enzimas (emulsina, mirosina)		x				
Espiraquina					x	
Glicósidos (moringina)	x					
Gomas						x
Pterigospermina	x				x	
Quercetina			x	x		
Trazas de alcaloides	x					x
Vitaminas y minerales	x		x	x		
Beta-sitosterol						x

### **3.9. Métodos empleados para realizar los estudios químicos a las semillas de *Moringa oleífera***

La *Moringa oleífera* ha sido utilizada de muchas formas desde la antigüedad en usos curativos o paliativo de enfermedades de diversas condiciones naturales. En estos últimos años se han desarrollado gran variedad de investigaciones demostrando algunas de sus funciones que resaltan en el organismo fundamentalmente como antioxidante, antiinflamatorio o anti hiperglucemiante, entre otras. Esto le da el potencial de tratar la diabetes y proteger el hígado o proteger el endotelio en una serie de enfermedades crónicas (Doménech, Durango, & Berruezo, 2017).

Además todavía son muy pocos los estudios en relación a los numerosos beneficios presentes en las semillas de la *Moringa oleífera* utilizada como ingrediente alimentario. Las búsquedas se centralizan principalmente en conocer y valorar el agrado de las propiedades nutricionales presentes y la aceptación por parte de las personas. Una vez resumidas las cualidades potencialmente provechosas para la salud humana, el en amplio beneficio de seguridad en humanos (Stohs & Hartman, 2015) y también la eficacia como posible antioxidante y conservante alimentario, es necesario incrementar las investigaciones relativas al efecto sobre el organismo derivado del consumo de estos alimentos enriquecidos, teniendo en cuenta diversas variables como las potenciales pérdidas de acción durante el procedimiento o las interacciones con diferentes componentes de los mismos, entre otras.

De tal manera se presentan los estudios preliminares más importantes que se le puede realizar a un alimento, en nuestro caso las semillas de *Moringa oleífera* y su importancia,

detallados en los resultados obtenidos a partir de análisis de aceite, carbohidratos, proteína, fibra, cenizas y humedad reportados en la base de datos (AOAC, 2000).

### **3.9.1. Determinación de grasa o aceite**

La grasa o aceites se determina para conocer el contenido lipídico presentes en las semillas. La composición de lípidos puede incluir triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, fosfolípidos, esteroides, ácidos grasos libres, vitaminas liposolubles, pigmentos de caroteno, clorofila, etc (Aurand, Woods, & Wells, 1987).

Existen métodos gravimétricos que se utilizan para la determinación de lípidos o grasas. Los solventes típicos incluyen éter dietílico anhidro, éter de petróleo y hexano. Todos estos solventes permiten la extracción de triglicéridos, precisamente como el éter extrae glicéridos simples como los mono, di y triglicéridos, esteroides y usualmente ácidos grasos libres. Los disolventes polares como el cloroformo o metanol extraen tantos lípidos polares como sea posible, incluidos fosfolípidos, terpenos, esteroides, hidrocarburos, ceras y otras sustancias no grasas (Carpenter, Ngeh-Ngwainbi, & Lee, 1993).

En la obtención de aceites se tiene muy en cuenta la técnica, ya que estos extraen diferentes componentes y son considerados como grasa. Por ejemplo, algunos de los azúcares o proteínas de la matriz se pueden eliminar por completo de los lípidos mediante el uso de éteres, lo que también requiere procesos más activos como la hidrólisis antes de la extracción (Lake & Thomson, 1996).

Estos métodos utilizan éter dietílico o éter de petróleo para remover las grasas por medio de un reflujo continuo de éter a través de la muestra por 2 horas. Luego de remover las grasas utilizando éter como solvente, este es eliminado por evaporación y la grasa obtenida se

determina por pesado (método de solvente 996.01 de la AOAC, 2007; Castro & Capote, 2010).

Cálculos

A = Peso del matraz limpio y seco (g)

B = Peso del matraz con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\text{Contenido de lípidos crudos (\%)} = \frac{B - A}{C} \times 100$$

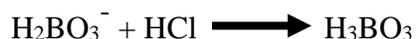
### **3.9.2. Contenido de Proteínas**

En la determinación de proteína esta no es usada para análisis comunes, debido a la alta dificultad de la extracción de la proteína de una muestra. Habitualmente, las muestras que no son complejas, es decir, que no abarcan concentraciones elevadas de compuestos nitrogenados no proteicos (ejemplo  $\text{NH}_4^+$ , aminoácidos libres, urea y otros compuestos complejos nitrogenados) deben investigarse por una sencilla determinación del porcentaje de nitrógeno (como  $\text{NH}_3$ ) y haciendo la idea que este nitrógeno fue el resultado de la digestión de las proteínas. Los resultados obtenidos a través de este procedimiento dan como el contenido de proteína cruda en las semillas o alimentos y se conoce como el método de Kjeldahl (Aurand, Woods, & Wells, 1987).

Las semillas en polvo son digeridas por ácido sulfúrico en presencia de un catalítico. Teniendo la presencia de nitrógeno este es transformado a sulfato de amonio, ya que este

se encuentra presente en las proteínas y otros constituyentes con nitrógeno. El amonio es titulado con un ácido estándar luego de que el destilado se ha vuelto alcalino por medio de una destilación. El porcentaje de nitrógeno en muestra es determinado y los resultados son convertidos a proteína cruda por la multiplicación con un factor (usualmente 6.25) (AOAC (2007), Método de Kjeldahl 12.960.52).

Las reacciones que se llevan a cabo durante el proceso para la determinación de proteína son las siguientes:



En mEq de nitrógeno en una muestra de proteína, equivalen a los mEq de NH<sub>3</sub> el porcentaje de nitrógeno se puede calcular usando la siguiente fórmula:

Cálculos:

A= Ácido clorhídrico utilizado en la titulación (ml)

B = Normalidad del ácido estándar

C = Peso de la muestra (g)

$$\text{Nitrogeno en la muestra (\%)} = \left( 100 \times \frac{(A \times B)}{C} \right) \times 0.014$$

El peso obtenido de nitrógeno de la muestra utilizada puede ser transformado a proteína utilizando el coeficiente apropiado basándose en el porcentaje de nitrógeno en la proteína. En la mayoría de los alimentos el contenido de nitrógeno de la proteína oscila entre el 15.0 – 20.0 %; el promedio se mantiene cercano al 16.0 %. Para convertir el peso de nitrógeno a peso de proteína, se tienen un factor común de  $6.25 \cdot (100/16)$  (ver tabla 5). De todas maneras el factor de conversión de nitrógeno a proteína puede verse afectado entre los diferentes productos alimenticios. Es recomendado confirmar las fuentes apropiadas y dar uso del factor más conveniente para convertir gramos de nitrógeno a gramos de proteína (Greenfield & Southgate, 1992).

**Tabla 5.** Factores de conversión de nitrógeno a proteína

<b>Productos animales</b>		<b>Productos vegetales</b>	
<b>Alimento</b>	<b>Factor</b>	<b>Alimento</b>	<b>Factor</b>
Carne y pescado	6.25	Trigo:	
Gelatina	5.55	Completo	5.83
Leche y lácteos	6.38	Afrecho	6.31
Caseína	6.40	Embrión	5.80
Leche humana	6.37	Endosperma	5.70
Huevos:		Harina de arroz	5.95
Completo	6.25	Harina de centeno	5.83
Albumina	6.32	Harina de cebada	5.83
Vitelio	6.12	Avena	5.83
		Maíz	6.25
		Mijo	6.31
		Frijoles	6.25

		Soya	5.71
		Nueces:	
		Almendras	5.18
		Brazil	5.46
		Manía	5.46
		Otros	5.30

FAO/WHO (1973). A menos que se haya determinado un factor apropiado para cierto tipo de se deberá utilizar el 6.25. (Greenfield & Southgate, 1992)

### **3.9.3. Carbohidratos totales**

La palabra carbohidrato procede de la fórmula química que muestran la mayor parte de los compuestos de este tipo  $C_n(H_2O)_n$ . Los carbohidratos se encuentran en los vegetales y frutas como una provisión de almacenamiento además de presentarse en las semillas, raíces y tubérculos. Los carbohidratos se hayan en superior porcentaje en los alimentos y el principio de energía más económica. En América, los carbohidratos componen aproximadamente el 55.0 % de la ingesta de calorías. Los carbohidratos proveen una parte representativa de la alimentación de las personas en la mayoría países donde los cereales son un producto principal de consumo (Sevenhuysen, 1995).

Los métodos para determinar los carbohidratos se dividen en métodos cualitativos y cuantitativos: los métodos cualitativos se utilizan cuando es necesario determinar los carbohidratos específicos presentes en los alimentos antes de que se incluyan en el análisis cuantitativo.. Se pueden identificar carbohidratos específicos basados principalmente en las

desigualdades de estructura química de estos compuestos. De cualquier forma, usando una prueba específica, el investigador frecuentemente separa el carbohidrato de interés y así poder identificarlo.

## Procedimiento

### Extracción:

1. Pese con precisión de 0,001 g. 1,0 g de muestra seca o 2,5 g de muestra húmeda contiene aproximadamente de 60 a 300 mg de carbohidratos totales disponibles.
2. Trasladar cuantitativamente a una probeta graduada de 100 ml con tapón.
3. Añadir 10.0 ml de agua y agitar con una varilla de vidrio para esparcir la muestra.
4. Añada 13.0 ml de la solución de ácido perclórico. Agite firmemente con la varilla de vidrio durante 20 minutos.
5. Lave la varilla con agua destilada y traslade a volumen de 100 ml. Se mezcla y filtra en un balón volumétrico de 250 ml.
6. Lave la probeta graduada con agua destilada y añada al matraz volumétrico. Rellene el matraz con agua destilada y agite.

### Determinación:

1. Diluya 10,0 ml de extracto a 100 ml con agua destilada. Con una pipeta pase a un tubo de ensaye 1.0 ml del filtrado diluido.
2. Agarre con la pipeta dos muestras de 1.0 ml de agua destilada que servirán como blancos por duplicado y se colocan cada uno de ellos en un tubo de ensaye.
3. Agarre dos blancos duplicados de 1.0 ml utilizando la solución de glucosa diluida.

4. Añada cuidadosamente a todos los tubos 5ml de reactivo de anthrone recién preparado. Tape los tubos y mezcle vigorosamente. Deposítelos en un baño maría y caliente durante 12.0 minutos.
5. Deje enfriar rápidamente a temperatura ambiente. Traslade la solución a celdas para espectrofotómetro de 1.0 cm. El color verde formado se mantiene sólo por 2 horas.
8. Determine la absorbancia a 630 nm contra el blanco.

Cálculos

$$\text{Carbohidratos totales (\% de glucosa)} = \frac{25 \times b}{a \times W}$$

Donde

W = Peso en g de la muestra.

a = Absorbancia del estándar diluido.

b = Absorbancia de la muestra diluida.

El gráfico es una línea recta en el rango de 0 – 0.15 mg de glucosa (manual) 0.0 – 1.5 mg de glucosa (automático)( Chang & Murillo, 2017.).

### 3.9.4. Determinación de Fibra

La fibra se calcula como la conjunto de componentes presentes de origen vegetal que se encuentran en un alimento. Los compuestos que se hayan son muy invulnerables a la enzimas digestivas del hombre y químicamente son representados por la suma de los polisacáridos que no son almidones ni lignina. Los alimentos que presentan altos niveles de fibra tienen baja acción nutricional pero estimulan la capacidad necesaria para la acción peristáltica en el tracto gastrointestinal (Pearson, 1978).

Los métodos establecidos para la determinación de la fibra se fraccionan en métodos gravimétricos y métodos enzimáticos-químicos. El método de pesaje se basa en el peso del residuo después de la disolución química o enzimática de los componentes no fibrosos (AOAC, 2007. Método 991.43). Los métodos enzimático-químicos incluyen el aislamiento de residuos de fibra por acción enzimática y la liberación de azúcares neutros fibrosos por hidrólisis ácida medida por cromatografía líquida de alta presión (HPLC), cromatografía de gases (GLC) o colorimétricamente (Aurand, Woods, & Wells, 1987).

Para nuestro caso se usa el método gravimétrico (AOAC, 2007. Método 991.43):

Cálculos:

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

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\text{Contenido de fibra (\%)} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

### **3.9.5. Cenizas o contenido de minerales**

Luego de la calcinación las cenizas simbolizan el residuo inorgánico, después de que la parte orgánica y otras sustancias volátiles han sido oxidadas y evaporadas. La ceniza a menudo se puede utilizar como medida de adulteración de alimentos. Por ejemplo: Un nivel alto de minerales puede implicar la adición de adulterantes teniendo así un nivel más alto de sustancias inorgánicas que el nivel normal en los alimentos. Por el contrario, los niveles más bajos de cenizas pueden indicar una dilución de la carga con niveles más bajos de materiales inorgánicos. Los componentes orgánicos e inorgánicos son descompuestos cuando son sometidos a altas temperaturas (500-600 °C) el residuo remanente es la ceniza o contenido de minerales. Este residuo consiste en óxido y sales que contienen aniones como fosfatos, cloruros, sulfatos y además tiene cationes como sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso (Sullivan & Carpenter, 1993).

La muestra se somete a altas temperaturas para lograr la oxidación y así determinar el contenido de minerales o cenizas en alimentos. Temiendo en cuenta contenido restante que representa el material inorgánico o de minerales presentes en la muestra (AOAC, 2007, método 900.02).

Materiales y equipo.

- Crisoles de porcelana.
- Mufla.
- Desecador.

Procedimiento

1. En una capsula de porcelana que previamente se calentó, coloque de 2.50 a 5.0 g de muestra seca.
2. Meta la capsula en una mufla y calcínelo a 550 °C por 12 horas, deje enfriar y páselo a un desecador.
3. Pese la capsula con cenizas.

Cálculos

A = Peso del capsula con muestra (g)

B = Peso del capsula con ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$\text{Contenido de cenizas (\%)} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

### 3.9.6. Humedad

Para la determinación de la humedad de los granos y conocer su porcentaje de humedad este se coloca a secado teniendo presente la pérdida de peso durante el secado en temperaturas moderadas y su peso inicial. Para obtener el porcentaje de humedad, la masa en gramos se divide por la masa original y el valor obtenido se multiplica por 100 (AOAC, 2007. Método 952.08):

$$\text{Contenido de humedad (en \%)} = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$

Dónde:

$P_i$  = peso (gramos) de la muestra antes del secado.

$P_f$  = peso (gramos) de la muestra después de someter a secado.

La humedad es la cantidad de agua que tienen las semillas, esta se expresa como el porcentaje en peso. Los gramos de semillas utilizados para la determinación del porcentaje de humedad es colocado en el menor tiempo en un recipiente. Es necesario tener en cuenta la cantidad de agua de la semilla especialmente cuando se quiere almacenarla, debido a que valores altos de humedad facilita el ardido de la misma. En general, la semilla recién recolectadas tiene un gran porcentaje de humedad que deberá ser retirado por medio de secado natural (al aire y removiendo periódicamente) o en estufa (con aire caliente). (Borrejo, 2006).

#### 4. CAPITULO 2. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS SEMILLAS de *Moringa oleífera Lam* y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA.

##### 4.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA DE *MORINGA OLEÍFERA*

El análisis proximal a una muestra determina su contenido de grasa o aceites, proteínas, carbohidratos, fibra, cenizas y humedad. La Tabla 6 presenta los resultados de diferentes análisis proximales realizados en semillas de *Moringa Oleífera* por diferentes autores.

**Tabla 6.** Composición proximal de las semillas de *Moringa oleífera*.

<b>Parámetro</b>	<b>(Abdulkarim S. L., 2005) Malasia</b>	<b>(Leone A. , et al., 2016)</b>	<b>(Adegbe A. L., 2016) Nigeria</b>
<b>Grasa/Aceite</b>	30.80 ± 2.19	36.70 ± 2.80	32.50 ± 7.78
<b>Proteínas</b>	38.30 ± 1.03	31.40 ± 1.3 0	39.57 ± 3.23
<b>Carbohidratos</b>	16.50	18.40	7.44 ± 10.30
<b>Fibra</b>	4.50 ± 0.38	6.80 – 8.00	5.00 ± 0.00
<b>Cenizas</b>	6.50 ± 0.15	4.40 – 6.90	5.00 ± 0.00
<b>Humedad</b>	7.90 ± 1.00	5.70 – 8.9 0	10.50 ± 0.71

Como se muestra en la Tabla 6, las grasas o aceites pueden comprender entre el 30.0 % y 40.0 % de la masa de la semilla. Esta gran proporción de grasas/aceite puede ser utilizada para distintos usos. Es importante hacer énfasis en la calidad del aceite de las semillas porque su perfil de ácidos grasos es muy parecido al aceite de oliva y tiene un alto porcentaje de ácido oleico que lo hace deseable en aspectos nutritivos y es estable para su uso en la cocina. (Abdulkarim S. L., 2005).

Las técnicas que se usan para la obtención de aceites de muestras sólidas se tiene el prensado mecánico y el empleo de solventes. En el último mencionado se puede usar el equipo de Soxhlet con un determinado solvente. En la Tabla 7 se muestran los diferentes resultados obtenidos del porcentaje de aceite obtenido de semillas de *Moringa Oleífera* utilizando extractor de Soxhlet con diferentes disolventes utilizados.

**Tabla 7.** Porcentajes de aceite extraído de las semillas de *Moringa oleífera* con el extractor de Soxhlet

<b>Investigador</b>	<b>Porcentaje de aceite extraído</b>	<b>Solvente</b>
(Tsaknis, 1999)	35.70 ± 2.4	n-hexano
(Anwar, 2003)	40.39	Éter de petróleo
(Mani, 2007)	27.43	n-hexano
(Mani, 2007)	27.16	Éter de petróleo
(Amante, 2015)	36.10 ± 1.83	Etanol
(Amante, 2015)	24.60 ± 2.19	n-hexano
(Gómez D. P., 2016)	42.00	n-hexano
(Díaz, et al., 2017)	31.60 ± 2.40	Etanol

## **4.2. SIGNIFICADO DE ESTOS PARÁMETROS E IMPACTO EN LA SALUD HUMANA.**

### **4.2.1. Importancia de las grasas o aceites**

Según las investigaciones realizadas por (Becker, Foild, & Makkar, 2001) la grasa de la semilla de moringa está compuesta por aproximadamente 13.0 % de ácidos grasos saturados y 82.0 % de ácidos grasos insaturados, siendo el ácido oleico el de mayor nivel (70.0 % aproximadamente), otras grasas vegetales sólo llegan al 40.0 % de ácido oleico.

La utilización de la grasa o aceite de las semillas de moringa a nivel industrial es muy interesante. (Eneh, Ezikpe, Ogbunugafor, & Ozumba, 2011) se verificaron las distintas propiedades fisicoquímicas (índice de refracción, determinación del punto de fusión, índice de saponificación, etc.) y las propiedades antioxidantes del aceite de las semillas de *Moringa oleífera* con aceite de palma, demostrando que el aceite proveniente de la semilla de *Moringa oleífera* tiene mucho más rendimiento, alta capacidad antioxidante y buenas propiedades fisicoquímicas y nutritivas.

#### **4.2.2. Carbohidratos en la salud**

Si la cantidad de carbohidratos es insuficiente para cubrir las necesidades energéticas del organismo, se presentan mecanismos como la disminución de la actividad y el deterioro de sus tejidos, lo que conduce a una disminución de la capacidad para trabajar físicamente y desgaste del cuerpo (Quirós, 2020).

#### **4.2.3. Contenido de proteína en semillas**

El contenido de proteína de las semillas es aproximadamente 36.60 g/ 100 g de muestra. Los alimentos de origen animal como la carne de res (21.50 g/ 100 g muestra) y la carne de ave (20.1 g/100 g muestra) (FAO, 1995), no superan el contenido de proteínas de semillas de *Moringa oleífera*.

Es importante tener en cuenta la calidad de la proteína, es decir, mirar la proporción de aminoácidos que son importantes y que se contiene en relación con los requerimientos

humanos y su biodisponibilidad, y conocer si existe o no la presencia de compuestos anti nutricionales. Para evaluar la eficacia de las proteínas de *Moringa Oleífera*, se debe realizar un DIAAS (grado de aminoácido indispensable), según lo recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Según los autores (Haq, Mahmood, & Mugal, 2010) la *Moringa oleífera* presenta cada uno de los amino ácidos esenciales, lo cual es muy raro de ver en vegetales y hay una buena proporción de cada uno de ellos (tabla 8).

**Tabla 8.** Contenido de aminoácidos en las semillas de *Moringa oleífera*.

<b>Aminoácidos</b>	<b>Cantidad (g/ 100 g de muestra)</b>
<b>Esenciales</b>	
Thr	3.08
Val	4.35
Ile	3.25
Leu	6.75
Lis	1.53
Fe	3.97
Tir	1.59
Met	2.35
Cis	2.01
Trp	1.63
His	2.29
<b>No esenciales</b>	
Asx	5.05

Glx	20.90
Ser	4.36
Gli	10.90
Ala	6.91
Arg	14.50
Pro	45.00

#### **4.2.4. Contenido de cenizas o minerales**

Teniendo en cuenta el análisis de minerales, es muy importante que se determine el contenido de ciertos macrominerales en los alimentos, como calcio, fósforo y entre muchos otros. Los minerales se analizan usualmente mediante espectrofotometría de absorción atómica o mediante colorimetría. En el caso dado de no contener la cantidad necesaria lo que se hace para compensar eventuales deficiencias es suplementar las raciones con una cantidad generosa de corrector vitamínico-mineral (Haytowitz, Lemar, & Pehrsson, 2009).

#### **4.2.5. Importancia de la fibra cruda en la salud humana**

El análisis mostro que el contenido de fibra varía entre 4.0 - 10.0 g/100 g de semillas. Investigaciones realizadas por (Badui, 2006) dice que la fibra cruda normalmente se encuentra en menor proporción que la fibra dietética, por lo que la fibra dietética será mayor a estos datos. Alimentos como la avena, pan, pastas integrales y lentejas cocidas tienen de 5.0 a 10.0 g de fibra dietética/100.0 g de alimento (Elmadfa & Meyer, 2015).

Los beneficios para la salud humana de las fibras son varios, estas al ser ingeridas las fibras solubles, absorben agua en el intestino delgado lo que conlleva a crear soluciones de gran viscosidad que efectúan más lento el vaciamiento gástrico, lo que promoviendo la sensaciones de saciedad. La fibra insoluble retiene más agua en su matriz estructural, forma una mezcla de baja viscosidad, que aumenta el volumen de las heces y acelera el tránsito intestinal, previene el estreñimiento y reduce la duración de los efectos cancerígenos intermitentes sobre la mucosa del colon. La fermentación de las fibras solubles en el intestino grueso generan ácidos grasos de cadena corta como el acetato, butirato y propionato, cuyas funciones, respectivamente son: inhibir la síntesis hepática de colesterol, generar energía sin la necesidad de insulina y acción anticancerígena. (Álvarez & Sánchez, 2006).

#### **4.2.6. Importancia de la humedad**

Es la cantidad de agua que tienen las semillas, expresada como el porcentaje en peso. La muestra extraída para la determinación de humedad es colocada en un recipiente. Es importante considerar el contenido de humedad de las semillas, especialmente durante el almacenamiento, ya que la alta humedad ayuda a deteriorar las semillas. En general, la semilla recién recolectadas tiene un gran porcentaje de humedad que deberá ser removido por medio de sacado natural (al aire y removiendo periódicamente) o en estufa con aire caliente. (Borrejo, 2006).

### 4.3. VALOR NUTRICIONAL DE LA MORINGA OLEÍFERA

Las semillas de *Moringa Oleífera* son una fuente enormemente buena de vitamina C, B y A, así como de minerales (en particular hierro y calcio) y aminoácidos que contienen azufre como la Cistina y la Metionina.

Según (Liñan, 2010) las partes de la *Moringa oleífera* (hojas y vainas), muestran un alto contenido de nutrientes (Tabla 9), los datos reportados para las semillas se presentan en la tabla 10, especialmente proteína grasa, carbohidrato, minerales y vitaminas.

**Tabla 9.** Valores nutricionales de hojas y vainas de *Moringa oleífera Lam.*

<b>Análisis proximal</b>	<b>Hojas frescas</b>	<b>Vainas</b>
Humedad %	79.72	75.8
Proteínas %	5.52	7.1
Grasas %	1.46	1.8
Cenizas %	2.12	1.1
Carbohidratos %	11.14	14.3
Energía Kcal/100 g	207.42	226
Calcio mg/100g	22.32	2.1
Potasio mg/100g	11.84	12.8
Hierro mg/100g	24.26	1.6
Carotenos mg/100g	3911.5	3327.7
Vitamina C mg/100g	109.3	0.1

El aceite de la semilla de la *Moringa oleífera* presenta cualidades antisépticas y antiinflamatorias que ayudan a curar rápidamente pequeñas dolencias cutáneas como: las heridas superficiales, contusiones, quemaduras, picaduras, erupciones, cortes y mantenimiento de estas heridas porque contienen un alto porcentaje de cobre y calcio, dos de los nutrientes importantes de la piel. (PANIAGUA & CHORA, 2016)

Este árbol tan valioso proporcionara de materia prima para obtener aceite de alta calidad para diferentes usos en la sociedad actual y futura.

### 4.3.1. Principales propiedades de la *Moringa oleífera*

- Es una fuente de alta nutrición.
- Aporta defensas contra muchas enfermedades.
- Tiene capacidad sedante (presión arterial y buen dormir).
- Presenta nutrientes esenciales tales como vitamina A, C, calcio, potasio, proteínas.
- No presenta gluten ni lactosa.
- Es apto para personas veganas y vegetarianos.
- Tiene alta concentración de hierro, proteínas, cobre y aminoácidos.
- Es un buen suplemento nutricional e ideal.
- Favorece casos de litiasis.
- Baja los niveles de colesterol.
- Baja los niveles de azúcar en la sangre.
- Podría poseer utilidades en la prevención del cáncer.

En esta idea se entiende que los complementos alimenticios que son aquellos productos cuyo fin es complementar la dieta normal consistente en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tienen un efecto nutricional o fisiológico dentro del cuerpo, en forma que permiten una dosificación determinada de cada producto y que deben tomarse en pequeñas cantidades unitarias. (PANIAGUA & CHORA, 2016).

#### **4.4. EFECTO DE LA SEMILLA DE *Moringa oleífera* EN LA SALUD HUMANA**

Durante mucho tiempo se han realizado distintas pruebas orales midiendo la toxicidad crónica y aguda en ratas de laboratorio y estas demostraron que la semilla de *Moringa oleífera* no ejerce ningún efecto tóxico sobre el organismo, y más bien provoca un incremento de peso el cual puede ser beneficioso para la salud. Sí, se ha detectado toxicidad en protozoos y bacterias con usos medicinales y sin ningún inconveniente (Ndabigengesere & Narasiah, 1995). Afortunadamente, la mayoría de los experimentos confirman el alto nivel de seguridad de los extractos de semillas y otras partes de la planta, por lo que se puede decir que se ha demostrado científicamente que sus semillas no son tóxicas.

#### **4.5. NUTRIENTES ESENCIALES**

Muchos análisis demuestran que el contenido de esta planta es de más de 35 minerales y vitaminas.

Esta contiene altos niveles de caroteno (vitamina A), vitaminas B1, B2, B3, C, E, K, además de potasio, cobre, hierro, zinc, calcio, todos los aminoácidos esenciales y antioxidantes (ácido ascórbico, fenoles, carotenoides, flavenoides, entre otros).

La *Moringa oleífera* tiene ramnosa, un azúcar simple, glucosinatose isotiocianatos. Sus raíces contienen moringina y moringenina, así como otros compuestos, como: fitoesteroles, ceras, resinas, zeatina, quercetina, ácido cafeoilquínico, petrigospermina y kaempferol. (Pérez A. , Sánchez, Armengol, & Reyes, 2010).

#### 4.6. PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA *Moringa oleífera*

Las semillas de *Moringa oleífera*, presentan las siguientes propiedades nutricionales, por cada 100 gr, (Olzon, 2011)

**Tabla 10.** Valores nutricionales de las semillas de *Moringa oleífera*

1	Energía	37 kcal (150 kj)
2	Carbohidratos	8.53 g
3	Fibra dietética	3.2 g
4	Grasa	0.20 g
5	Proteínas	2.1 g
6	Agua	88.2 g
7	Vitamina A equiv.	4 mg (1%)
8	Tiamina (vit B1)	0.0530 mg (5%)
9	Riboflavina (vit B2)	0.074 mg (6%)
10	Niacina (vit B3)	0.62 mg (4%)
11	Acido pantoténico (B5)	0.794 mg (16%)
12	Vitamina B6	0.12 mg (9%)
13	Folato (vit B9)	44 mg (11%)
14	Vitamina C	141 mg (170%)
15	Calcio	30 mg (3%)
16	Hierro	0.36 mg (3%)
17	Magnesio	45 mg (13%)
18	Manganeso	0.259 mg (12%)
19	Fosforo	50 mg (7%)
20	Potasio	461 mg (10%)
21	Sodio	42 mg (3%)
22	Zinc	0.45 g (5%)

## **4.7. IMPACTO EN LA SALUD HUMANA**

La Moringa es un árbol que proporciona mejoras nutricionales en la alimentación de los humanos y además de ofrecer numerosos beneficios nutritivos. Muchos de los estudios de sus semillas han mostrado que contienen sustancias anticancerígenas, hipoglucemiante, antibióticas e hipotensoras.

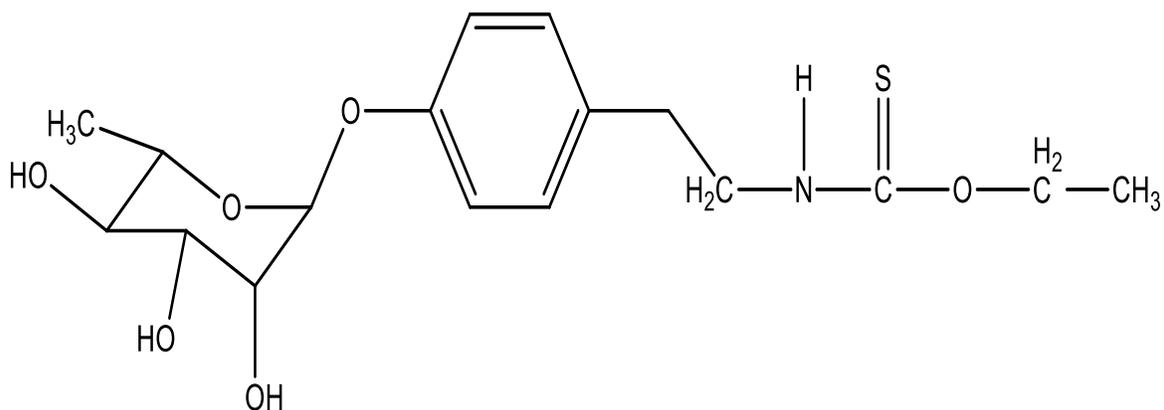
El doctor Mark Olson de la UNAM, explica que las aportaciones nutricionales de esta planta se comprobaron desde hace mucho tiempo. No obstante, su contribución a la precaución de enfermedades aún debe corroborarse con investigación y estudios clínicos. El doctor en Biología expuso que la *Moringa oleífera* ha sido usada en gran parte por su uso medicinal que por el nutricional y aunque se han realizado indagaciones en animales para aprobar su eficacia en el tratamiento de muchas enfermedades, aunque no se tiene ningún estudio clínico para comprobar su efectividad (Santillán M. , 2013).

### **4.7.1. Prevención del cáncer**

El efecto antitumoral de los tratamientos preparados a partir del extracto de semilla de *Moringa Oleífera* ha sido reconocido en la medicina popular. Muchos de los efectos anticancerígenos fueron comprobados científicamente durante los últimos años. No hace mucho tiempo, se descubrió que el extracto alcohólico de la fruta de *Moringa Oleífera*, que proporciona un efecto positivo sobre las células del hígado, puede utilizarse para la

prevención de sustancias químicas cancerígenas.. Se llegó a esa conclusión prontamente de un duro análisis sobre la génesis de papilomas de la piel inducida por 7,12-dimetilbenzantraceno en ratas albinas (Bharali, Tabassum, & Azad, 2004)

Los efectos de los compuestos obtenidos de esta planta en la prevención del cáncer corresponden a la participación de fitoquímicos que modifican la actividad de las enzimas, lo que facilita la detoxificación y la actividad antitumoral. Por ejemplo, la actividad inhibidora de bencil 4- (4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) -isotiocianato (ver Figura 17) y niacina (ver Figura 11) en los ésteres forbólicos responsables de la activación de antígenos tempranos en células linfoblastoides. Además del hecho de que los isotiocianatos de las hojas reducen la activación del virus EpsteinBarr, del cual el grupo isotiociano parece ser un determinante estructural (Martín, Martín, García, Fernández, & Puls, 2013).



**Figura 11.** Estructura de la niacimicina

### **4.7.2. Actividad antiinflamatoria**

Convenientemente debido a su alto contenido de ácidos grasos, fenoles, vitaminas, glutatión, omega 3, aminoácidos, esteroides e isocianatos, los extractos de las semillas de *Moringa oleífera* aportan ayuda directa o indirectamente a la protección contra enfermedades inflamatorias. Se ha verificado el efecto protector de los extractos de semillas que tiene contra distintas condiciones inflamatorias, conteniendo el alivio de inflamaciones bronquiales como el asma (Mehta & Agrawal, 2008).

Esta actividad antiinflamatoria fue observada en las fracciones solubles en agua y en etanol de las semillas de *Moringa oleífera* se han aislado 36 compuestos que presentan actividad antiinflamatoria, entre ellos alcaloides, glucosinolatos e isocianatos (Mehta & Agrawal, 2008). Los alcaloides tienen una actividad similar a la efedrina y pueden usarse en el tratamiento del asma, mientras que la moringina proporciona una acción relajante para los bronquios. Los extractos obtenidos de las semillas inhiben varios mediadores inflamatorios implicados en la artritis crónica. Los flavonoides obtenidos de la *Moringa* ayudan a prevenir la osteoporosis y aumentan la densidad ósea (Nijveldt, 2001).

### **4.7.3. Prevención de tumores**

El doctor Olson, con más de 20 años estudiando la moringa, dice que se han ejecutado estudios en animales que mostraron que la moringa es útil para regular los niveles de azúcar en la sangre, además de que tiene efectos antibióticos. Por ejemplo, se demostró que la

bacteria *Helicobacter pylori* es muy sensible ante ciertas sustancias extraídas de la *Moringa oleífera*.

En la India, esta planta es utilizada para el tratamiento en la prevención de tumores. Esto se relaciona con lo que se hace actualmente en el laboratorio, pues supone que sí estimula los niveles de las enzimas que ayudan a detectar y desactivar tumores en crecimiento, señaló el doctor, Olson, 2013.

Actualmente, se están realizando esfuerzos para establecer la base genética de *Moringa Oleífera* en todo el mundo. Cuando la gente comercializa cultivos, lleva lo que tiene, a veces en el campo o en la calle, y no sabemos si son los mejores.

La etapa más complicada que nos falta hacer es un estudio del material que tenemos y de todas las especies que hay en distintas zonas para ver qué tanto afecta la genética y el ambiente, así como sus propiedades y características de interés. De lo dicho anteriormente a ver si sería posible desplegar variedades, por ejemplo, con mayores niveles de proteína para hacer llegar al mercado y a los productores el material que realmente necesitan. Al lado del estudio genético, en el cual se ha descubierto que la variación entre especies en todo el mundo es muy baja, Olson y sus ayudantes están en la búsqueda de financiamiento para cosechar moringa en distintas partes del país y comenzar a producir semillas y hacer réplicas (Santillán, 2013).

Igualmente, llevan a cabo una investigación completa de la variabilidad en la calidad nutricional y de elevados niveles de antioxidantes, así como la elaboración de una guía sobre dónde cultivar *Moringa oleífera* en nuestro país.

#### **4.8. Alimentos a partir de la *Moringa oleífera***

La *Moringa oleífera* tiene gran importancia como alimento, ya que contiene todos los aminoácidos, vitaminas y minerales incluso en mayor número que los alimentos típicamente considerados como fuentes significativas de los mismos, por esta razón las semillas maduras de *Moringa oleífera* presentan grandes propiedades nutricionales: más vitamina A que las zanahorias, más potasio que el plátano, más calcio que la leche, más vitamina C que las naranjas, más hierro que la espinaca y más proteína que ningún otro vegetal (Gomez & Ortega, 2014).

A pesar del uso de *Moringa oleífera* como alimentos queda sujeto solamente a galletas, panes y productos cárnicos. Teniendo en cuenta el uso en panes y galletas, la agregación de los distintos derivados de la *Moringa oleífera* busca el objetivo de aumentar el valor nutritivo de estos alimentos. (Acevedo, 2019).

Por otro lado, añadir polvo de semillas de *Moringa oleífera* lleva a cabo unas propiedades sensoriales penalizadas por el cambio en el color, sabor y textura. De tal manera se confiere la utilización de las semillas de *Moringa oleífera*, pero con agregado de sustancias aromatizantes para enmascarar el sabor de la misma (Doménech, Durango, & Ros, 2017).

Entorno a los productos cárnicos, uno de los objetivos industriales es incrementar la vida de sus productos. La duración de estos productos se ve muy deteriorada por causas tales como la oxidación de lípidos (LOX) y la actividad microbiana (AM). Teniendo en cuenta el uso de agregados artificiales, se busca la investigación para aquellos extractos de hojas de *Moringa Oleífera* que puedan disminuir la LOX y AM, al ser incorporada en productos cárnicos. Dentro de las semillas se pueden encontrar metabolitos secundarios entre los que

se encuentran alcaloides, polisacáridos, terpenoides, saponinas y compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides); los cuales tienen la capacidad de inhabilitar radicales libres y retrasar el crecimiento microbiano (Ramírez, Vargas, Torres, & Torrescano, 2018)

Cabe resaltar que todas las partes de la planta presentan un importante uso alimenticio. Las frutas, las flores, las raíces, las hojas y el aceite se consideran altamente apreciados por su valioso valor nutritivo y se utilizan para la elaboración de diferentes platillos en la India, Indonesia, Filipinas, Malasia, el Caribe y en varios países de africanos (Ghazali & Mohammed, 2011).

Las propiedades nutricionales de la *Moringa oleífera* son atractivas, por lo que es usada en el forraje a gran proporción en varios países africanos y en Nicaragua. Tiene alta producción de materia verde confrontada con otros pastos y los valores más elevados se alcanzan con una densidad de siembra de un millón de plantas por hectárea. Las hojas y la torta de prensado de sus semillas consiguen ser usadas en la preparación de raciones para la alimentación de animales. (Pérez, Sánchez, & Armengol, 2010).

#### **4.8.1. Alimentación humana**

A partir de ser usado como alimento, la *Moringa oleífera* presenta gran relevancia, porque tiene todos los aminoácidos, vitaminas y minerales más valiosos, incluso en notable cantidad que los alimentos típicamente estimados y otras cualidades nutritivas. Además de tener un amplio uso medicinal, exige poco cuidado en su siembra, crece rápidamente hasta alcanzar entre 3.5 y 5.0 metros en un año y es resistente a la sequía. Como parte final característica, en relación al bajo costo de manufactura, la hace ideal para sembrarla en

grandes zonas desérticas o semidesérticas del trópico de África, donde existen altos problemas de hambre, subalimentación y desnutrición (González, 2009).

#### **4.8.2. Una alternativa llamada *Moringa oleífera***

Las diferentes cifras muestran el grado de riesgo de inseguridad alimentaria en todo el mundo, en Colombia y en especial en la región Caribe. Los resultados de esta crisis demuestran que es necesario proponer estrategias inmediatas para conllevar la inseguridad, principalmente en las poblaciones más afectada; en este sentido, se deben buscar alternativas altamente nutricionales. El consumo humano generalizado de *Moringa Oleífera* como parte de dietas y tratamientos durante siglos, sin informes de alergia o toxicidad, parece ser un hecho suficiente para protegerla. Sin embargo, el conocimiento acumulado durante años no bastaría si no estuviese respaldado por evidencias científicas. La práctica oral aguda y crónica en ratas de laboratorio mostró que las semillas de *Moringa* no tenían efectos tóxicos y, en cambio, provocaban un aumento de peso (Martínez, Carballo, & Rocha, 2011).

## **5. CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE *Moringa oleífera***

### ***Lam*: VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

#### **5.1. ACEITES VEGETALES: definición de aceite**

Los aceites obtenidos son ésteres formados por la condensación de ácidos grasos con glicerol. Constituyen los compuestos más estables, no son fácilmente degradables, no se disuelven en el agua y tienen menor densidad que ésta. El aceite es un líquido graso especial obtenido de diversas verduras y utilizado como alimento, energía, lubricantes, etc. El aceite se degrada químicamente con el tiempo debido a la oxidación; Este proceso, conocido como rancidez, es una de las principales razones de la pérdida de calidad de los alimentos ricos en grasas (Martínez, 2013).

Los aceites vegetales son compuestos orgánicos obtenidos de semillas y de otras partes de la plantas, en tejidos donde se almacena como fuente de energía. La composición química de los aceites vegetales en la mayoría de los casos corresponde a una mezcla de 95,0% de triglicéridos (triglicéridos formados por la reacción de ácidos grasos) y 5,0% de ácidos grasos libres, esteroides, ceras y subproductos (Hernández, 2013).

#### **5.2. ÁCIDOS GRASOS**

Los ácidos grasos consisten en una cadena de átomos de carbono (C) a los que se une un átomo de hidrógeno (H). Los ácidos grasos naturales suelen tener un número par de carbonos (C) porque las cadenas se forman en unidades C-C. Los mismos se clasifican

según la longitud de su cadena en: cadena corta, media o larga, su grado de saturación en: saturados o insaturados y la ubicación de los dobles enlaces: entre el noveno y el décimo átomos de carbono (Hernández, 2013).

### **5.3. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS**

Si el número máximo de átomos de hidrógeno que pueden contener las cadenas de carbono está unido a estas cadenas, se describen como saturadas. Los ácidos grasos saturados son ácidos grasos saturados e inertes, por lo que son muy estables. En términos de uso, esto significa que pueden soportar altas temperaturas y almacenarse durante largos períodos de tiempo. Predomina en la grasa pura conjugada y forma parte de los triglicéridos. Los de bajo peso molecular (<14 carbonos) solo están presentes en la leche de coco y palma, mientras que los de peso molecular mayor (<18 carbonos) se detectan en las leguminosas (Soriano, 2006).

### **5.4. ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS**

Los ácidos grasos insaturados se dividen en dos grandes grupos, los ácidos grasos monoinsaturados y los poliinsaturados: Los ácidos grasos monoinsaturados tienen dos átomos de hidrógeno menos, significa que las dos ramas pueden unirse y formar un segundo enlace, llamado doble enlace, entre dos carbonos. Los ácidos grasos poliinsaturados tienen varios átomos de hidrógeno menos.

Cuanto mayor sea el número de dobles enlaces, mayor será el ácido graso insaturado y reactivo. Los ácidos grasos insaturados juegan un papel importante en la fisiología nutricional. El organismo humano por sí mismo no puede producir ácidos grasos poliinsaturados como el oleico y ácido linoleico, pero los necesita para la generación de células (Hernández, 2013).

## **5.5. CARACTERIZACIÓN DE ACEITES**

Existen varios índices que se utilizan para la caracterización físico química de los aceites. A continuación, se explican de manera general.

### **5.5.1. Índice de Refracción**

Es una constante que depende de la propiedad y el estado del analito. En general, el índice de refracción de la grasa está entre 1.4600 y 1.500 a más o menos 15.0 o 20.0 ° C. Dado que se trata de una constante, es importante tanto para la identificación como para el análisis cuantitativo.

### **5.5.2. Índice de Saponificación**

El indicador de saponificación de un aceite es la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar completamente 1,0 gramo de aceite. Los aceites consisten principalmente en triglicéridos, y cada triglicérido requiere 3 moléculas de KOH para saponificar, proporcionando una estimación aproximada del peso molecular promedio del aceite estudiado. (Rodríguez, 1980).

### 5.5.3. Índice de acidez

El índice de acidez es la cantidad de ácidos grasos libres presentes en un gramo de aceite o grasa que son neutralizados por un número dado de mg de hidróxido de potasio (Nielsen, 2003) y es una medida del grado de hidrólisis de las grasas. Se denomina acidez libre total en relación con el contenido, en porcentaje, de ácidos grasos libres y se puede expresar de muchas formas diferentes; Expresado como porcentaje, el número de ácidos grasos libres se expresa asumiendo que el ácido libre es ácido oleico (Kirk, Sawyer, & Egan, 2011).

### 5.5.4. Índice de Yodo

El índice de yodo es una magnitud del grado de insaturación de los constituyentes grasos. Cuantos más dobles enlaces por unidad de grasa, más alto es, por lo que se utiliza para verificar la pureza e identidad de la grasa (el índice de yodo para el ácido oleico es 90,0, el de ácido linoleico es 181,0 y el ácido linolénico es 274,0). Junto con los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados también se reconocen como compañeros insaturados, por ejemplo, los esteroides (Bernal, 1993).

Los aceites vegetales pueden dividirse de acuerdo al índice de yodo en cuatro grandes grupos (Jordi & Grau, 2010):

- **Aceites saturados:** índices de yodo de 5,0 a 50,0. Ejemplo: Láuricos: babasu, palmito, copra, (etc.); Palmíticos: palma; Esteáricos: karité.
- **Aceites monoinsaturados:** índices de yodo de 50,0 a 100,0. Ejemplo: Oleicos: aceituna, cacahuete, colza, sésamo.

- **Aceites bi-insaturados:** índices de yodo de 100,0 a 150,0. Ejemplo: Linoleico: soja, maíz, algodón, girasol, etc.
- **Aceites tri-insaturados:** índices de yodo mayores que 150,0.

### **5.5.5. Índice de peróxido**

La determinación del índice de peróxido es un método para determinar el estado de conservación de los alimentos al identificar los peróxidos como el producto principal resultante de la oxidación de los aceites que separan las vitaminas liposolubles: A, D, E, caroteno y parte de los ácidos grasos esenciales y paraliza la vitamina K. Para determinar el índice de peróxido, se usan dos métodos, el método tradicional a través de una titulación en base a tiosulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) y el método por fotometría (Martínez, 2013)

## **5.6. MÉTODOS TRADICIONALES DE EXTRACCIÓN SÓLIDO - LÍQUIDO**

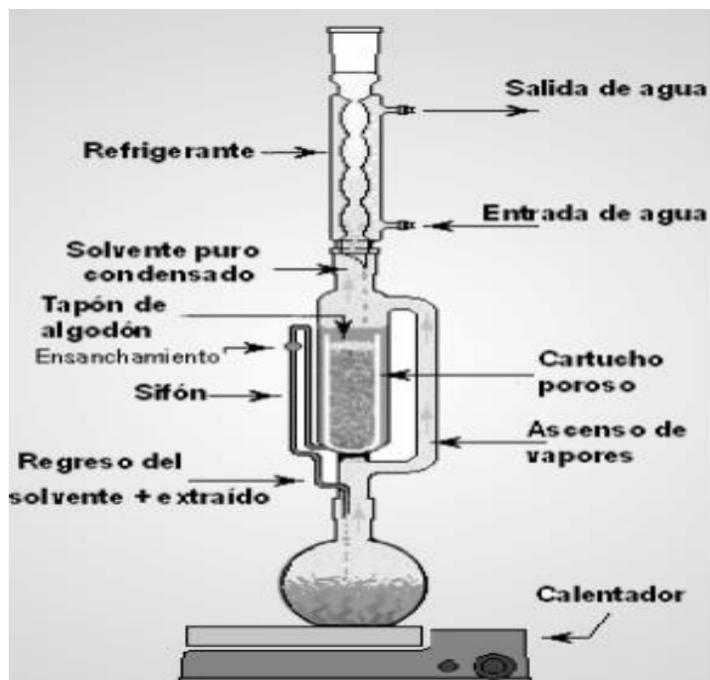
El método de separación sólido – líquido que es frecuentemente utilizado para determinar el contenido de lípidos de muestras de diferente naturaleza. Es el método analítico recomendado para la determinación de aceite y grasas recuperables totales en aguas residuales industriales, permitiendo la determinación de hidrocarburos relativamente no volátiles, aceites vegetales, grasas animales, ceras, jabones, jabones de ambiente y compuestos relacionados. Como ya se ha dicho, el contenido de grasa es uno de los parámetros analíticos de mayor interés de los productos destinados al uso humano y animal, por lo que la determinación del contenido de grasa es muy común. El procedimiento para su extracción se basa en la extracción continua de un sólido-líquido, mediante disolventes, con la posterior evaporación de este último y el pesaje final del residuo. Los resultados

representan el contenido de extractos, especialmente grasas, aunque otras sustancias como vitaminas y colorantes liposolubles están presentes si se identifican en los alimentos (Núñez, 2008).

El proceso de ebullición consiste en un vaso de precipitados de disolvente que extrae el sólido deseado de la muestra depositada en un cartucho Soxhlet. El vapor de disolvente se eleva a través del extractor y se condensa en el condensador, cayendo por gota sobre el cartucho. La parte disuelta se transfiere al matraz por gravedad.

El sólido se coloca en un cartucho poroso (generalmente hecha de papel de filtro, que permite que el solvente entre y salga mientras retiene el sólido) colocada dentro del recipiente B. Se adapta un balón C está adaptado a este contenedor donde el volumen de solvente utilizado para la extracción. En el extremo superior del recipiente B se coloca el condensador D.

Las piezas de la máquina Soxhlet se muestran visualmente en la Figura 12 para comprender su funcionamiento.



**Figura 12.** Aparato Soxhlet.

El solvente se calienta haciendo que el vapor suba por el tubo E, este se condensa en el refrigerante D y cae en el recipiente B saturado de sólidos del cartucho A. El recipiente B se llena lentamente de líquido hasta que alcanza la parte superior del tubo F y se drena en el balón C por succión llevándose el extracto consigo. El proceso se repite automáticamente generando un reflujo continuo hasta que sea completa la extracción. El solvente de extracción se elimina, dejando así solo la grasa extraída.

- **Partes del aparato Soxhlet:**

Se describen las partes y el funcionamiento del aparato Soxhlet (Núñez, 2008).

**Cartucho:** Este es un recipiente cilíndrico con una base hemisférica que se ajusta perfectamente. El cartucho es donde se encuentra la muestra.

Tubo refrigerante: Es usado como refrigerante para los vapores que se desprenden.

Tubo Soxhlet: Reside de forma cilíndrica con una boca esmerilada y un sifón protegido por un tubo para permitir el paso del vapor. La parte baja del extractor termina con una conexión a tierra para instalar el tubo de extracción utilizado como condensador de vapor.

Matraz de fondo plano: Aquí es donde terminan toda la grasa junto con el solventes.

Calentador: Hace el trabajo de calentar el solvente en el matraz para que libere vapores.

Sifón: Es un tubo el cual es la parte principal del equipo Soxhlet.

## **5.7. EXTRACCIÓN DEL ACEITE VEGETAL POR PRENSADO**

En nuestro caso, la técnica de prensado ayuda a obtener aceites esenciales de la cascara, corteza o sólidos como semillas. Convierten la energía mecánica en calor y obligan al material a moverse a lo largo del tubo con la ayuda de tornillos. Una vez descargadas las semillas, se calientan y se preparan para entrar en la boquilla que extraerá el aceite (McCabe, Smith, & Harriott, 2007).

Al elegir qué semillas usar y después de molerlas, deben exprimirse. Las prensas pueden ser continuas, discontinuas o hidráulicas. La extracción se realiza ahora a presión casi exclusivamente mediante una prensa continua, debido a la economía de la instalación, pero no realiza una extracción profunda de las grasas de sus semillas. En contenedores calentados de doble fondo, el polvo (grano molido) se calienta a temperaturas entre 90 ° C y 95 ° C, dependiendo del material del que esté hecho. El propósito del calentamiento es

eliminar el exceso de humedad de la masa, aumentando así el rendimiento al alcanzar presiones más altas y facilitando la fluidez del material. (OSEIDA, 2018).

### **5.7.1. OBTENCIÓN DE LA TORTA**

El proceso tradicional consiste en lo siguiente:

- a. Se pesan los kilogramos de semilla.
- b. Las corteza (cáscaras) de las semillas se retiran y se vuelven a pesar para una mayor precisión en el número de semillas tratadas (se obtienen los granos).
- c. Luego se muelen o se presionan para formar una pasta y se hierven en agua durante al menos 7 minutos.
- d. Después de este tratamiento, es necesario filtrarlo a través de un paño en una canasta limpia.
- e. Luego debes dejarlo durante la noche para que el aceite se separe del agua.
- f. Una vez que se elimina el aceite, se puede repetir el proceso de adición para extraer más aceite de la masa restante (torta).
- g. El residuo está en forma de pasta (torta) que tiene todas las propiedades de una semilla fresca y puede usarse como fertilizante.

## **5.8. EXTRACCIÓN POR FLUIDOS SUPER CRITICOS (FSC)**

El FSC es una sustancia con condiciones de presión y temperatura por encima de su punto crítico y caracterizada por las propiedades de un líquido y un gas al mismo tiempo: No distingue entre fases líquida y gaseosa y, por lo tanto, se comporta como una sola fase, lo que significa que puede difundirse como un gas y disolver sustancias como un líquido. Estos disolventes se utilizan porque su alta difusión les permite penetrar perfectamente a través de sustratos porosos, y porque su solubilidad modular les permite tener una gran flexibilidad y selectividad en función de su elección a los que están expuestos; Además de ser un método inofensivo, debido a su sensibilidad para preservar la calidad original de la fuente natural (ya sean semillas, nueces, biomasa u otros métodos), asegura que la pureza del producto final y se incrementa al no producir cualquier desperdicio. El tipo más común de FSC que se utiliza para extraer aceites es el dióxido de carbono (Vinatoru, 2001).

## **5.9. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE *MORINGA OLEÍFERA***

El aceite extraído de distintos tipos de semillas de *Moringa Oleífera* es de color amarillo oscuro, bastante suave. Ahora su uso se ha extendido con éxito porque su fórmula aporta una gran cantidad de ácidos grasos, tocoferol y vitamina E, lo que lo convierte en un complemento potente y eficaz en la lucha contra el colesterol. Investigadores como (Mitjans, Bravo y Cárdenas, 2016) han centrado su investigación en definir estándares de calidad, algunos de los cuales se muestran en la Tabla 11. Estas características permiten una comparación con los aceites más conocidos y más utilizados del mercado.

**Tabla 11.** Parámetros de calidad determinados para el aceite de semilla de *Moringa oleífera* comparados con el aceite de oliva

<b>Propiedad determinada</b>	<b>Aceite de moringa</b>	<b>Aceite de oliva</b>
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.908	0.910
Índice de iodo (g/g)	65.580	65.740
Índice de rancidez (meq /kg)	1.970	≤1.500
Ácidos grasos libres (%)	0.500	≤1.000

El porcentaje de ácido oleico de un  $\pm 68,9\%$  indica que los aceites de esta planta, tienen el mismo nivel de calidad que los de oliva, por lo que podrían tener el mismo valor de mercado. Este ácido graso tiene una mayor capacidad antioxidante que el ácido linoleico, por lo que su adición a otros aceites permite obtener una combinación de altas propiedades nutricionales.

### **5.9.1 PRINCIPALES COMPONENTES DEL ACEITE DE *Moringa oleífera***

Las semillas de *Moringa oleifera* utilizadas en el estudio se cultivaron y cosecharon en el Centro Médico Internacional “Las Praderas”, La Habana, Cuba.

Los ácidos grasos de estos aceites fueron identificados y cuantificados, obteniendo la distribución que se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Composición porcentual de la semilla de *Moringa oleífera* determinada por cromatografía gaseosa.

Ácido graso	Extracción mecánica
C 14:0 (mirístico)	0,08
C 16:0 (palmítico)	5,43
C16:1 (palmitoleico)	1,16
C18:0 (esteárico)	4,32
C 18:1 (oleico)	65,27
C 18:2 (linoleico)	4,82
C 18:3 (linolénico)	0,54
C 20:0 (alquídic)	3,12
C 20:1 (gondoico)	2,18
C 22:0 (behénico)	6,10
C24:0 (lignocerico)	0,94

Los resultados mostraron que el ácido oleico fue el componente principal seguido del ácido palmítico que se obtuvo con los valores más altos. El contenido de ácido oleico es del 65,27%, lo que confirma que los extractos obtenidos tienen una composición similar a los de oliva (Mitjans, Bravo, & Cárdenas, 2016).

**Ácido oleico:** Es un ácido graso monoinsaturado de la familia omega-9 típico de los aceites vegetales, y tiene efectos beneficiosos sobre los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

**Ácido behénico:** En la dieta, el ácido behénico, aunque es un ácido graso, se absorbe mal debido a su larga cadena. Además de su baja biodisponibilidad en comparación con otros ácidos grasos como el ácido oleico, el ácido behénico aumenta el colesterol en humanos.

**Ácido palmítico:** Es uno de los principales ácidos grasos saturados que se encuentran en el cuerpo humano, así como en su dieta, y representa alrededor del 60,0% del mismo. En aceites vegetales como el aceite de palma es el 44,0% y en el aceite de oliva entre el 8,0 y el 20,0% de la grasa total.

#### 5.10. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE *Moringa oleífera*

Los resultados de la caracterización fisicoquímica mostrados por (Ismail, Elwathig, & Mirghani, 2017) de los aceites correspondientes a los mayores valores de porcentaje de extracción y el aceite extraído de prensado mecánico.

**Tabla 13.** Propiedades fisicoquímicas del aceite de *Moringa oleífera* Lam

Propiedades Fisicoquímicas	Aceite de <i>Moringa oleífera</i>
Rendimiento del aceite	25.0 % - 44.0 %
Gravedad específica	0.91 – 1,1827
Densidad a 24 °C	0.9037
Viscosidad (mPa · s)	103
Índice de refracción (25 °C)	1.4713 – 1.4725
Punto de fusión (°C)	28.0

Valor de saponificación (mg KOH / g) (AOCS Cd 3-25., 2003)	171.9 – 191
Índice de peróxido (mEq / Kg) (AOCS Cd 8-53., 2003)	8.1 – 15
Valor de yodo (I <sub>2</sub> / 100 g de aceite) (AOCS Cd 1-25., 1997)	66 – 85.3
Valor ácido (mg / KOH / g) (AOCS Ca 5a – 40, 1997)	3.8 – 5.04
Ácido graso libre (% ácido oleico)	0.5 – 2.51
Punto de humo (°C)	190 – 201

### 5.11. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ACEITE DE *Moringa oleífera*

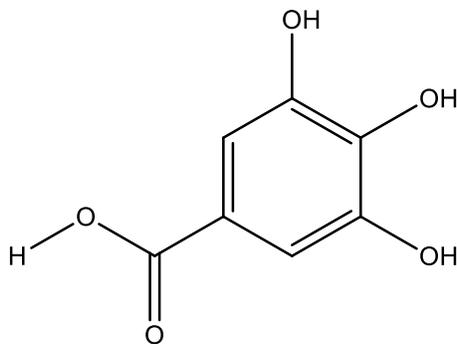
Este porcentaje de rendimiento es considerable en comparación con las otras plantas conocidas como fuentes de aceite. El valor de saponificación varió entre 172 y 180, lo que indica que tiene una larga cadena de carbono. El ácido graso libre es 2.51, lo que indica que su rancidez es baja y debe tener una larga vida útil (salaheldeen, Aroua, Mariod, Cheng, & Abddelrahman, 2014).

Sin embargo, el valor ácido fue mayor que el valor estándar del Codex para aceites vegetales vírgenes. El índice de peróxido fue de 15.96 mEq / kg. El valor era mayor que el valor estándar del Codex (10 mEq / kg) para el aceite vegetal refinado y menor que el valor máximo (20 mEq / kg) permitido para el aceite de oliva sin refinar (Abiodun, Adegbite, & Omolola, 2012). El índice de yodo fue bajo en comparación con aceites de semillas que significan un bajo grado de insaturación y menor es la capacidad del aceite de volverse rancio por oxidación.

El valor de saponificación (SV) (172–191 mg / g) varía entre bajo y alto bajo en comparación con los valores registrados. Cuanto más bajos son los SV de aceite, más bajo es el contenido de ácido láurico de ese aceite (Ismail., Elwathig., & Mirghani, 2017).

## 5.12. CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES DEL ACEITE DE SEMILLAS DE *Moringa oleífera*

La Tabla 13 muestra los resultados de polifenoles totales para las muestras de aceite de *Moringa Oleífera* analizadas. Se encontraron diferencias significativas en las concentraciones totales de polifenoles entre el aceite de 53,4 mg / kg expresado en ácido gálico (Fig.13) y el aceite de *Moringa Oleífera* extraído por tratamiento enzimático (65,7 mg / kg expresado en ácido gálico). Estos datos son elevados a los reportados por (Ogbunugafor, et al., 2011), que obtuvo un valor de 40,18 mg / kg de polifenoles totales presentes en el aceite de *Moringa Oleífera*, con distintos métodos de extracción por solvente. Al comparar los resultados de los compuestos fenólicos totales en aceite de *Moringa Oleífera* obtenidos con y sin tratamiento enzimático (65,7 y 53,4 mg de ácido gálico / kg, respectivamente) el valor fue mayor observado por primera vez.



**Figura 13:** Estructura ácido gálico

Las enzimas hidrolíticas actúan sobre las paredes celulares de la semilla y pueden mejorar la extracción de compuestos con actividad antioxidante en el aceite, por lo que el contenido de polifenoles puede incrementarse tras la aplicación del tratamiento.

**Tabla 14.** Contenido de polifenoles totales del aceite de *Moringa oleífera* obtenido sin y con tratamiento enzimático

<b>Polifenoles</b>	<b>Sin tratamiento enzimático</b>	<b>Sin tratamiento enzimático</b>
Totales (mg ácido gálico/kg)	53,4 ± 2,26	65,7 ± 2,79

### **5.12.1. LA POLIFENOLES TOTALES FUERON DETERMINADOS MEDIANTE EL MÉTODO COLORIMÉTRICO**

Este fue propuesto por (Vásquez, Janer, & Janer, 1973) y (Gutfinger, 1981). El procedimiento consiste en pesar con precisión 10,0 g de la muestra de aceite a analizar y disolverla en 20,0 mL de hexano. Esta solución se transfirió a un embudo de decantación y se realizaron tres extracciones sucesivas, con 10,0 mL de metanol agua 60:40 (v/v), agitando vigorosamente durante 2 minutos. Dejar reposar el embudo hasta que las fases se separen, y se recogen los tres extractos de metanol en el mismo matraz aforado de 50,0 mL al que se añade agua destilada hasta la marca, obteniendo así un “extracto fenólico”.

Para estimar los polifenoles totales, se tomaron 2,50 mL del extracto fenólico y se colocaron en un matraz aforado de 25,0 mL, seguido de la adición de 9,0 mL de agua destilada y 1,2 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu. Cerrar la tapa y agitar el matraz, finalmente dejándolo por 3 minutos. Agregue 3,75 mL de carbonato de sodio al 20% (p / v)

y trabaje hasta la marca con agua destilada. Después de 2 h en la oscuridad, se centrifugó a 1500 rpm durante 10 min, y se midió la absorbancia del sobrenadante en una cubeta de camino óptico de 1 cm a 725 nm, para el vacío preparado de la misma forma, pero adicionalmente, en el lugar de extracto fenólico, 1,50 ml de metanol-agua 60:40 (v/v) y 1 ml de agua.

La concentración de compuestos fenólicos en el extracto, en mg/L, se determinó interpolando en una curva estándar obtenida en las mismas condiciones a partir de soluciones estándar de ácido gálico en concentraciones entre 10 y 120 mg/L. Contenido total de polifenoles en la muestra de aceite expresado en mg / kg de ácido gálico.

### 5.13. CONTENIDO DE TOCOFEROLES DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE *Moringa oleífera*

Los niveles de tocoferol total en aceite de moringa fueron 344.85 mg / kg y 329.05 mg / kg para aceite de moringa extraído por tratamiento enzimático previo (Tabla 14), solo se encontraron diferencias, ya que se encontró cantidad significativa de  $\alpha$ -tocoferol.

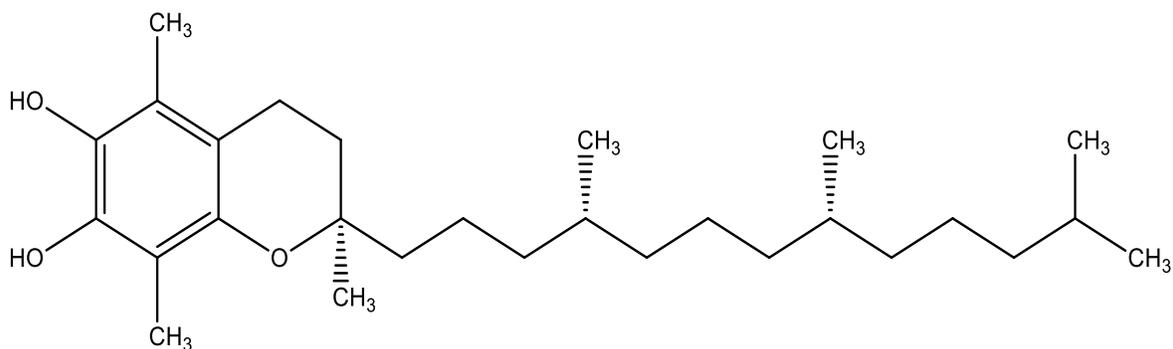


Figura 14. Estructura de alfa-tocoferol

Estos datos son más altos que los niveles totales de tocoferol reportados (Latif & Anwar, 2008), que se obtuvieron a 120,39 mg/kg. Además, (Ruttarattanamongkol, Siebenhandlehn, Schreiner, & Petrasch, 2014) obtuvieron una concentración de 198,5 mg/kg de tocoferol total, identificando solo  $\alpha$ -tocoferol (137,8 mg/kg) y  $\gamma$ -tocoferol (60,7 mg/kg); Los valores obtenidos en este estudio son superiores a los reportados por estos autores.

**Tabla 15.** Contenido de tocoferoles del aceite de *Moringa oleífera* (mg/kg de aceite)

<b>Tocoferol</b>	<b>Sin tratamiento enzimático</b>	<b>Con tratamiento enzimático</b>
$\alpha$ -Tocoferol	274,65 $\pm$ 0,18	252,98 $\pm$ 0,17
$\beta$ -Tocoferol	19,26 $\pm$ 0,17	19,02 $\pm$ 0,30
$\gamma$ -Tocoferol	42,87 $\pm$ 1,42	48,71 $\pm$ 1,44
$\delta$ -Tocoferol	8,07 $\pm$ 0,30	8,34 $\pm$ 0,37
Total	344,85 $\pm$ 1,47	329,05 $\pm$ 2,30

En este estudio, el isómero principal fue el  $\alpha$ -tocoferol, que representó el 80%, frente al  $\gamma$ -tocoferol (12,0%), el  $\beta$ -tocoferol (6,0%) y el  $\delta$ -tocoferol (2,0%). Sin embargo, en su estudio (Lateef y Anwar, 2008) el  $\alpha$ -tocoferol fue la forma predominante pero con un porcentaje menor (66,0%). Se encontró que el segundo tocoferol tenía el contenido más alto de alfa-tocoferol de 25.0% y gama-tocoferol presente como componente menor (9.0%), mientras que el beta-tocoferol no fue identificado. La diferencia en los números de los diferentes isómeros es debido principalmente al método de extracción utilizado y a la variedad de *Moringa Oleífera* utilizada.

## 5.14. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

### 5.14.1. VENTAJAS DEL USO DEL ACEITE DE *Moringa oleífera* EN LA SALUD

La *Moringa Oleífera* se ha utilizado durante siglos por su larga lista de beneficios, prevención y tratamiento de innumerables dolencias. Estos son sus principales beneficios (anonimo, 2021):

- a. **Se incrementan las defensas:** El sistema inmunológico, es decir, las defensas naturales del cuerpo humano, se puede incrementar ingiriendo *Moringa* común, en cualquiera de sus preparaciones. La responsable, sobre todo, es la vitamina C, que ha demostrado ser eficaz para fortalecer las defensas y prevenir una variedad de enfermedades. La razón principal es que estimula la formación de glóbulos blancos en nuestro cuerpo, lo que fortalece nuestro sistema inmunológico.
- b. **Se controla el colesterol:** El omega-3 presente en la *Moringa* permite un consumo regular, es realmente útil para mantener bajos los niveles de colesterol. En cuestión, este ingrediente se sitúa en las semillas de *Moringa Oleífera*, de las que es posible extraer un aceite que se puede utilizar para preparar muchas recetas.
- c. **Es altamente antioxidante:** Uno de los resultados más apreciados de esta potencia antioxidante es que podrá ver una piel menos arrugada y más suave, al mismo tiempo que se sentirá rejuvenecido por dentro. Algunos de los compuestos responsables de este beneficio son el ácido gálico, el ácido ascórbico y el betacaroteno.

- d. Aporta energía:** No es excesivo expresar que la *Moringa Oleífera* puede ser una buena alternativa natural a la cafeína, ya que la elevada cantidad de energía que aporta es muy parecida. Esto se debe a algunas de sus sustancias, como el betacaroteno y el fenol. Además, se ha comprobado que su consumo regular aumenta la cantidad de hemoglobina, glucosa y glucógeno en el organismo. Esta propiedad, así como una mayor defensa, llevó a una declaración muy popular: “La moringa se usa para devolver la vida a los muertos.
- e. Es antiinflamatorio:** La inflamación del cuerpo puede provocar una variedad de inconvenientes, como dolor, hinchazón o disfunción del órgano afectado, que pueden ser tanto externos como internos. De esta manera se entiende que la Moringa tiene la capacidad de reducir cualquier tipo de inflamación, ya sea crónica o aguda, y las molestias causadas.
- f. Se mejoran y facilitan las digestiones:** Debido a sus capacidades antiinflamatorias, la Moringa puede mejorar el funcionamiento del estómago y hacer que el proceso de digestión sea más suave y fácil. Además, puede prevenir problemas relacionados como el estreñimiento y la diarrea.
- g. Beneficios frente al cáncer:** Se han realizado varios estudios para verificar la eficacia de *Moringa Oleífera* en la prevención y el tratamiento de ciertos tipos de cáncer. Además, pudo reducir los efectos de los tratamientos contra el cáncer. En

particular, ayuda a reducir los efectos negativos de la quimioterapia y la radiación por los que deben pasar los pacientes con cáncer.

De todos los tipos de cáncer, el cáncer de páncreas es uno de los más estudiados por los efectos que puede tener el consumo de moringa. No es sorprendente que este sea el cuarto tipo de cáncer más común en términos de mortalidad.

**h. Tiene propiedades antibacterianas:** También gracias a algunos experimentos, se puede comprobar que el líquido extraído de las semillas de *Moringa Oleífera* es muy beneficioso en este caso frente a la presencia de algunas bacterias dañinas en el organismo. En particular, destacan las bacterias que causan diversas enfermedades de la piel.

**i. Favorece el tratamiento y la cura de numerosas enfermedades:** Enfermedades relacionadas con el corazón, los riñones o la visión. Estos son solo algunos ejemplos del poder de lucha contra las enfermedades de *Moringa Oleífera*. Esta hierba mejora la circulación sanguínea y reduce el azúcar en sangre, por lo que puede ser beneficiosa para los diabéticos. Además, la tuberculosis, la bronquitis, la anemia, la epilepsia, la presión arterial alta, la artritis y el asma pueden tratarse o eliminarse por completo comiendo Moringa. La razón de esto es la interesante combinación de nutrientes (particularmente minerales y compuestos vegetales) y el sistema inmunológico que estimula en el cuerpo de sus usuarios.

### 5.14.2. DESVENTAJAS DEL USO DEL ACEITE DE LA *Moringa oleífera* EN LA SALUD

La *Moringa Oleífera*, como cualquier otra sustancia natural, debe utilizarse en determinados trastornos metabólicos y neurológicos, especialmente a través de tratamientos sistémicos, de forma previa y consensuada. Consulte a su médico de confianza, más aún, si está tomando un medicamento genérico, para evitar incompatibilidades o interferencias con la acción del medicamento.

Como regla general, tomar *Moringa Oleífera* en dosis o dosis razonables no presenta ningún riesgo para la salud, aunque no se recomienda una sobredosis. La moringa se puede incluir de forma segura en nuestra dieta habitual, si no nos excedemos. Sin embargo, se deben observar algunas advertencias o contraindicaciones (CEBRIAN, 2020):

- a. La raíz y la corteza, que se consumen con moderación, pueden mostrar efectos fallidos, al menos en dosis altas. No es necesario enfatizar la necesidad de evitarlo, especialmente si está embarazada o cree que podría tenerlo.
- b. La *Moringa oleífera* tiene un efecto hipoglucemiante, reduce el azúcar en sangre. Por lo tanto, las personas con hipoglucemia con bajo contenido de azúcar deben comer con moderación. Cuando se abusa, estas personas pueden experimentar desmayos, debilidad y pérdida del equilibrio.
- c. Como hierba algo tónica y estimulante, no debe tomarse cerca de la hora de acostarse, especialmente si es propenso al insomnio.

- d. Cuando se toma con el estómago vacío o durante un tiempo prolongado puede provocar acidez, malestar y reacciones alérgicas en personas sensibles. En este caso, estos efectos secundarios se pueden evitar tomando *Moringa Oleífera* con otro alimento importante.
- e. Sus propiedades depurativas pueden producir un leve efecto laxante, sobre todo al inicio del consumo y el organismo no está acostumbrado a ello, por lo que es posible que tengas un ataque de diarrea que desaparecerá en poco tiempo.
- f. Una rara complicación del consumo de *Moringa Oleífera*, pero debe tenerse en cuenta, es un aumento excesivo en la cantidad de glóbulos rojos en la sangre, una condición conocida como policitemia.

La *Moringa oleífera* está contraindicada para mujeres embarazadas, ya que se desconoce el efecto de la planta en mujeres embarazadas. Según estudios en animales, se ha encontrado que al consumir *Moringa oleífera*, tiende a abortar el embarazo. Sin embargo, la moringa puede ayudar a aumentar la producción de leche materna, aunque se cuestiona la validez de esta teoría. Las personas con enfermedad de la tiroides deben tomar las mismas precauciones, ya que pueden causar desequilibrios hormonales. Además, algunos pacientes han informado de insomnio, aumento de glóbulos rojos y acidez de estómago.

Por último, es importante señalar que los expertos en medicina naturista y tradicional coinciden en una cosa en común: consumir demasiado puede ser perjudicial, si no se come con moderación (Payares, 2021).

## **6. CAPÍTULO 4. USOS DE LAS SEMILLAS DE *Moringa oleífera* Lam Y SU ACEITE**

### **6.1. Usos etnobotánicos de *Moringa Oleífera*.**

La *Moringa oleífera* proporciona distintas aplicaciones medicinales, especialmente en los países de origen. La corteza fresca es usada para antídoto para contrarrestar la picadura de muchos insectos y contra el veneno de serpientes; las vainas con semillas de esta planta se consideran afrodisíacos y la raíz sirve para tratar la viruela o la retención de líquidos; la alimentación con las vainas y otras piezas de la planta presentan efecto laxante y purgante; a las hojas, flores y raíces se le atribuyen propiedades abortivas, bactericidas, purgantes, estrogénicas, expectorantes, rubefacientes, estimulantes, diuréticas y vermífugas. La concha de la raíz y del tallo, son antiescorbúticas, diuréticas y estimulantes (figura 15) (Pérez, 2012).

Todas estas propiedades han sido utilizadas en la medicina tradicional natural, aunque pocas han sido investigadas científicamente con pruebas clínicas aleatorizadas en humanos y controladas con placebo (Olson & Fahey, 2011). La asociación médica occidental pide este método para admitir los beneficios de la *Moringa oleífera*. Sin embargo, muchos estudios se han fundamentado en investigaciones in vitro o de estudiar con animales, evidenciándose que el uso de *Moringa oleífera* o sus extractos agranda los niveles de determinados biomarcadores, antioxidantes y enzimas de detoxificación (Pérez, 2012).



**Figura 15.** Usos medicinales del árbol moringa oleífera. Tomado de <http://www.5septiembre.cu/moringa-o-el-arbol-de-la-vida/foto-moringa-beneficios-moringa-medicinal-listo/>

### 6.1.1. Usos medicinales tradicionales de la *Moringa oleífera*

Para comprobar la diferencia entre la medicina tradicional y la medicina moderna se muestra en un ejemplo. La primera basada especialmente en la experiencia a través del tiempo y más que todo con propiedades mítico-religiosos, y la segunda con su procedimiento exhaustivo de búsqueda y estandarización de medicamentos clínicamente eficaces. Sin embargo no debemos olvidar que millones de personas en el mundo, ya que no tienen forma de alcanzar la medicina moderna, por lo que se ajustan a los remedios de las medicinas tradicionales. Sobre la base de esta idea vamos a presentar dos tablas: la primera basada sobre el uso medicinal tradicional teniendo en cuenta la experiencia (Tabla

16) y la segunda sobre las cualidades medicinales de la planta basadas en estudios de laboratorio y en humanos (Tabla 17).

**Tabla 16.** Usos medicinales tradicionales de *Moringa oleífera*

<b>Órgano empleado</b>	<b>Uso medicinal</b>	<b>Referencia</b>
<b>Raíces</b>	Aborto, cuidado en embarazo, analgésico, antiinflamatorio, antituberculoso, analgésico, tónico gaseoso, laxante, analgésico lumbar, dolor de oído, dolor de muelas, mordedura de serpiente, hinchazón, mejorar ritmo cardíaco.	(Anwar, 2007) (Posmontier, 2011) (Sharkhel, 2014)
<b>Tallo</b>	Antipirético, antiulceroso, desparasitante, antipalúdico, abortivo, antituberculoso, antitumoral, antifúngico, confusión mental, menstruación, enfermedades oculares, esplenomegalia, hepatitis, enrojecimiento y ampollas.	(Anwar, 2007) (Adebayo, 2011) (Pashal, 2013)
<b>Gomas o corteza</b>	Gravidanza, antipiretico, asma, astringente, carie dentaria, cefalea, disenteria, gastroenterite, reumatismi, vampate.	(Anwar, 2007)
<b>Hojas</b>	Anticatarral, ascórbico, antidiabético, antipalúdico, antihipertensión, antipirético, ansiolítico, bronquitis, catarata, disfunción sexual, diuréticos, faringitis, conjuntivitis, hemorroides, inflamación de glándulas, otitis media, úlcera de Buruli, antihelmínticos, VIH y trauma.	(Fahey, 2005) (Anwar, 2007) (Kasolo, 2010) Posmontier (2011) (Mishra, 2014) (Tsouh-Fokou, 2015)
<b>Flores</b>	Aborto, afrodisíaco, antiinflamatorio,	(Morton, 1991)

	antipsicótico, antitumoral, colerético, esplenomegalia, mialgia, asco.	(Anwar, 2007) (Mishra, 2014)
<b>Semillas</b>	Antipirético, antituberculoso, antitumoral, venéreo, histeria, genitourinario, protección hepática, laxante, nutritiva y verrugas.	(Posmontier, 2011) (Lakshmi, 2012) (Chinsembu, 2016)

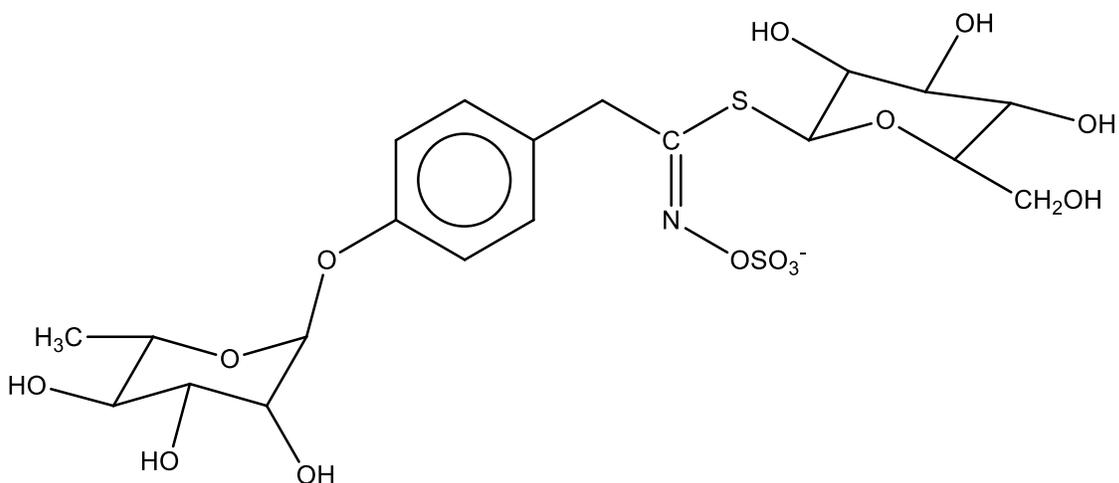
**Tabla 17.** Propiedades medicinales de *Moringa oleífera* basadas en estudios experimentales

<b>Efecto terapéutico</b>	<b>Órgano</b>	<b>Comentario</b>
<b>Sistema nervioso central</b>		
(Bakre, 2013)	Flor	Anti convulsionante en ratones
(Giacoppo, 2015)		Glucosinolatos previenen enfermedades neurodegenerativas
<b>Sistema respiratorio</b>		
(Agrawal, 2008)	Semillas	Mejora cuadros asmáticos. Humanos
(Nkya, 2014)	Hojas, Semillas	Citotóxico Mycobacterium spp. Antituberculoso
<b>Hipoglucemiante</b>		
(Mbikay, 2012)	Hojas	Revisión. Comprobado en grupos humanos reducidos
(Jaiswal, 2013)	Hojas	Antioxidantes. Regula estrés oxidativo. Reduce nivel glucosa
<b>Hipolipemiante</b>		
(Mbikay, 2012)	Hojas	Revisión. Comprobado en grupos humanos reducidos
(Stohs, 2015)	Hojas	Revisión. Baja colesterol 6.3%. Sube HDL. Humano
<b>Antiespasmódico</b>		
(Cáceres, 1992)	Raíz	Reduce inflamación intestinal inducida en ratas albina
<b>Antiulceroso</b>		
(Akhtar, 1994)	Flor	Mejora úlceras gástricas inducidas en ratas
<b>Hepatoprotector</b>		
(Ndong, 2007)	Toda la planta	Mejora los hepatocitos de ratas Wistar Fe-deficientes
(Rose, 2013)	Hojas, fruto	Mejora hígado enfermo ratas albinas inducido CCl4. Flavonoides

<b>Genito-urinario</b>		
(Maurya, 2014)	Tallo	Reduce infecciones urinarias. Humanos.
<b>Oculares</b>		
(Sunkireddy, 2013)	Hojas	Antioxidantes. Prevención de aparición cataratas
<b>Antimicrobiano, antifúngico y antiparásito</b>		
(Fahey, 2005)	Hojas, raíz	Glucosinolatos contra <i>Helicobacter pylor</i>
(Bahatnagar, 2013)	Goma o corteza	Inhibe crecimiento cultivo <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>E. coli</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>
(Eilert, 1981)	Semillas	Isotiocianatos. Antifúngico y antibacteriano amplio espectro
(Chuang, 2007)	Flor	Antifúngico <i>Trichophyton</i> , <i>Epidermpphyton</i> y <i>Microsporum</i>
(Kaur, 2014)	Raíz	Niazinina. Leishmaniasis
(Rocha-Filho, 2015)	Flor	Saponinas, taninos. Inhibe desarrollo <i>Schistosoma mansoni</i>
<b>Anticáncer</b>		
(Guevara, 1999)	Semillas	Inhibe promotores de tumores. In vitro. Niazimicina, niazirina, $\beta$ -sitosterol-3- O- $\beta$ -D-glucopiranosido
(Brunelli, 2010)		Inhibe NF-kB y reduce mielomas en ratones mutados
(Sreelatha, 2011)	Hojas	Flavonoides. Inducción apoptosis
(Jung, 2014)	Hojas	Potencial actividad anticancerígena in vitro
(Al-Asmari, 2015)	Hojas, Semillas, tallo	Agente potencial contra cáncer de colon y pecho. Isotiocianatos
<b>Biodisponibilidad</b>		
(Abdul- Karim, 2012)	Fruto	Niaziridina + absorción y actividad rifampicina, tetraciclina y ampicilina
<b>Toxicidad</b>		
(Stohts, 2015)	Hojas	50.0 g unidosis, 8.0 g día (40 días) en humanos es seguro

## 6.2. Composición química y actividades biológicas de las semillas de *Moringa Oleífera*

La composición química de esta especie ha revelado que contiene diversidad de sustancias bioactivas como: glucosinolatos, isotiocianatos, flavonoides, antocianinas, proantocianidinas y cinamatos. Se informa que cada parte de *Moringa oleífera* posee la presencia de un grupo de compuestos conocidos como glucosinolatos, tales como carbamato de O-etil-4- ( $\alpha$ -L-ramnosiloxi) bencilo, 4- ( $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil glucosinolato, Isotiocianato de 4- ( $\alpha$ -L-ramnosiloxi) bencilo. Compuestos que son exclusivos de la familia Moringaceae y se puede decir que son marcadores quiotaxonomicos de esta. A este tipo de compuestos se les atribuye actividades biológicas como actividad hipotensiva, quimiopreventiva y antibacteriana (Singh et al., 2013). En cuanto al contenido de compuestos fenólicos de la semilla en extractos acuoso, metánolico y acetona, se reportan valores para el extracto acuoso de  $90,970 \pm 0,134$  mgGAE/g de extracto seco, mientras los extractos de metanol y acetona muestran valores de  $60,990 \pm 0,153$  y  $30,78 \pm 0,101$  mgGAE/g respectivamente. A su vez se informa que el contenido total de flavonoides de los extractos de metanol y acetona fue de  $10,13 \pm 0,171$  y  $13,31 \pm 0,101$  mg/g, y el del extracto acuoso fue de  $221,76 \pm 0,221$  mg QE/g de extracto seco. El contenido de taninos totales también ha sido evaluado y reportado, el extracto de metanol contiene ( $97,10 \pm 0,153$  mg GAE/g de extracto seco) y los extractos de acetona y agua contienen  $73,91 \pm 0,107$  y  $21,74 \pm 0,086$  mg GAE/g de extracto seco respectivamente (Jahan et al., 2018).



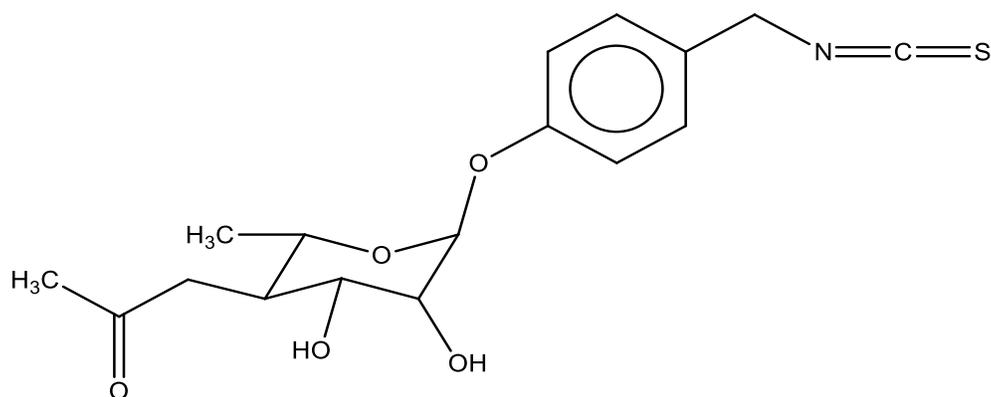
**Figura 16.** Estructura de 4-( $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil glucosinolato.

### 6.2.1. Actividad antimicrobiana

Es bien conocido el uso de *Moringa oleífera* para el control de diversas infecciones causadas por microorganismos, y en los últimos años se ha confirmado su actividad antibacteriana sobre la base de resultados científicos. Se demostró la actividad antimicrobiana contra muchos microorganismos patógenos en laboratorio cuando se utilizan distintas partes de la planta.

En el estudio realizado por (Chuang, 2007) se demostró la actividad de los extractos obtenidos alcohólicos de las semillas contra dermatofitos como *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes* y antifúngica de los aceites esenciales de las hojas. Los estudios bacteriológicos han demostrado la actividad antibacteriana del extracto de semilla de *Moringa*, que coagula bacterias Gram negativas y Gram positivas de la misma forma que coagula con coloides en agua. Su actividad bactericida está basada en el rompimiento de la membrana celular por inhibición de enzimas esenciales.

El principal ingrediente responsable de dicha actividad es el 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocionato de bencilo, el cual tiene actividad bactericida sobre muchas especies patógenas, incluyendo aislados de *Legionella*, *Streptococcus* y *Staphylococcus* resistentes a antibióticos. El potencia de los isotiocionatos como antibióticos fue demostrado en un estudio con *Helicobacter pylori*, que es el causante de úlceras gástricas y duodenales (Fahey, 2005).



**Figura 17.** Estructura 4-(4'-O-acetil- $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato

En una investigación realizada por Oluduro et al.,( 2010) se evaluó la actividad antimicrobiana del extracto crudo de semillas de *Moringa oleífera* contra *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Cladosporium cladosporioides*, y *Penicillium sclerotigenum*, . Los resultados revelaron que todos los compuestos a 5.0 mg / L demostraron que muchos de los patógenos utilizados presentaron actividad bactericida, incluso en el período de contacto de 1 a 2 h. 4- (  $\beta$ - D- Glucopiranosil-1  $\rightarrow$  4-  $\alpha$  - L-ramnopiranosiloxi) bencil tiocarboxamida fue la más potente, con un 99,2% de inhibición hacia *Shigella dysenteriae* y 100% hacia *Bacillus cereus*, *E. coli* y *Salmonella typhi* en las

4 h continuas al contacto. Además se identificaron en el extracto crudo de la semilla tres compuestos bioactivos: 4- (  $\beta$  - L- ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato, carbamato de metilo N-4- ( $\alpha$ -L-ramnopiranosiloxi) bencilo (ambos compuestos conocidos) y 4- (  $\beta$  - D- glucopiranosil-1  $\rightarrow$  4-  $\alpha$  - L- ramnopiranosiloxi) - bencil tiocarboxamida, cuyo compuesto es informado por primera vez en las partes de la *Moringa oleífera*.

### 6.2.2. Actividad antioxidante

La patogénesis de muchas enfermedades en humanos esta arraigada a la aglomeración de radicales libres. Los antioxidantes son sustancias capaces de retardar o prevenir la formación de radicales libres, y su uso en farmacología es estudiado de manera progresiva, exclusivamente como tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas, así como para la prevención del cáncer y la cardiopatía isquémica. Las plantas presentan compuestos antioxidantes como los fenoles, ascorbatos, carotenoides y tocoferoles que pueden atenuar el daño oxidativo; de manera directa promoviendo la eliminación de los radicales libres, o indirecta al impulsando ayuda con las defensas celulares (Ogbunugafor, 2011).

En cuanto a la capacidad antioxidante de la semilla de *Moringa Oleífera*, Chelliah et al., (2017) evaluaron la actividad antioxidante del extracto hexanico de la semilla de *Moringa oleífera* proveniente de las ciudades de Madurai y Chennai, el ensayo fue realizado por el método DPPH, los resultados obtenidos informan que la semilla tiene una actividad antioxidante de  $36 \pm 0.33 \mu \frac{g}{mL}$  y  $31 \pm 0.33 \mu \frac{g}{mL}$ , valor atribuido al contenido de contiene ácidos grasos omega-3, bis (2-etilhexil) ftalato, ácido linoleico y nonacosano como

compuestos principales. En otro estudio realizado por Jahan et al., (2018) se evaluó la actividad antioxidante de los extractos de metanol, acetona y agua, esta se determinó siguiendo cuatro métodos complementarios: DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, ABTS {2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)}, y NO (óxido nítrico),. A la concentración más alta de 500 µg/mL, el porcentaje de inhibición del DPPH fue de  $33,52 \pm 0,052$ ,  $15,90 \pm 0,010$  y  $91,16 \pm 0,026$  respectivamente por parte de los extractos de metanol, acetona y agua y el del ácido ascórbico y el BHA fueron de  $97,40 \pm 0,018$  y  $94,62 \pm 0,057$ , con el ensayo ABTS, a la concentración de 500 µg/mL el porcentaje de inhibición fue de  $26,02 \pm 0,015$ ,  $15,77 \pm 0,011$ ,  $92,27 \pm 0,017$  y  $99,85 \pm 0,041$  respectivamente para los extractos de acetona, metanol, agua y ácido ascórbico, mientras que en el ensayo con NO a la misma concentración la el porcentaje de inhibiciones fueron de  $39,82 \pm 0,006$ ,  $31,39 \pm 0,011$  y  $57,33 \pm 0,001$ .

Posteriormente, Liang et al., (2019) afirman la actividad antioxidante de la semilla de *Moringa oleífera*, evaluando actividad antioxidante de sus polipéptidos, mostrando como resultado que el fragmento de polipéptido con un peso molecular <3,5 kDa tenía la capacidad antioxidante más fuerte y los valores de CE<sub>50</sub> de DPPH, • OH, ABTS y O<sub>2</sub>. Las tasas de eliminación de radicales libres fueron 4.0, 4.2, 5.3 y 4.3 mg / ml, respectivamente. Los resultados anteriores muestran que la semilla india de *Moringa oleífera* no solo tiene un alto valor nutricional, sino que su hidrolizado enzimático de proteasa también tiene una actividad antioxidante significativa, que puede desarrollarse aún más en productos de nutrición, productos para el cuidado de la salud, alimentos funcionales, productos de belleza y cuidado de la piel, hígado, medicamentos de protección entre otros.



bacterias, lo que indica contaminación fecal (Broin, y otros, 2002). Los gránulos en polvo, con y sin cáscara, tienen efectos positivos como coagulante y coagulante, depurativo de agua y antiséptico. Se puede utilizar para tratar agua de río con materia en suspensión, agua subterránea contaminada por diversas fuentes: residuos de aceite de palma, alcantarillado de curtido, alcantarillado, residuos de la industria del hormigón, fabricación de papel y textil; Además de eliminar color, turbidez, coloides en heces, gusanos parásitos y bacterias como *Echerichia coli* (Zavala., Escalante., Bautista., & Arellanes., 2016)

Sin embargo, el uso de semilla es menos eficiente que algunos coagulantes comerciales como el sulfato de aluminio y el sulfato férrico, aunque presenta alta capacidad para reducir la turbidez y la presencia de microbios en el agua. Además, el extracto de *Moringa oleífera* es ecológico, inocuo y biodegradable, y no altera la conductividad ni el pH de las aguas residuales tratadas, (Suhartini, 2013) (Kwabena Ntibrey et al., 2020)

Al-Gheethi y col. (2017) informó de una eficiencia del 83,63% en la eliminación de la turbidez a una dosis de 120 mg / L. Afirman además que el extracto de semilla de *Moringa oleífera* produce menos cantidad de lodo cuando se usa como agentes de coagulación en comparación con el alumbre. Además, Kwabena Ntibrey et al., (2020) investigaron la eficiencia del polvo de semillas de *Moringa oleífera* junto con la filtración de arena en el tratamiento de aguas grises, obteniendo como resultado una reducción porcentual de la turbidez (98,14%), TDS (72,7%), TSS (98,9%), T.fosfato (75,64%), T. nitrógeno (43,11%), el total de Coliformes y Se encontró *E. coli* (> 99%) luego del tratamiento, exhibiendo coagulación y eficacia antimicrobiana para reducir la turbidez y *E. coli* en aguas grises crudas.

La efectividad de las semillas de *Moringa oleífera* para la purificación de agua y remoción de materias en suspensión contenidas en aguas turbias ha sido convincentemente demostrada, por lo que su uso para la fabricación de filtros industriales y artesanales surge con gran acogida y prácticas como el propuesto por Xiong et al, (2018) en el cual se comprobaron los parámetros para el diseño de un filtro de arena de semillas de *Moringa oleífera*. Este filtro de arena demostró una eliminación de  $\sim 4$  log de partículas de poliestireno de  $1 \mu\text{m}$  y una eliminación de  $>8$  log de *Escherichia coli* comparado con una remoción de  $<0.1$  logaritmos para arena desnuda, este trabajo presenta la base científica para la inducción de una solución de purificación de agua para regiones en vía de desarrollo, que solo necesita recursos disponibles localmente y no utiliza productos químicos sintéticos o electricidad.

### **6.3.2. ACEITE DE *Moringa oleífera* EN LA INDUSTRIA**

Los aceite extraídos de las semillas de *Moringa oleífera* ha sido evaluado numerosas veces como fuente potencial de biodiesel y usos no comestibles como producción de cosméticos. El biodiésel se suele preparar a partir del aceite de *Moringa Oleífera* mediante purificación con metanol, por lo que el éster metílico (biodiésel) obtenido de este aceite contiene un elevado número de cetano, lo que indica que pertenece a la clase de biodiésel. Se encontró el mayor contenido de biodiésel. En general, el aceite de *Moringa Oleífera* parece ser una alternativa aceptable al Diesel y también tiene mejores propiedades que el biodiesel derivado de aceites vegetales (Gomez & Ortega, 2014).

El estudio para determinar la eficiencia de producción de biodiesel mediante este método se desarrolla midiendo una cantidad de aceite de *Moringa oleífera* en un vaso de precipitado (100 mL para este ensayo) el cual se somete a una temperatura alta con una placa de calentamiento. La cantidad requerida de catalizador de hidróxido de potasio se vierte en un vaso de precipitados que contiene la cantidad correspondiente de metanol y se deja mezclar hasta que el aceite esté lo suficientemente caliente, momento en el cual se agrega una solución de hidróxido de potasio y metanol, tomando este tiempo como el momento para comenzar la reacción.

Cuando la reacción está completa, dejándola reposar durante la noche, se forman dos fases líquidas diferentes, una fase éster en la parte superior y una fase glicerol en la parte inferior. La fase de glicerol se elimina y la capa de ésteres metílicos de *Moringa oleífera* en la parte superior se hace un lavado con agua desionizada caliente a 50.0 °C, hasta que esta salga cristalina. El exceso de metanol y agua en la fase éster se elimina calentando el producto a 110.0 °C se lleva a ebullición, la eficiencia del proceso es medida mediante cromatografía de gases (Kafufu, 2010).

En la producción de cosméticos, el aceite esencial de esta planta se ha utilizado ampliamente como medicamento tópico desde tiempos inmemoriales hasta nuestros días (Gomez & Ortega, 2014). Sin embargo, esto no se aplica a sus propiedades medicinales, pues a pesar de las profundas raíces el uso de *Moringa Oleífera* en muchos medicamentos y tratamientos medicinales en diferentes países, no todo ha sido reportado en la literatura científica, pues con frecuencia las justificaciones se basan en fundamentos empíricos sin hacer referencia a literatura especializada. Lo que se ha reportado en la literatura es la

presencia de importantes fitoquímicos en *Moringa Oleífera* que son responsables de ciertas propiedades curativas.

### **6.3.3. Usos no comestibles del aceite de *Moringa oleífera***

El aceite constituye del 22,0 al 40,0% del peso de las semillas de *Moringa Oleífera* (Abdul Karim, 2005) y contiene aproximadamente un 70,0% de ácido oleico (Martín, 2010). Además de los usos comestibles discutidos anteriormente, su aceite conocido comúnmente como “aceite de ben” recibe diversos usos no comestibles, muchos de los cuales se remontan a las civilizaciones clásicas de la Antigüedad y están relacionados con sus particulares propiedades fisicoquímicas. Este aceite tiene la cualidad de retener y absorber fragancias florales, lo que lo hace muy apropiado para la industria de perfumería y la de cosméticos.

### **6.3.4. Usos cosméticos**

En la utilización como productos naturales, los aceites extraídos de las semillas de esta planta se han usado comúnmente como tópico cutáneo desde la antigüedad hasta el presente. La semilla posee un aceite natural de alta calidad, por su contenido de ácido oleico, behénico, y poco nivel de poliinsaturados se cambia en una base excelente para la industria cosmética debido a su alta estabilidad a la oxidación. En la industria

cosmética moderna, se utiliza en la fabricación de perfumes, exfoliantes, cremas, para el cuidado del cabello, jabones y como humectante (Cárdenas; & Serrano, 2021).

### 6.3.5. Producción de biodiesel

El aceite de semilla de *Moringa oleífera* ha sido considerado fuente potencial de biodiesel para ser usado en los motores de automóviles, por su baja temperatura, alta lubricidad y alto índice de viscosidad; lo anterior sin necesidad de cambiarlo, produciendo emisiones limpias dentro de los límites de la ASTM D6751 y EN 14214 (Mofijur, et al., 2014).

Las propiedades del biodiésel obtenido, determinadas en gran medida por los ésteres, se resumen en la tabla 18, junto con las especificaciones relevantes de las normas de biodiésel ASTM D6751 y EN 14214 (Rashid., Anwar., Ashraf., Saleem., & yusup., 2011). (Fernandez., et al., 2015)

**Tabla 18.** Propiedades del biodiesel del aceite de *Moringa oleífera*

Propiedad	Biodiesel obtenido	ASTM D6751	EN 14214
Rendimiento (%)	96.8		
Número de cetano	67.0	47 mínimo	51 mínimo
Viscosidad cinemática (mm <sup>2</sup> /s, 40 °C)	4.50	1.9 – 6.0	3.5 – 5.0
Estabilidad oxidativa (h)	3.53	3 mínimo	6 mínimo
Lubricación	139	_a	_a
Punto de nube (°C)	18	Sin reportar	_b
Punto de fluidez (°C)	17	_c	_b
Punto de taponamiento del punto frío (°C)	17	_c	_b
Punto de inflamabilidad	162	93 mínimo	120 mínimo

(°C)			
Contenido sulfuroso (%)	0.0124	0.050 máximo	-
Contenido de cenizas (%)	0.010	0.02 máximo	0.02 máximo
Valor ácido (mg KOH / g)	0.28	0.50 máximo	0.50 máximo
Tira de cobre corrosión (50 °C, 3 h)	1 a	No. 3 máximo	No. 1 máximo
Densidad (25 °C, kg/m <sup>3</sup> )	875	-	860 – 890 kg/m <sup>3</sup>
Mayor valor de calentamiento (MJ / kg)	45.28	-	-
Contenido de metanol (%)	0.165	-	0.2 máximo
Glicerina libre (%)	0.012	0.020 máximo	0.020 máximo
Glicerina total (%)	0.196	0.240 máximo	0.250 máximo

Puede producir una producción de aceite de 1000 a 2000 L·ha<sup>-1</sup>, con un índice de cetano cercano a 67, un alto punto de congelación y una alta estabilidad a la oxidación (Karmakar, Karmakar, & Mukherjee, 2010); especialmente si se siembra la especie Periyakalum-1, diseñada para proporcionar una mayor cantidad de producción de vaina y semillas (Ayerza, 2012). De igual manera, se usa como fuente principal para la obtención de etanol (Hernández, et al., 2013).

Investigaciones algo recientes han demostrado el poderoso potencial del aceite de *Moringa Oleífera* para biodiesel. Las propiedades de productos de la transesterificación de dicho aceite, tales como: estabilidad oxidativa, lubricación, viscosidad cinemática, densidad, índice de cetano y punto de enturbiamiento, cumplen con los estándares internacionales para su uso como combustible. Actualmente se alcanzó la mejora de las condiciones de

reacción para llevar a cabo la transesterificación alcalina del aceite de *Moringa oleífera* para la producción de biodiesel (Rashid, 2011).

#### **6.4. BENEFICIOS DEL ACEITE OLEICO DE LA *Moringa oleífera***

El aceite oleico se considera como una de las mejores fuentes más sanas en aceites y se usa como un sustituto de las grasas animales saturadas. Los ésteres triglicéridos de ácido oleico es el principal componente presente en los aceites extraídos de la *Moringa Oleífera*. Además del aceite de *Moringa oleífera*, se pueden obtener de las semillas de uva, aceite de oliva y aceite de canola. El ácido oleico es un ácido graso insaturado, se encuentra predominante en los productos vegetales y posee la capacidad de disminuir los altos niveles de presión sanguínea y el nivel de colesterol en el cuerpo. Se encuentran muchos beneficios del ácido oleico, algunos de los cuales enumeran de la siguiente manera:

1. El ácido oleico es un ácido graso insaturado cuyas moléculas son más grandes y tiene un gusto a escurrirse unas sobre otras sin unión con otras moléculas, asegurando así la circulación sanguínea sin la formación de placas que obstruyan las arterias.
2. Este triglicérido es una de las principales fuentes de colesterol bueno, ya que ayuda a reducir los nivel altos de colesterol malo en el cuerpo.
3. Esta lleno en antioxidantes que ayudan a contrarrestar los efectos de los radicales libres en el cuerpo. Además impulsa a sistema inmunológico, así como combate las enfermedades para mantenernos saludables.

4. Mejora la integridad de la membrana celular y proporciona ayuda en la restauración de las células y los tejidos dañados.
5. Se eleva el dominio de la memoria y se mejoran las funciones del cerebro y la transmisión neurológica.
6. El ácido oleico es un componente importante de los medicamentos que se utilizan para retrasar el desarrollo de enfermedades como la adrenoleucodistrofia, una enfermedad mortal del cerebro y las glándulas suprarrenales.
7. Optimiza el funcionamiento del corazón y sistema circulatorio.
8. El ácido inhibita el crecimiento de las células cancerígenas disminuyendo así el riesgo de contraer la enfermedad.
9. Disminuye la inflamación de las articulaciones y otras desmejoras relacionadas con la artritis.
10. Este ácido graso fundamental interviene como un colaborador de energía para las diferentes funciones del cuerpo.
11. Los ácidos grasos monoinsaturados suministran pérdida de peso.
12. También proporciona ayuda para aminorar los síntomas del asma.
13. Modera la obstrucción y endurecimiento de las arterias, además también es reconocido como arterioesclerosis.
14. Domina la reacción de la insulina lo que incrementa la glucosa (azúcar en la sangre) de mantenimiento.
15. El nivel de colesterol es más bajo en el cuerpo oprimiendo así el riesgo de enfermedades cardiovasculares, presión arterial alta y la insuficiencia cardíaca.
16. Algunas sustancias en los productos cosméticos actúan como crema hidratante y suministra a la piel suavidad y flexibilidad.

## 6.5. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE *Moringa oleífera*

Los antioxidantes apagan, eliminan y suprimen la formación de especies reactivas de oxígeno y radicales libres o se oponen a sus acciones. Por lo que la búsqueda continua de productos anti radicalarios, ha enfocado la vista hacia los productos naturales y sus derivados. Además, *Moringa oleífera* en la medicina tradicional es utilizada para tartar el cáncer y tumores, pero además de las hojas, corteza, esta planta contiene un aceite compuesto principalmente de ácido oleico, linoleico y  $\alpha$ -linolénico, además presenta fosfolípidos y otros componentes menores, como alcaloides, enzimas y glucosinolatos que pueden contribuir a sus propiedades farmacológicas (Adesegun et al., 2008; Al-Anizi et al., 2014;)

Ogbunugafor et al., (2011) evaluaron la actividad captadora de radicales libres del aceite de *Moringa oleífera* contra El 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH), mostrando actividad máxima a 100 g/mL de  $70,15 \pm 0,03$ , además, Fernandes et al., (2015) también estudiaron la capacidad antioxidante por el método DPPH del extracto etanólico del aceite de *Moringa oleífera* el cual presento un valor de  $E_c$  de  $50.1 \pm 0,4$ , esto asociado al contenido fenólico total de  $57,0 \pm 3,1$  del aceite. Posteriormente, Athikomkulchai et al., (2021) informan que el aceite mostró actividad antioxidante con ( $IC_{50}$ ) de 121,9 mg / ml. Ratificando el efecto de los componente fitoquímicos  $\alpha$ -tocoferol, esteroles vegetales y ácidos grasos presentes en el aceite de *Moringa oleífera*.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis realizado a las diferentes fuentes bibliográficas sobre el estudio químico de la semilla de *Moringa oleífera* y su impacto en la salud humana se puede concluir lo siguiente:

- ✚ Entre los estudios reportados a la *Moringa oleífera* se destacan los realizados en detectar su uso como alimentos, centrados en valorar el incremento de las propiedades nutritivas de sus hojas, vaina y semilla, destacándose la composición de las semillas con gran cantidad de aminoácidos esenciales y antioxidantes como ácido ascórbico, flavonoides, fenoles, caratenoides, entre otros, también fueron halladas las vitaminas A, B1, B2, B3, C, E, K, y minerales. Se emplearon los métodos de análisis proximal los cuales son bastante eficientes y adecuados para determinar el contenido nutricional de las mismas; los parámetros medidos fueron el contenido de aceite, carbohidratos, proteínas, fibra cruda, cenizas y humedad.
- ✚ El análisis proximal de la semilla de *Moringa oleífera* presentó altos niveles de grasa y proteínas, lo cual le brinda importancia como alimento de tipo energético (grasa) y como alimento de engorde, también le otorga valor nutritivo porque las proteínas son las encargadas de regenerar y renovar los tejidos; así mismo presentó una cantidad considerable de cenizas, lo que representa el contenido de minerales presentes como calcio, hierro, potasio, cobre, magnesio, zinc; el contenido de aceites evidenció la presencia de un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados destacándose el ácido oleico que es un omega-9, lo cual le brinda beneficios a la salud, porque previene al organismo de enfermedades cardiovasculares. El contenido de fibra es benéfica para mejorar el tránsito intestinal.

- ✚ Según los datos reportados, al aceite de la semilla de *Moringa oleífera Lam*, se le realizaron análisis fisicoquímicos donde se evidenciaron bajos porcentajes de ácidos grasos libres y de yodo los cuales son indicativos de una baja rancidez y larga vida útil del aceite. También se encontraron polifenoles totales medidos por el método colorimétrico, así como de tocoferoles extraídos por el método enzimático destacándose en mayor proporción el  $\alpha$ -Tocoferol.
- ✚ El uso del aceite de *Moringa oleífera Lam*, al ser ingerido presenta ventajas para la salud como el incremento de las defensas naturales del cuerpo humano por la presencia de la vitamina C; se controla el colesterol gracias a la presencia de omega-3; es un buen antioxidante; aporta energía ya que aumenta la cantidad de hemoglobina, glucosa y glucógeno en el organismo; es antiinflamatorio, mejora el funcionamiento del estómago y proporciona unas digestiones más ligeras, además se ha comprobado su efecto antibacteriano en enfermedades de la piel, así mismo el efecto positivo que tiene el aceite de moringa sobre el cáncer de páncreas.
- ✚ El aceite de *Moringa oleífera Lam*, también ha demostrado algunas desventajas en la salud, tales como los efectos abortivos causados por dosis altas de infusiones de raíces y corteza, también es hipoglucemiante reduce los niveles de azúcar en sangre, cuando se ingiere en ayunas o por periodos largos puede causar acidez gástrica, irritación o reacción alérgica, puede producir un ligero efecto laxante al inicio de la ingesta, o incrementar mucho los glóbulos rojos en tal caso puede producir un trastorno denominado policitemia.
- ✚ La *Moringa oleífera* abarca muchos usos importantes que se le pueden dar tanto al aceite, como las semillas, entre estos la alimentación humana debido a su alto

contenido nutricional tales como ácidos grasos insaturados, aminoácidos, proteínas, energía, aminoácidos y minerales. En la medicina debido a su potencial uso como antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobiano y prevención del cáncer. En la industria usando el aceite en la elaboración de medicamentos aprovechando el aporte de vitaminas (vitamina A, B, C y E), también su aceite puede ser empleado para la elaboración de cosméticos que protegen y rejuvenecen la piel; además es utilizado en la producción de biodiesel, por su alto contenido en ácidos grasos insaturados.

## 8. APORTES

- ❖ El alto contenido de nutrientes que presenta tanto el aceite como la semilla lo convierte en un gran candidato en el contraste de la salud humana, por ende se debería ampliar cada días más sus investigaciones relacionadas con la medicina con énfasis en estudios clínicos que aún deben corroborarse.
- ❖ El aceite de *Moringa oleífera* es una fuente prometedora para la producción de biodiesel y actualmente no es usado como aceite comestible. Las propiedades de número de cetano y estabilidad a la oxidación sobresalen cuando se compara este biodiesel con el obtenido de otros aceites vegetales por lo tanto se propone investigar más su potencialidad como biocombustible, explorando sus parámetros fisicoquímicos indicadores de calidad.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists. 17th edn. AOAC, Arlington VA, USA.

AOCS Cd 1-25. Official Method Iodine Value of Fats and Oils Wijs Method, Sampling and Analysis of Commercial Fats and Oils. Copyright The American Oils Chemist's Society. Urbana – Illinois. USA (1997)

AOCS Cd 3-25. Official Method Saponification Value, Sampling and Analysis of Commercial Fats and Oils. Copyright The American Oils Chemist's Society. Urbana – Illinois. USA (2003).

AOCS Cd 8-53. Official Method Peroxide Value Acetic Acid (Chloroform Method), Sampling and Analysis of Commercial Fats and Oils. Copyright The American Oils Chemist's Society. Urbana – Illinois. USA (2003).

AOCS Ce 1C-89. Official Method Fatty Acid Composition by GC: cis, cis and trans isomers. Copyright The American Oils Chemist's Society. Urbana – Illinois. USA (1992).

AOAC, Official Method 996.01. Fat (total, saturated, unsaturated, and monounsaturated) in cereal products. Acid hydrolysis capillary gas chromatographic method, in: Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, 2012.

Abdulkarim, S. (2005). Some physico-chemical properties of Moringa oleifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods.

Abdulkarim, S. L. (2005). Some physicochemical properties of Moringa oleifera seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chemistry*, 93: 253- 263.

Abiodun, O., Adegbite, J., & Omolola, A. (2012). chemical and physicochemical properties of moringa flours and oil. *global journal of science frontier research*, 12-.

Acevedo, E. (2019). USO DE SEMILLAS DE MORINGA (MORINGA OLEÍFERA) COMO FLOCULANTE NATURAL PARA LA PURIFICACIÓN DE AGUAS CRUDAS DE RIO NEGRO, RIO DE ORO Y QUEBRADA FLORIDABLANCA, SANTANDER.

Adebayo JO, Krettli AU.(2011) Potential antimalarials from Nigerian plants: A review. *J Ethno.*; 133: 289-302.

Adegbe, A. L. (2016). Proximate analysis, physicochemical properties and chemical constituents characterization of Moringa oleifera (Moringaceae) seed oil using GC-MS Analysis. *American Journal of Chemistry*, 23-28.

Adegbe, A., Larayeta, R., & Omojuwa, T. (2016). Proximate analysis, physicochemical properties and chemical constituents characterization of Moringa oleifera (Moringaceae) seed oil using GC-MS Analysis. *American Journal of Chemistry*, 23-28.

- AFPD. (2008). African Flowering Plants Database - Base de Donnees des Plantes a Fleurs D'Afrique.
- Álvarez, E., & Sánchez, G. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 61-72.
- Al-Anizi, A. A., Hellyer, M. T., & Zhang, D. (2014). Toxicity assessment and modelling of Moringa oleifera seeds in water purification by whole cell bioreporter. *Water Research*, 56, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.02.045>
- Amante, B. L. (2015). Valuation of oil extraction residue from Moringa oleifera seeds for water purification in Burkina Faso. *Desalination and water treatment*, 85(4): 2743-2749.
- anonimo. (29 de abril de 2021). *Propiedades, beneficios y contraindicaciones de la Moringa*. Obtenido de <https://www.pizcadedehogar.com/moringa-propiedades-beneficios>
- Anwar, F. B. (2003). Analytical characterization of Moringa oleifera seed oil grown in temperate regions of Pakistan. . *Journal of agricultural and food chemistry* , 51(22):6558-6563.
- Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani H. Moringa oleifera: A food plant with multiple medicinal uses. Review Article. Wiley InterScience, *Phytother Res*. 2007; 21: 17-25.
- Arias, C. (2014). *Estudio de las posibles zonas de introducción de la Moringa oleifera lam*. Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias. Obtenido de [http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS\\_SABIN.pdf](http://oa.upm.es/23094/1/PFCARIAS_SABIN.pdf)
- Athikomkulchai, S., Tunit, P., Tadtong, S., Jantrawut, P., Sommano, S. R., & Chittasupho, C. (2021). Moringa oleifera seed oil formulation physical stability and chemical constituents for enhancing skin hydration and antioxidant activity. *Cosmetics*, 8(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/COSMETICS8010002>
- Aurand, L., Woods, A., & Wells, M. (1987). *Food Composition and Analysis*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Avallone, R., & Plessi, M. (1997). *Determination of Chemical Composition of Carob: Protein, Fat, Protein and Tannins*. *J. Food. Comp. Anal.*
- Ayerza, R. (2012). Seed and oil yields of Moringa oleifera variety Periyakalum-1 introduced for oil production in four ecosystems of South America . *Industrial Crops and Products*, 70–73.
- Ayerza, R. (2019). Seed characteristics, oil content and fatty acid composition of moringa (Moringa oleifera Lam.) seeds from three arid land locations in Ecuador.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México D.F.: Pearson Educación.
- BALBIR, M. (2005). *Trees for Life: Moringa Book*. [en línea]. St Louis, EUA. Obtenido de <http://www.treesforlife.org/ourwork/ourinitiatives/moringa/moringa-book>
- Bastidas, B. (16 de octubre de 2018). *Agencia de noticias UN*. Obtenido de <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/articulo/aceite-de-moringa-fuente-de-opportunidades-productivas.html>

- Becker, K., Foild, N., & Makkar, H. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses.
- Bernal, R. (1993). Análisis de alimentos. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 313.
- Bharali, R., Tabassum, J., & Azad, M. (2004). Chemomodulatory effect of *Moringa oleifera* Lam, on hepatic carcinogen metabolizing enzymes, antioxidant parameters and skin papillomagenesis in mice. *Asian Pacific J. Cancer Prev*, 4:131.
- Borreo, C. (6 de noviembre de 2006). *IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE SEMILLAS*. Obtenido de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_megatermicas/79-semilla.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/79-semilla.pdf)
- Broin, M., Santaella, C., Cuine, S., Kokou, K., Peltier, G., & Joët, T. (2002). Floculante actividad de una proteína recombinante a partir de *Moringa oleifera* Lam. semillas. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 114-119.
- Burlingame, B., & Monro, J. (1996). Carbohidratos y Componentes Alimentarios Relacionados: Identificadores de Infoods, Significados y Usos. *Journal of Food Composition and Analysis*, 100-118.
- Cáceres A, Saravia A, Rizzo S, Zabala L, De Leon E, Nave F. Pharmacologic properties of *Moringa oleifera*: Screening for antispasmodic, antiinflammatory and diuretic activity. *J Ethnopharm.* 1992; 36: 233-237.
- C. Martín, G. M. (2013). Potential applications of *Moringa oleifera*. A critical review .
- Cárdenas, B. Z. cárrgui de, & Serrano, C. F. (2021). *ELABORACIÓN DE CREMA EXFOLIANTE CON ACEITE Y CÁSCARA DE SEMILLAS DE MORINGA OLEÍFERA ECOTIPO PLAIN*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612021000100022&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2223-48612021000100022&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Carpenter, D., Ngeh-Ngwainbi, J., & Lee, S. (1993). *Lipid Analysis*. Met. Anal. Nut. Label.
- Castro Márquez, A. M. (2013). *El árbol moringa (Moringa oleifera Lam.): una alternativa renovable para el desarrollo de los sectores económicos y ambientales de Colombia*. Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10956/1/Plantaciones%20de%20moringa%20en%20Colombia.pdf>
- CEBRIAN, J. (10 de marzo de 2020). *wedconsultas*. Obtenido de <https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/plantas-medicinales/contraindicaciones-de-la-moringa-advertencias-de-uso>
- Chang & Murillo, 2017. Determinación espectrofotométrica, de carbohidratos aprovechables en las algas *Ulva sp* y *Chaetomorpha sp* para la producción de etanol que funcione como biocombustible, por el método de la antrona. Universidad Católica Andrés Bello. Laboratorio de Química Analítica, Caracas, Venezuela.

- Chelliah, R., Ramakrishnan, S. R., Antony, U., Chelliah, R., Ramakrishnan, S., & Antony, U. (2017). Nutritional quality of *Moringa oleifera* for its bioactivity and antibacterial properties. In *International Food Research Journal* (Vol. 24, Issue 2).
- Chow, K., Rumsey, G., & Woldroup, P. (1980). Linear programming in fish diet formulation. *Fish feed technology, UNDP/FAO/ADCO/REP/80/11*, 395.
- Chuang, P. (2007). Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. *Bioresource Technology*, 98:232.
- Clegg, K. (1956). *J.Sci. Food Agric.* 7, 40.
- DANE. (2013). Pobreza en Colombia. Comunicado de Prensa. Oficina de Prensa. DANE. 08 de Marzo de 2013. Bogotá. D.C.
- DANE. (2018). Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>
- Diana Gómez Mitjans\*, V. P. (2016). Characterisation of *Moringa oleifera*'s oils from different extraction methods.
- Díaz, Y., Tabio, D., Rondón, M., Fernández, E., Muñoz, S., Ameneiros, J., & Piloto, R. (2017). Extraction and characterization of *Moringa oleifera* Lam var. Supergenius seed oil from Cuba. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 48(1): 17-26.
- Doménech, G., Durango, A., & Berruezo, G. (2017). *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *ALAN*. Obtenido de <https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/2/art-3/>
- Doménech, G., Durango, A., & Ros, G. (2017). *Moringa oleifera*: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos. *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN*, 67.
- Domínguez, Y. D., Santana, E. F., Rodríguez, S. M., Serrano, C. F., Cárdenas, B. Z., & Mestre, M. M. (2014). potencial de la moringa oleifera para la producción de biodiesel.
- Elmadfa, I., & Meyer, A. (2015). *Tabla de Contenido en Fibra de los Alimentos*. Hispano Europa.
- Eneh, F., Ezikpe, I., Ogbunugafor, H., & Ozumba, A. (2011). Physicochemical and Antioxidant Properties of *Moringa oleifera* Seed Oil. *Pakistan Journal of Nutrition*, 409-414.
- Fahey, J. (2005). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. *J. Trees for Life*, 1:5.
- Falasca, S. (2008). Las especies del género *Jatropha* para producir biodiesel en. *Revista Virtual Redesma*.
- FAO. (2013). Mapa mundial del hambre 2010-2012. Último reporte. .
- FAO FIDA, W. (2012). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo.
- Fernandez, D., Sousa, R., Oliveira, A., Morais, S., Richter, E., & Muñoz, R. (2015). *Moringa Oleifera*: A potential source for production of biodiesel and antioxidant additives.

- Ghasi, S. E., & Nwobodo, J. (2000). Efecto hipocolesterolémico del extracto . *Diario de Etnofarmacología crudo de hojas de Moringa oleifera Lam. en ratas Wistar alimentadas con dieta de alto grado en grasas*, 21-25.
- Ghazali, H. & . (2011). Moringa (Moringa oleifera) seed oil: composition, nutricional aspects, and health attributes. In: Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention. . *Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands*.
- Ghazali, H., & Mohammed, A. (2011). Moringa (Moringa oleifera) seed oil: composition, nutricional aspects, and health attributes. In: Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention. (Eds. V.R. Preedy, R. Ross and V.B. Patel). *Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands*, 787.
- Ghazali, H., & Mohammed, A. (2011). Moringa oleifera seed oil: composition, nutricional aspects, and health attributes. . *Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands*, 787.
- Gómez, A. V., & Ortega, K. J. (2014). REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA Moringa oleifera. *artículos de revisión*.
- Gomez, A., & Ortega, K. (2014). REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA Moringa oleifera. *investigación & desarrollo*, 309-330.
- Gomez, A., & Ortega, K. (2014). REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA Moringa oleifera. *investigación & desarrollo*, 309-330.
- Gomez, A., & Ortega, K. (2014). REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA Moringa oleifera. *investigación & desarrollo*, 309-330.
- Gómez, D. P. (2016). Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleifera a partir de la extracción por diferentes métodos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2): 106-111.
- Gómez, K. (2013). *Evaluacion de rendimiento de extraccion y caracterizacion fitoquimica de la fraccion extraible de semilla de moringa (Moringa oleifera Lam), a nivel de laboratorio*. Guatemala: Universitaria san carlos de guatemala.
- González, G. N. (2009). Datos generales sobre las propiedades nutricionales y medicinales de la planta Moringa oleifera. . *La Habana: Instituto Finlay*.
- Greenfield, H., & Southgate, D. (1992). *Food Composition Data*. New York: Gaillard Printers, Great Yarmouth.
- Gutfinger, T. (1981). Polyphenols in olive oil. *J. Am. Oil Chem.*
- Haq, I., Mahmood, K., & Mugal, T. (2010). Moringa oleifera: A natural gift-A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 775-781.
- Haytowitz, D., Lemar, L., & Pehrsson, P. (2009). USDA's nutrient databank system a diverse sources. *J Food Comp Anal*, 22:433-441.
- Hernández. (2013). Utilización del aceite vegetal usado como combustible Instituto Superior Politécnico Jesé Antonio Echeverría.

- Hernández, E., García, A., López, M., Puls, J., Parajó, J. C., & Martín, C. (2013). Diluted sulphuric acid pretreatment and enzymatic hydrolysis of *Moringa oleifera* empty pods. *Industrial Crops and Products*, 227-231.
- Hernández, Y. (2013). Hernández, Y.O., Utilización del aceite vegetal usado como combustible Instituto Superior Politécnico Jesé Antonio Echeverría.
- Ismail, A. A., Elwathig, H. M., & Mirghani, S. (2017). Capitulo 35 - aceite de semilla de moringa oleifera. 233-241.
- Ismail., A. A., Elwathig., H. M., & Mirghani, S. (2017). Capitulo 35 - aceite de semilla de moringa oleifera. 233-241.
- Jaiswal D, Rai KP, Mehta S, Chatterji S, Shukla S, Kumar RD, Sharma G, Sharma B, Khair S, Watal G. Role of *Moringa oleifera* in regulation of diabetes-induced oxidative stress. *Asi Pac J Trop Med*. 2013; 426-432.
- Jahan, I. A., Hossain, M. H., Ahmed, K. S., Sultana, Z., Biswas, P. K., & Nada, K. (2018). Antioxidant activity of *Moringa oleifera* seed extracts. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 18(4), 299–307. <https://doi.org/10.1007/s13596-018-0333-y>
- Jaimes, M. I., López, F. E., Ruíz, B. S., Pérez, A. G., & Chagman, G. P. (2018). Effect of the debittered of moringa seed cake ( *Moringa oleifera* ) on its proximal composition and its nutritional and toxicological profile . *universidad nacional de trujillo*.
- Jordi, R. R., & Grau, B. A. (2010). Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible. 23.
- Kafufu, G. &. (2010). Alkaline catalyzed biodiesel production from moringa oleifera oil with optimized production parameters. *Applied Energy*, 2561-2565.
- Karmakar, A., Karmakar, S., & Mukherjee, S. (2010). Properties of various plants and animals feedstocks for biodiesel production. . *Bioresourse Technology*, 101.
- Kwabena Ntibrey, R. A., Kuranchie, F. A., & Gyasi, S. F. (2020). Antimicrobial and coagulation potential of *Moringa oleifera* seed powder coupled with sand filtration for treatment of bath wastewater from public senior high schools in Ghana. *Heliyon*, 6(8), e04627. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04627>
- Kirk, R., Sawyer, R., & Egan, H. (2011). *Composición y Análisis de Alimentos de Pearson*. México: Grupo Editorial Patria.
- Lake, R., & Thomson, B. (1996). *Trans Fatty Acid Content of Selected New Zealand Foods*. J. Food. Comp. Anal.
- Latif, S., & Anwar, F. (2008). Quality assessment of moringa concanensis seed oil extracted through solvent and aqueous-enzymatic techniques. *grasas y aceites*.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., & Aristil, J. y. (2016). *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Sciences*.

- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2016). Moringa oleífera sedes and oil: Characteristics and uses for human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(2):2141.
- Liang, L., Wang, C., Li, S., Chu, X., & Sun, K. (2019). Nutritional compositions of Indian Moringa oleífera seed and antioxidant activity of its polypeptides. *Food Science and Nutrition*, 7(5), 1754–1760. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1015>
- Liñan, F. (2010). Moringa oleífera el árbol de la nutrición. *ARTÍCULO DE REVISIÓN*.
- Luque de Castro, M.D. and Priego-Capote, F., Soxhlet extraction: Past and present panacea. *J. Chromatogr. A*, 1217, 2383, 2010.
- Mani, S. J. (2007). Optimization of solvent extraction of Moringa (Moringa oleífera) seed kernel oil using response surface methodology. *Food and Bioproducts processing*, 85(4): 328-335.
- Martín, C. (2010). Fractional characterisation of jatropa, neem, moringa, trisperma, castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba. *Biomass and Bioenergy*.
- Martín, C. G. (2013). Potential applications of Moringa oleífera. A critical review.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., & Puls, E. H. (2013). Potential applications of Moringa oleífera. A critical review.
- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., & Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleífera. Una revisión crítica. Pastos y forrajes. 137-149.
- Martínez, J. (2013). Conversión de aceites vegetales usados en biodiesel utilizando metanol., Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
- Martinez, J., Carballo, A., & Roacha, L. (2011). ValoraCiÓN De laS ProPieDaDeS NUtriCioNaleS De Moringa oleífera eN el DePartaMeNto De BolíVar. *Revista de Ciencias Universidad del Valle*, 23–30.
- Martínez, J., Carballo, H. A., & Rocha, R. L. (2011). Valoración de las propiedades nutricionales de Moringa oleífera en el departamento de Bolívar. *Revista de Ciencias*, 23-30.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México, D.F.
- Mehta, A., & Agrawal, B. (2008). Investigation into the mechanism of action of Moringa oleífera for its anti-asthmatic activity. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*., 8:24.
- Mitjans, D. G., Bravo, V. P., & Zumalacárregui De Cárdenas, B. (2016). Caracterización de aceites de las semillas de Moringa oleífera a partir de la extracción por diferentes métodos Characterisation of Moringa oleífera's oils from different extraction methods. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 2, 106–111. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.54324>
- Mofijur, M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Atabani, A. E., Fattah, I. M., & Mobarak, H. M. (2014). Comparative evaluation of performance and emission characteristics of Moringa oleífera and Palm oil based biodiesel in a diésel engine. *Industrial Crops and Products*., 78-84.

- Mora, J., & Gacharná, N. (2015). *EL ÁRBOL MILAGROSO: LA MORINGA OLEIFERA*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/282849273>
- Moreno, B. H. (16 de octubre de 2018). *Agencia de Noticias UN*. Obtenido de Agencia de Noticias UN: <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/articulo/aceite-de-moringa-fuente-de-opportunidades-productivas.html#:~:text=En%20Colombia%20la%20moringa%20se,en%20el%20Valle%20del%20Cauca>.
- Ndabigengesere, A., & Narasiah, K. &. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera.
- Nielsen, S. (2003). *Análisis de los Alimentos*. (3ª Edición, Ed.) Zaragoza España: Editorial Acribia, S. A.
- Nijveldt, R. (2001). Flavonoids: a review of probable mechanism of action and potential applications. *Am. J. Clinical Nutrition*, 74:418.
- Núñez, C. E. (2008). Extracciones con Soxhlet, Buenos Aires, Argentina.
- Ogbunugafor, H. e. (2011). Physico-chemical and antioxidant properties of Moringa oleifera seed oil. *Pakistan Journal of Nutrition*.
- Ogbunugafor, H. A., Eneh, F. U., Ozumba, A. N., Igwo-Ezikpe, M. N., Okpuzor, J., Igwilo, I. O., Adenekan, S. O., & Onyekwelu, O. A. (2011). Physico-chemical and antioxidant properties of Moringa oleifera seed oil. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(5), 409–414. <https://doi.org/10.3923/pjn.2011.409.414>
- oleifera, M. (s.f.). *Es.wikipedia.org*. Obtenido de *Es.wikipedia.org*: [https://es.wikipedia.org/wiki/Moringa\\_oleifera#cite\\_ref-PU\\_1-0](https://es.wikipedia.org/wiki/Moringa_oleifera#cite_ref-PU_1-0)
- Oluduro, O. A., Aderiye, B. I., Connolly, J. D., Akintayo, E. T., & Famurewa, O. (2010). Characterization and Antimicrobial Activity of 4-(β-d-Glucopyranosyl-1→4-α-L-rhamnopyranosyloxy)-benzyl thiocarboxamide; a Novel Bioactive Compound from Moringa oleifera Seed Extract. *Folia Microbiologica*, 55(5), 422–426. <https://doi.org/10.1007/s12223-010-0071-0>
- Olson, M., & Fahey, J. (2011). Moringa oleifera: un árbol multipropósito para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1071-1082.
- Olzon, E. M. (2011). Moringa oleífera. Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Instituto de Biología. Revista Mexicana de Biodiversidad. México*.
- OSEIDA, M. Z. (2018). MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LA SEMILLA DE MORINGA (Moringa oleifera).
- PANIAGUA, A., & CHORA, J. (2016). Elaboración de Aceite de semillas de Moringa Oleífera para diferentes usos. *Revista de Ciencias de la Salud*.
- Payares, M. (14 de 02 de 2021). *tododisca*. Obtenido de tododisca: <https://www.tododisca.com/la-moringa-origen-beneficios-usos-y-contraindicaciones/>
- Pearson, D. (1978). *Laboratory Technics in Food Analysis*. Londres: 7 ed. Butterworth.

- Pérez, A., Benítez, J., Vásquez, E., & Obregón, J. (2010). Moringa oleifera, una alternativa forrajera para Sinaloa, Culiacán, Sinola, México.
- Pérez, A., Sánchez, T., & Armengol, N. &. (2010). Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal.
- Pérez, A., Sánchez, T., & Armengol, N. &. (2010). Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33:1.
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *pastos y forrajes* .
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). *Características y potencialidades de Moringa oleifera, Lamark. Pastos y Forrajes*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942010000400001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000400001)
- Pérez, C. (2012). Trabajo de Fin de Carrera: Moringa oleifera Lam., especie forestal de usos múltiples. *E.U.I.T. Forestal (U.P.M.) Madrid* .
- Quirós, M.r.z. C.t. (2020). Carbohidratos y Fibra. *GUIAS ALIMENTARIAS PARA LA EDUCACION NUTRICIONAL EN COSTA RICA*.
- Radovich, T. (2011). Farm and forestry production and marketing profile for Moringa (Moringa oleifera). In: Specialty crops for Pacific island agroforestry. (Ed. C.R. Elevelitch). *Permanent Agriculture Resources (PAR). Holualoa, Hawaii*.
- Ramírez, M., Vargas, R., Torres, B., & Torrescano, G. (2018). EXTRACTOS DE HOJAS DE PLANTAS PARA CONSERVAR LA CALIDAD DE LA CARNE Y LOS PRODUCTOS CÁRNICOS FRESCOS. REVISIÓN. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 155-164.
- Rashid, U. (2011). Application of response surface methodology for optimizing transesterification of Moringa oleifera oil: Biodiesel production. *Energy Conversion and Management*.
- Rashid, U., Anwar, F., Ashraf, M., Saleem, M., & Yusup, S. (2011). Application of response surface methodology for optimizing transesterification of moringa oleifera oil. *Biodiesel production*.
- Reddy, D., Ramana, D., & Seshaiyah, K. &. (2011). Biosorption of Ni(II) from aqueous phase by M. oleifera bark, a low cost biosorbent. *Desalination*.
- Rodríguez, B. M. (1980). *Análisis de Alimentos*. Universidad Central de Venezuela, Organización de bienestar estudiantil, Caracas.: tomo II.
- Ruiz, R. B., Odio, R. M., & Carrión, Y. M. (2012). Moringa oleifera: una opción saludable para el bienestar. *MEDISAN*.
- Ruttarattanamongkol, K., Siebenhandlehn, S., Schreiner, M., & Petrasch, A. (2014). Pilot-scale supercritical carbon dioxide extraction, physico-chemical properties and profile characterization of Moringa oleifera seed oil in comparison with conventional extraction methods.

- salaheldeen, M., Aroua, M., Mariod, A., Cheng, S. F., & Abdelrahman, M. (2014). An evaluation of moringa peregrina seeds as a source for bio-fuel. *industrial crops and products*. 46 - 61.
- Santillán, M. (25 de 09 de 2013). Beneficios nutritivos y medicinales de la moringa. *ciencia unam*. Obtenido de [http://ciencia.unam.mx/leer/261/Beneficios\\_nutritivos\\_y\\_medicinales\\_de\\_la\\_moringa](http://ciencia.unam.mx/leer/261/Beneficios_nutritivos_y_medicinales_de_la_moringa)
- Santillán, M. L. (25 de 09 de 2013). *ciencia UNAM*. Obtenido de [http://ciencia.unam.mx/leer/261/Beneficios\\_nutritivos\\_y\\_medicinales\\_de\\_la\\_moringa](http://ciencia.unam.mx/leer/261/Beneficios_nutritivos_y_medicinales_de_la_moringa)
- Sarmiento, D. (2008). *Establecimiento de un sistema agroforestal con dos especies leguminosas para la recuperacion de suelos degradados en la mircocuena de San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca*. Universidad del Mar, Puerto Escondido, México.
- Sevenhuysen, G. (1995). *FAOs food composition activities*. Food Nut. Agric.
- Singh, A. K., Rana, H. K., Tshabalala, T., Kumar, R., Gupta, A., Ndhlala, A. R., & Pandey, A. K. (2020). Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop Moringa oleifera Lam: An overview. *South African Journal of Botany*, 129, 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.017>
- Soriano, C. (2006). *Nutrición básica humana*. Valencia: Universidad de valencia.
- Stohs, S., & Hartman, M. (2015). Review of the Safety and Efficacy of Moringa oleifera.
- Suhartini, S. H. (2013). Influence of powdered Moringa oleifera seeds and natural filter media on the characteristics of tapioca starch wastewater. . *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*.
- Sullivan, D., & Carpenter, D. (1993). *Methods of Analysis for Nutrition Labeling*. Arlington, Virginia: AOAC Internationa.
- Sarkhel S.(2014). Ethnobotanical survey of folklore plants used in treatment of snakebite in paschim medinipur district, West Bengal. *Asian Pac J Trop Biomed.*; 416-420.
- Tsaknis, J. S. (1999). Quality changes of Moringa oleifera, variety Mbololo of Kenya seed oil during frying. *International journal of fats and oils*, 37-48.
- Vásquez, A., Janer, C., & Janer, M. (1973). Determinación de los polifenoles del aceite de oliva. *Grasas y Aceites* .
- Vinatoru, M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics sonochemistry*, 303-313.
- Xiong, B., Piechowicz, B., Wang, Z., Marinaro, R., Clement, E., Carlin, T., Uliana, A., Kumar, M., & Velegol, S. B. (2018). Moringa oleifera f-sand Filters for Sustainable Water Purification. *Environmental Science and Technology Letters*, 5(1), 38–42. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00490>
- Zavala, M. V., Escalante, I. E., Bautista, R. Z., & Arellanes, M. A. (2016). Moringa (Moringa oleifera Lam.): usos potenciales. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(2), 95-116. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.07.018.

Zavala., M. V., Escalante., I. P., Bautista., R. Z., & Arellanes., M. J. (2016). Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): usos potenciales. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(2), 95-116. doi: 10.5154/r.rchsh.2015.07.018.