

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS



Generalidades de la moringa (*Moringa oleifera*) y sus propiedades como alimento funcional

Por:

DAVID ALBERTO ARGUELLO ALBA

MONOGRAFÍA

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

Generalidades de la moringa (*Moringa oleifera*) y sus propiedades como alimento
funcional

MONOGRAFÍA

Presentada por:

DAVID ALBERTO ARGUELLO ALBA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido dirigido por el siguiente comité:

Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó

Asesor Principal

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Coasesor

Dr. Heliodoro O. de la Garza Toledo

Coasesor

Dr. José Duñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México, Noviembre de 2015

DEDICATORIA

A mis padres: María Elena Alba Carrillo y Demetrio Arguello Calderón quienes con su gran esfuerzo, días y noches de trabajo alimentaron no solo mi cuerpo sino mi espíritu para que terminará mi carrera y llegara mis metas.

A mis hermanos, Guadalupe e Israel, por siempre darme la mano cuando la necesité.

A mi suegra, María Macaria Colunga López, una segunda madre con todo lo que implica.

A mi hoy novia, pero pronto esposa, Brisa López Colunga, porque contigo le encontré un nuevo sentido a mi carrera y vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre: por su buen sentido del humor que ha hecho de la vida algo llevadero y muy bello; a mi padre: pues me ha enseñado que con constancia y paciencia las cosas se pueden hacer bien (aún me falta para aprenderlo bien), gracias por tu arduo trabajo. Necesitaría más papel para decir todas las razones, espero lo entiendan.

A Guadalupe e Israel, no se me olvida cada tarea en la que me han ayudado y cada travesura en la que me han delatado y no olvidemos a Abril, por ser el detalle divertido de mi vida. Eres fuerte, y agradezco tu ejemplo.

A mi familia extendida, que desde donde están no dudan en correr a mi auxilio.

A la familia López Colunga, Paloma, Caracol, Primavera y especialmente a la señora Macaria. Gracias por acogerme, alimentarme, pero sobre todo por hacerme reír hasta el cansancio. Y por enseñarme qué tan grande puede ser el mundo.

A mis amigos: Óscar, Ale, Celso y Eliud, por los detalles, por la ayuda (siendo honestos, por pasarme las tareas) y ¿por qué no?, por las fiestas.

A mis perros, que no lo entienden, pero igual me ayudaron al nunca dejar de mover la cola.

A Brisa, porque desde que te conocí cada día es una aventura, por tu ayuda e incalculables enseñanzas. Te amo.

A mi Alma mater, maestros y compañeros por ser pilares de mi formación.

A cada persona que me ha apoyado en este camino, por la imposibilidad de nombrarlos a todos, sirva este como medio para agradecerles.

Y por último, agradezco infinitamente a los miembros del comité evaluador: Lic. Laura Olivia Fuentes Lara, por su pronta ayuda y respuesta para que esto fuera posible; Dr. Heliodoro O. de la Garza, quien no dudó ni un segundo en tenderme la mano, y muy especialmente al Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó, no solo por

este documento, sino por todo el apoyo que me brindó a lo largo de la carrera,
profesor: gracias por creer en mí y en mis proyectos.

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
Objetivos	5
2. METODOLOGÍA	6
3. <i>Moringa oleifera</i>	8
3.1. Origen y antecedentes históricos de la <i>Moringa oleifera</i>	8
3.2. Descripción de la especie	11
3.2.1. Clasificación taxonómica y sinonimia	11
3.2.2. Nombres comunes.....	13
3.2.3. Morfología.....	13
3.2.4. Ecología.....	15
3.2.5. Distribución	17
3.2.6. Reproducción, propagación y cultivo	19
3.2.7. Plagas y enfermedades	23
3.2.8. Usos de la moringa.....	24
3.2.8.1. En la alimentación humana	25
3.2.8.2. En la alimentación animal	27
3.2.8.3. Aplicaciones farmacológicas	28
3.2.8.4. En el tratamiento de aguas	31
3.2.8.5. En la agricultura	33
3.2.8.6. En la industrial.....	34
3.2.9. Importancia económica.....	37
4. MORINGA COMO ALIMENTO FUNCIONAL.....	40

4.1. Antecedentes	40
4.2. Composición química de <i>Moringa oleifera</i>	42
4.2.1. Compuestos nutricionales	42
4.2.2. Compuestos bioactivos.....	44
4.3. Funcionalidad de <i>Moringa oleifera</i>	47
4.3.1. Actividad antibiótica	50
4.3.2. Actividad antiinflamatoria.....	52
4.3.3. Prevención del cáncer	53
4.3.4. Actividad hipoglucemiante y antihipertensiva	53
4.3.5. Actividad antioxidante	54
4.4. Efectos adversos.....	57
5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
6. LITERATURA CITADA	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Composición química de <i>M. oleifera</i> de seis años de edad (Garavito, 2008).....	41
Cuadro 2	Composición química de <i>M. oleifera</i> en función de sus partes (Garavito, 2008).....	41
Cuadro 3	Contenido de algunos aminoácidos presentes en hojas de moringa (Mathur, 2005).....	42
Cuadro 4	Contenido de nutrientes de <i>M. oleifera</i> (Gopalán et al., citados por Garavito 2008).....	43
Cuadro 5	Contenido de nutrientes de <i>M. oleifera</i> (Martínez et al., 2011)...	43
Cuadro 6	Contenido fenólico y flavonoides (El Sohaimy, 2015).....	44
Cuadro 7	Funcionalidad atribuida a <i>M. oleifera</i> (Fahey, 2005).....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Algoritmo para la selección de información.....	7
Figura 2	Identificación de <i>M. oleifera</i> (Olson y Fahey, 2011).....	14
Figura 3	Detalle del árbol de <i>M. oleifera</i> , flores y foliolos (Leone et al., 2015).....	14
Figura 4	Detalle de la flor de <i>M. oleifera</i> (Roloff, 2009).....	15
Figura 5	Distribución de <i>M. oleifera</i> según Orwa et al. (2009).....	17
Figura 6	Distribución de <i>M. oleifera</i> según Navie y Csuerhes (2010).....	18
Figura 7	Partes de <i>Moringa oleifera</i> y sus usos (Elaboración propia con datos de Makkar y Beckaer 2001, Castro 2013).....	23
Figura 8	Estructura de algunos fitoquímicos de Moringa (Fahey, 2005)...	45

RESUMEN

El árbol de Moringa (*Moringa oleifera*) es una planta originaria de la India; a ésta y todas sus partes se les han atribuido múltiples usos benéficos para el ser humano, entre los que se incluyen: la alimentación humana y animal, como medicina, tratamiento de aguas, insumo para la agricultura y la industria.

En el contexto de la actual inseguridad alimentaria del tercer mundo, *M. oleifera* se vislumbra como una alternativa de solución, ya que sus requerimientos agroclimáticos tienen límites amplios y su distribución nativa y exótica abarca más de 40 países pasando por toda la franja intertropical, incluyendo México.

De sus múltiples usos deriva uno de sus nombres comunes: “árbol milagroso”. Sobre esto, destacan las propiedades nutracéuticas y funcionales, algunas científicamente comprobadas y otras que su uso tradicional y popular avala.

En este trabajo se hace una revisión de la literatura disponible sobre las generalidades, utilización y propiedades de esta planta. Se presentan los diversos campos de aplicación de *M. oleifera*, partiendo del creciente interés científico que ha generado en los últimos años. El objetivo es Compilar información actualizada o atemporal sobre *Moringa oleifera*, sus propiedades nutracéuticas y funcionalidad en un marco crítico, a fin de detectar las áreas de oportunidad para la investigación en el campo de la Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Palabras clave: *Moringa oleifera*, *M. oleifera*, Moringa, alimento funcional, nutricional, generalidades.

Correo electrónico: arguello.albadavid@gmail.com

ABSTRACT

Moringa tree (*Moringa oleifera*) is a native plant to India, many beneficial uses for humans have been attributed to it and all of its parts, among which include: human and animal food, medicine, water treatment and input for agriculture and industry.

In the context of the current food insecurity in the Third World, *M. oleifera* is seen as an alternative solution, as its agroclimatic requirements have wide limits and its native and exotic distribution covering more than 40 countries through the whole intertropical strip and including Mexico.

Derived from its many uses one of its common names is: "miracle tree". About this, they highlight the nutraceutical and functional properties and some other scientifically proven or with traditional and popular use supports.

This paper reviews the available literature on general information, use and properties of this plant. The various fields of application of *M. oleifera* based on the growing scientific interest it has generated in recent years are presented. The aim is to compile information on current or timeless *Moringa oleifera*, its nutraceutical properties and functionality in a critical framework in order to identify areas of opportunity for research in the field of Food Science and Technology.

Key words: *Moringa oleifera*, *M. oleifera*, Moringa, functional food, nutritional, generalities.

Email: arguello.albadavid@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El estilo de vida que se ha vivido desde finales del siglo XX, ha traído consigo cambios en materia alimentaria a nivel global. La mayor parte de las veces los nuevos hábitos alimenticios son poco saludables, si a eso le sumamos el sedentarismo, el estrés y otros tantos factores externos, el resultado es un incremento considerable de enfermedades como la diabetes, la obesidad, hipertensión arterial y cáncer entre otras, lo que representa un grave problema de salud pública en muchos países (Guesry 2005).

Por otra parte, en el tercer mundo las desigualdades económicas hacen que un importante porcentaje de la población no tenga acceso a los alimentos en calidad y/o cantidad suficiente, lo que ocasiona desnutrición y retraso en el desarrollo (Sarmiento, 2006).

El costo que representa el problema del hambre para las naciones en desarrollo se estima en 450.000 millones de dólares al año. El número de personas desnutridas en todo el mundo llega a casi 1.000 millones, una cifra equivalente a la suma de la población de América del Norte y Europa. En América Latina la mayoría de los países presentan un índice de personas en condición de subnutrición por encima del 5%. Las cifras exigen estrategias inmediatas para procurar por el acceso, disponibilidad y estabilidad de alimentos inocuos para esta población vulnerable (Martínez *et al.*, 2011).

Los alimentos funcionales son alimentos o componentes alimenticios cuyo consumo además de una nutrición básica, genera beneficios para la salud y/o reduce el riesgo de enfermedad (Roberfroid 2000).

Moringa oleifera, es un árbol perteneciente a la familia Moringaceae, nativo de las estribaciones meridionales del Himalaya y en la actualidad se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo. (Foidl, Makkar y Becker, 2001). Desde hace milenios, prácticamente todas las partes de *M. oleifera* han sido utilizadas por el hombre con fines alimenticios, medicinales, industriales y muchos otros más (Fuglie, 2001).

En este marco, *M. oleifera* parece ser una alternativa de solución viable para la problemática expuesta ya que tiene un bajo costo de producción, y un alto grado de adaptabilidad a las condiciones de suelo y clima de una amplia región del mundo (Martínez *et al.*, 2011).

A pesar de su utilidad ancestral, su aplicación ha sido más bien empírica y la mayor parte de la información existente proviene de la tradición oral o de publicaciones de carácter general. Solo a finales del siglo XX este árbol empezó a recibir una atención merecida por parte de la comunidad científica. Durante las últimas dos décadas se han publicado numerosos reportes sobre la evaluación científica de los procesos de utilización de la planta, así como la identificación de principios activos y mecanismos de acción, lo que ha permitido explicar muchos de los efectos benéficos previamente conocidos, optimizar su explotación y proponer nuevas aplicaciones. Algunos usos aún no han sido confirmados científicamente y requieren de investigación futura (Martin *et al.*, 2013)

En este contexto, la presente monografía tiene por objeto presentar las generalidades de *Moringa oleifera* así como una compilación de evidencias aportadas por la literatura científica que confirman y explican las propiedades funcionales de la moringa; no dejando de lado lo publicado en la literatura general y popular.

Objetivos

General

Compilar información actualizada sobre *Moringa oleifera*, y sus propiedades como alimento funcional.

Específicos

- Realizar un análisis de la información a fin de determinar las áreas de oportunidad en el campo de la Ciencia y Tecnología de Alimentos.

2. METODOLOGÍA

Se buscó y compiló información pertinente para la especie *Moringa oleifera* (Figura 1), tanto en medios electrónicos de acceso gratuito como medios impresos, que se listan a continuación:

- Normatecas
- Journals
- Repositorios
- Redes de revistas
- Bancos digitales de tesis
- Revistas electrónicas
- Artículos aislados
- Páginas web oficiales de dependencias y organizaciones reconocidas
- Libros digitales
- Capítulos de libros digitales
- Folletos e infografías digitales
- Anuarios estadísticos digitales
- Libros impresos disponibles en la biblioteca de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
- Libros y artículos científicos disponibles en bibliotecas de diversas universidades.

Una vez discriminada la información, se procedió a estructurarla de manera que cumpla los objetivos de la presente.

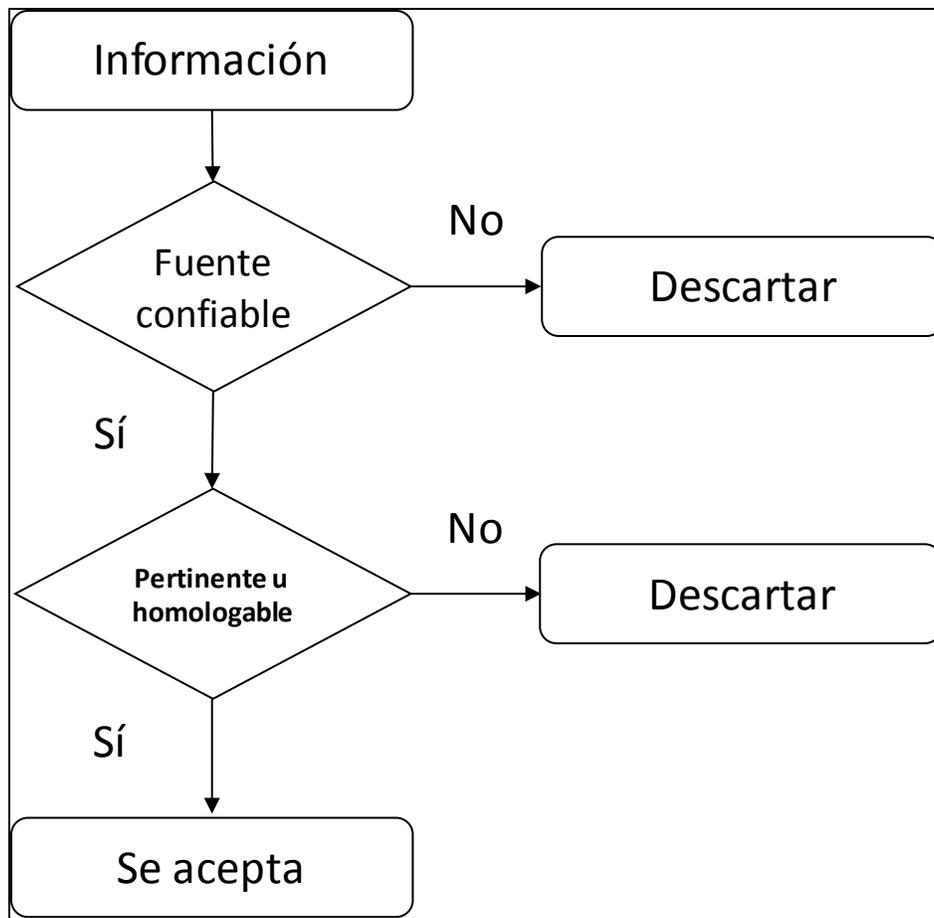


Figura 1, Algoritmo para la selección de información

3. *Moringa oleifera*

3.1. Origen y antecedentes históricos de la *Moringa oleifera*

Moringa oleifera es la especie de mayor popularidad del género *Moringa*. Su origen puede situarse al sur del Himalaya, el noreste de la India, Afganistán, Bangladesh y Pakistán. Actualmente se distribuye en gran parte del mundo, en Centroamérica se introdujo como especie ornamental y para cercos vivos en los años 20 (Foidl *et al.*, 1999).

Más específicamente, en la India su punto de origen fueron las regiones de Agrá y Oudh, al sur de los montes Himalaya (Osmaton 1927, Kanjilal 1911). La especie no trascendió por los nombres comunes de aquel entonces, sin embargo, bajo el nombre sánscrito de "shigru", ya aparece mencionada en el *Sushruta Samhita*, escrito a inicios del primer siglo A.C., pero basado en tradiciones orales mucho más antiguas (Bhishagratna 1963). Se ha comprobado entonces que el cultivo de este árbol en otras partes de la India data de milenios; los indios ilustrados sabían, cuando menos, que las semillas servían para producir aceite, y las usaban también con propósitos medicinales. Es probable que la gente común conociera también los usos de la moringa como forraje y hortaliza. En el norte de la India se observaron diferencias entre la variedad silvestre y la cultivada de *Moringa oleifera*. Los árboles silvestres no tenían flores blancas sino rosadas y la mayoría de sus flores y frutos eran de sabor amargo y por lo tanto no se les consideraba comestibles (Kanjilal 1911, Osmaton 1927).

También los primeros romanos, griegos y egipcios, conocían la moringa, de la que extrajeron el aceite de las semillas para proteger la piel, en perfumes y en ungüentos para el embalsamamiento (Fahey 2005, Navie y Csurhes 2010).

En Egipto, era muy frecuente su presencia en jardines. Se la consideraba como una "emanación del ojo Horus" y aparece identificada con el dios Ptah. La *Moringa oleifera* fue introducida en Egipto antes del 350 a.C., en la Biblia puede leerse: "Y Moisés clamó a Jehová, y Jehová le mostró un árbol; y lo echó en las aguas, y las aguas se endulzaron." (Éxodo 15:22-27), el libro del Éxodo hace referencia a una planta purificadora del agua, que varios autores señalan que

podría ser la *Moringa oleifera*, aunque igualmente podría tratarse de *Moringa peregrina* (Pérez, 2012).

También se cita en el Elenco de plantas del Real Huerto Botánico de Madrid de 1746 (Anónimo 1746 citado por Arias, 2014).

Existen referencias de su uso como alimento y como poste vivo en las Antillas francesas y Cuba, en la primera mitad del siglo XIX, y en Trinidad a mediados de siglo (Patiño, 1963) y también hay constancia de que a finales del siglo XIX en Nicaragua se utilizaba como alimento para el ganado.

Se cree también que fue introducida en América por el intercambio de plantas realizado por los españoles con la Nao de Filipinas, habiéndose encontrado referencias a esta especie en envíos de 1782, 1793, 1797 y 1872 (Pacheco, 2006).

La causa que pudo llevar a creer que la moringa fue introducida en América Central en los años 20, pudo deberse a que en esta época fue cuando el médico paraguayo Moisés Bertoni, le atribuyó propiedades curativas (Maíz, 2011).

Por lo anterior, es probable que la planta haya llegado a territorio mexicano por primera vez gracias a marineros filipinos durante los viajes de la Nao de China, que cubría la ruta entre Manila y Acapulco. Si llegó de esta manera, seguramente era utilizada como alimento por los miembros de la tripulación. Este hábito de comer la planta se ha perdido a lo largo de los siglos, pues las plantas en cultivo informal en México tienen casi exclusivamente fines ornamentales; (Olson y Fahey, 2011) sin embargo, en 1959, Martínez anotó que *“las vainas tiernas son comestibles y se usan en sopa o se preparan a manera de espárragos; las raíces tienen sabor picante como el rábano rústico y se usan como condimento en lugar de éste, las semillas maduras se tuestan y consumen como nueces, siendo su sabor dulce, ligeramente amargo y agradable; las almendras son oleaginosas; las hojas se comen como verdura y también pueden servir de forraje”*.

Como evidencia del interés en la producción de esta planta desde el siglo pasado, este mismo autor comenta que “*El Ferrocarril del Sud Pacífico, por conducto de su Departamento Industrial y Agrícola hizo algunos trabajos de introducción y aclimatación en Escuinapa, Rosario y Culiacán, Sinaloa y en Empalme, Sonora*”.

Fuglie (2001) comenta que con el reciente auge mundial del cultivo de la moringa, el árbol ha llegado a México en forma de semillas desde África y la India, generalmente para su cultivo en campos especializados, con la finalidad de cosechar hojas. Si bien actualmente muchos países demuestran un gran interés en el aprovechamiento del árbol y la planta ha existido en México quizás por siglos, las personas que practican el cultivo popular de *M. oleifera* usualmente desconocen el interés por el árbol, mientras los agricultores interesados en cultivar la planta a escalas grandes ignoran la presencia de la moringa en la horticultura tradicional mexicana (Thurber y Fahey, 2009).

A pesar de su utilidad ancestral, su aplicación ha sido más bien empírica y la mayor parte de la información existente proviene de la tradición oral o de publicaciones de carácter general. Solo a finales del siglo XX este árbol empezó a recibir una atención merecida por parte de la comunidad científica. Durante las últimas dos décadas se han publicado numerosos reportes sobre la evaluación científica de los procesos de utilización de la planta, así como la identificación de principios activos y mecanismos de acción, lo que ha permitido explicar muchos de los efectos beneficiosos previamente conocidos, optimizar su explotación y proponer nuevas aplicaciones (Martin *et al.*, 2013).

3.2. Descripción de la especie

3.2.1. Clasificación taxonómica y sinonimia

Moringa oleifera, es un árbol de talla media perteneciente a *Moringaceae*. La familia tiene un solo género: *Moringa*, y el nombre científico de la especie objeto del presente el *Moringa oleifera* Lam. La familia se distingue por placentación parietal, fruta tipo baya de tres valvas, elongada no dehiscente y de semillas aladas (Ramachandran *et al.*, 1980).

A lo largo de su historia, la moringa ha sido clasificada taxonómicamente de diversas formas, según describen y citan Ramachandran *et al.* (1980): Philips (1951) informó de 4 especies mientras Pax (1936) y Puri (1942) reportaron 10 especies, nativas de los trópicos del viejo mundo. Bessey (1915) y más tarde Wettstein (1935) colocan a la familia en los *Rheadales*. Hutchinson (1926) la incluyó en los *Capparidales* mientras Datta y Mitra (1947) consideraron que estaba más estrechamente relacionada con *Violaceae* de la *Violales*. Engler (1964) coincidió con Bessey y lo puso bajo el suborden *Moringineae*, orden *Rheadales*. Hay dos especies comunes, *M. oleifera* y *M. concanensis*, *M. oleifera* se distingue por las hojas usualmente tripinnadas, foliolos de 12-18 mm de largo, pecíolos amarillos o blancos, sin rayas rojas, y el árbol es de tamaño medio.

Si bien la moringa es fácil de reconocer, existe confusión acerca de cuál es su nombre científico correcto ya que a la planta que conocemos como *Moringa oleifera* se le han aplicado nombres como *Guilandina moringa*, que se remonta a Linneo en el año 1753, y también *Hyperanthera moringa* (L.) Vahl. Más recientemente, es posible encontrar autores que la refieren como *Moringa pterygosperma* Gaertn, que es un nombre ilegítimo de acuerdo con las reglas de nomenclatura botánica. Estas reglas también indican que *G. moringa* y *H. moringa* carecen de validez, mientras *M. oleifera* tiene prioridad y constituye el nombre válido (Olson y Fahey, 2011). Para fines del presente emplearemos "moringa", "*Moringa oleifera*" y *M. oleifera* como términos equivalentes.

A la fecha, según el *Integrated Taxonomic Information System* (ITIS, 2015) la clasificación taxonómica de *M. oleifera* reconocida es la siguiente:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Viridiplantae*

Infrareino: *Streptophyta*

Superdivisión: *Embriophyta*

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Spermatophytina*

Clase: *Magnoliopsida*

Superorden: *Rosanae*

Orden: *Brassicales*

Familia: *Moringaceae*

Género: *Moringa*

Especie: *Moringa oleifera* Lam.

García (2003) la reconoce como parte de la familia *Moringaceae* con nombre científico *Moringa oleifera* Lam.

Reyes (2006) identifica a *M. oleifera* Lam. con los siguientes sinónimos *M. pterygosperma* Gaert., *M. moringa* (L.) Millsp., *M. nux-ben* Perr., *Hyperanthera moringa* Willd., y *Guilandina moringa* Lam.).

Así mismo Navie y Csuerhes (2010) complementan la lista de sinonimias de *M. oleifera* con: *Anoma moringa* (L.) Lour., *Hyperanthera decandra* Willd., *Hyperanthera moringa* (L.) Vahl, *Hyperanthera pterygosperma* Oken, *Moringa edulis* Medic., *Moringa erecta* Salisb., *Moringa myrepsica* Thell., *Moringa nux-eben* Desf., *Moringa octogona* Stokes, *Moringa oleifera* Lour., *Moringa parviflora* Noronha, *Moringa polygona* DC., *Moringa pterygosperma* Gaertn., *Moringa zeylanica* Pers., *Copaiba langsdorfii* (Desf.) Kuntze, *Copaifera langsdorfii* Desf., orth. var., *Copaifera nitida* Hayne, *Copaifera sellowii* Hayne.

3.2.2. Nombres comunes

García Roa (2003) la conoce con el nombre común marango, mientras que la Comisión Técnica de Fitomed (2010) informa los nombres comunes palo jeringa, ben, acacia y jazmín francés.

De igual forma, (Alfaro y Martínez, 2008) mencionan como nombres comunes: paraíso blanco, acacia, árbol de las perlas, Chinto borrego, flor de jacinto, jacinto, paraíso de España, paraíso extranjero, paraíso francés, perlas, perlas de oriente, San Jacinto, libertad, árbol de mostaza, teberindo, teberinto, árbol rábano picante, maringa calalú, marango, marengo, ejote francés, moringa, sen, mlonge y mzunze, ben nut tree, badumbo, caragüe, marengo, palo jeringa, carague o carango, aango, badumbo, brotón, caragua, caraño, carao, jazmín, marengo, palo blanco, tamarindo cimarrón, chipilín, sasafrás y tamarindo extranjero.

3.2.3. Morfología

Moringaceae se distingue de las otras familias por una combinación única de rasgos (Figuras 2, 3 y 4) (Olson, 2010). Sus especies se caracterizan por tener hojas pinnadas grandes, en donde cada hoja está dividida en varios folíolos dispuestos sobre un armazón llamado raquis. Los frutos forman una cápsula larga y leñosa que cuando alcanza la madurez se abre lentamente en tres valvas que se separan la una de la otra por su longitud, quedando pegadas sólo en la base del fruto. En la mayoría de las especies, las semillas presentan tres alas longitudinales. La combinación de hojas pinnadas, frutos trivalvados y semillas con tres alas hace que sea muy fácil reconocer una Moringa. Para asegurar la identificación, se pueden buscarlas glándulas foliares características de esta familia, las cuales se encuentran en ambos lados flanqueando la base en el ápice del pecíolo y en la mayoría de las articulaciones del raquis. Otras características únicas de la familia, pero menos fáciles de observar, incluyen el estilo hueco y las anteras con dos esporangios o cámaras para el polen en vez de los cuatro que suelen presentar las plantas con flor (Olson, 2003).

Características aún menos aparentes incluyen los ductos de goma en la médula de los tallos y elementos de vaso con placas de perforación sin bordes (Olson y Carlquist, 2001; Olson, 2002).

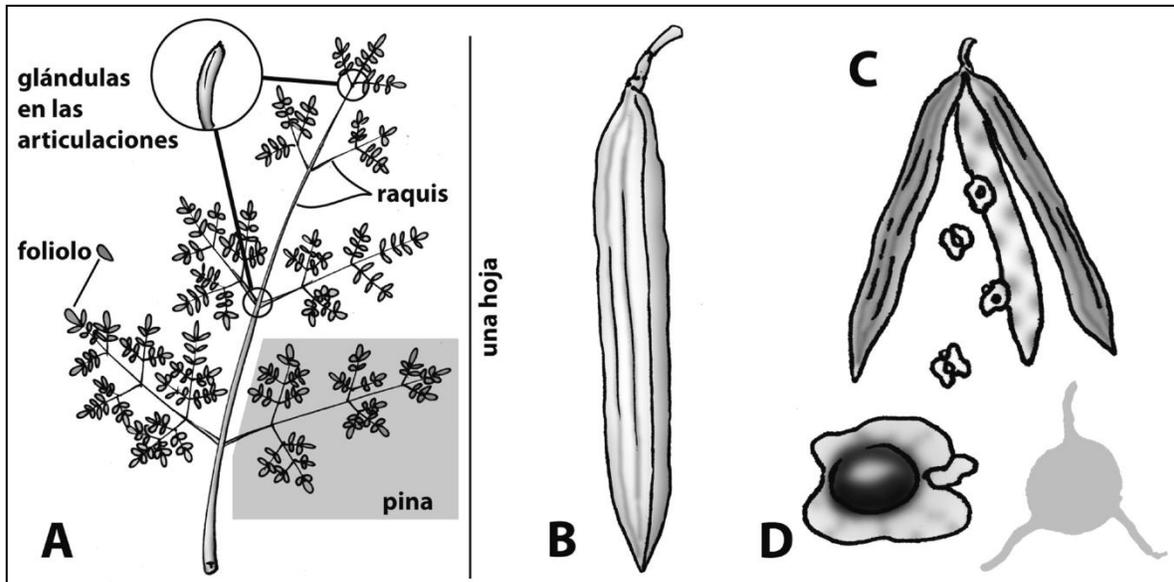


Figura 2, Identificación de *M. oleifera* (Olson y Fahey, 2011)

La moringa (*Moringa oleifera*) es fácil de identificar por su combinación inconfundible de caracteres. A, hojas grandes, pinnadas, que pueden alcanzar unos 60 cm de longitud; están divididas en folíolos dispuestos sobre un raquis. En la articulación de cada raquis se encuentran pequeñas glándulas de 1 mm de longitud. B-D. Frutos y semillas. B, fruto, una cápsula ligera, leñosa y seca, que en la madurez mide de 10 a 30 o hasta 50 cm; C, el fruto se abre en tres partes o valvas; D, semillas de 1.5-3 cm de diámetro con un centro de color café oscuro y tres alas de color beige; la silueta muestra la configuración de las tres alas. La moringa es la única planta en México con hojas pinnadas con glándulas en las articulaciones, frutos con tres valvas y semillas con tres alas.



Figura 3, Detalle del árbol de *M. oleifera*, flores y folíolos (Leone et al., 2015)



Figura 4, Detalle de la flor de *M. oleifera* (Roloff, 2009)

3.2.4. Ecología

En sentido general se puede decir que es una especie de gran plasticidad ecológica, ya que se encuentra localizada en diferentes condiciones de suelo, precipitación y temperatura (Pérez *et al.*, 2010).

En su hábitat natural crece hasta los 1,400 m de altitud, a lo largo de los ríos más grandes en suelos aluvionales arenosos o guijosos (Troup, 1921).

Ramachandran *et al.* (1980) plantearon que es muy resistente a la sequía y se cultiva en regiones áridas y semiáridas de la India, Paquistán, Afganistán, Arabia Saudita y África del Este, donde las precipitaciones alcanzan sólo los 300 mm anuales.

Esto lo confirma Reyes (2006) al afirmar que la resistencia de Moringa a la sequía es tal que tolera una precipitación anual de 500 a 1,500 mm. Además crece en un rango de pH de suelo entre 4,5 y 8, excepto en arcillas pesadas, y prefiere suelos neutros o ligeramente ácidos.

Este árbol puede desarrollarse en una amplia variedad de tipos de suelo, pero prefiere los suelos bien drenados, arenosos o francos. Tolerancia a suelos arcillosos, pero no puede tolerar el anegamiento durante un periodo prolongado de tiempo (Price, 2000).

A su vez, García (2003) explica que en Centroamérica se encuentra en zonas con temperaturas de 6 a 38°C. Es resistente al frío por corto tiempo, pero no menos de 2 a 3°C. En las temperaturas menores de 14°C no florece y solamente se puede reproducir vegetativamente (por estacas). Se localiza desde

el nivel del mar hasta 1,800 msnm. Es una especie adaptada a una gran variedad de suelos.

Falasca y Bernabé (2008) plantearon que en su hábitat natural las temperaturas medias anuales presentan grandes fluctuaciones. Durante los meses más fríos soporta entre -1°C y 3°C; mientras que en los meses más cálidos de 38°C a 48°C (Troup, 1921).

Sobre los requerimientos nutricionales, Price (2000), en los informes sobre el Proyecto de Investigación BIOMASA, plantea que para una siembra intensiva, *M. oleifera* demanda: 1.8 kg calcio; 0.5 kg cobre; 1.4 kg magnesio; 380 kg fósforo; 0.6 kg boro; 280 kg nitrógeno y 0.3 kg zinc por hectárea por año. Es posible que los suelos en otras localidades proporcionen una parte de estos requisitos y los planes de fertilización puedan ser distintos.

3.2.5. Distribución

En contraste con lo poco que se sabe acerca de su distribución natural, queda ampliamente comprobado por registros de herbario que *M. oleifera* se cultiva en todos los países tropicales del mundo (Verdcourt, 1985).

Ahora bien, cuando se habla de la distribución de la moringa es esencial hacer la distinción entre términos como "nativo", "silvestre" y "naturalizado". Varios autores que escriben sobre los usos de *M. oleifera* se refieren a la planta como "naturalizada" o hasta "silvestre" cuando se observa en países fuera de su lugar de origen (Olson y Fahey, 2011).

En este contexto, en el caso de *M. oleifera*, no existen registros de su naturalización en ningún hábitat natural, solo en ocasiones se pueden encontrar plántulas estableciéndose debajo de sus progenitores en zonas perturbadas, tales como lotes baldíos, camellones y bordes de caminos (Olson, 2010).

Refiriéndose a ella como una especie introducida y ampliamente cultivada los autores la han situado en Nigeria (Popoola *et al.*, 2013) Nicaragua (Price, 2010), las zonas áridas y semiáridas de India, Pakistán y el sur de Himalaya (Croess y Villalobos, 2008), Afganistán, Arabia Saudita y África del Este (Ramachandran *et al.*, 1980).

Adicionalmente Orwa *et al.* (2009) refieren más de 40 países en los que se puede encontrar en calidad de nativa o exótica (Figura 5).

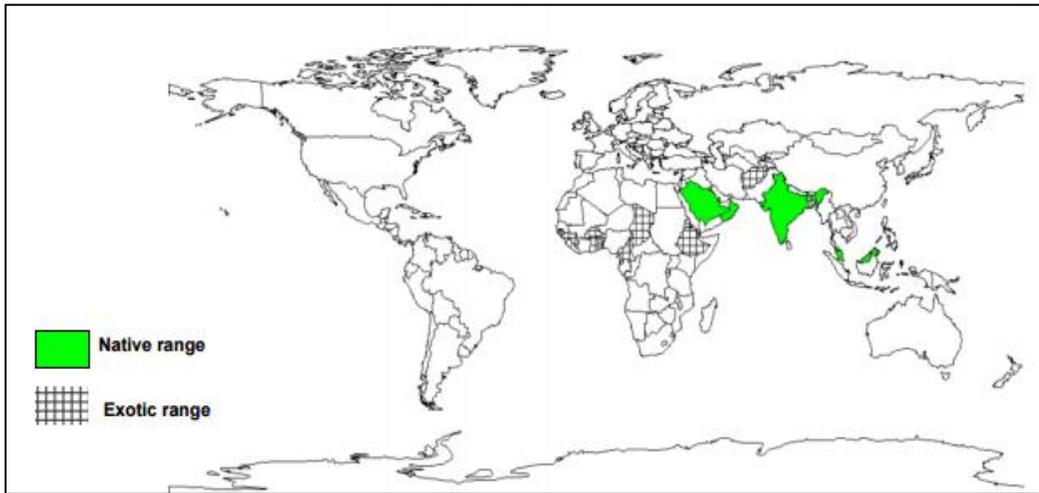


Figura 5, Distribución de *M. oleifera* según Orwa et al. (2009)

En México actualmente es parte de la horticultura tradicional desde hace mucho tiempo, principalmente con fines ornamentales por lo que es posible encontrarla abundantemente en los pueblos de toda la costa del Pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, incluyendo el sur de la península de Baja California (al sur de La Paz y de Todos Santos). Los ejemplares de moringa son especialmente abundantes y frondosos en las llanuras calientes del sur del istmo de Tehuantepec. La planta también se cultiva en los poblados de las depresiones tropicales secas del país, como la del Balsas y la depresión central de Chiapas. Se distribuye igualmente en los pueblos de la zona del Infiernillo y en las cercanías de Apatzingán, Mezcala, Iguala y Tequesquitengo. Como se puede apreciar gracias a su distribución cultivada, la moringa es una planta de zonas cálidas que nunca sufren heladas. En general, prospera mejor por debajo de los 500 msnm y crece muy poco cuando se cultiva a altitudes mayores a 1,500 metros (Olson y Fahey, 2011).

Coincidiendo con lo anterior Navie y Csuerhes (2010) refieren que *Moringa oleifera* ha sido naturalizada ampliamente en otras regiones tropicales del mundo entre las cuales se encuentra México (Figura 6).

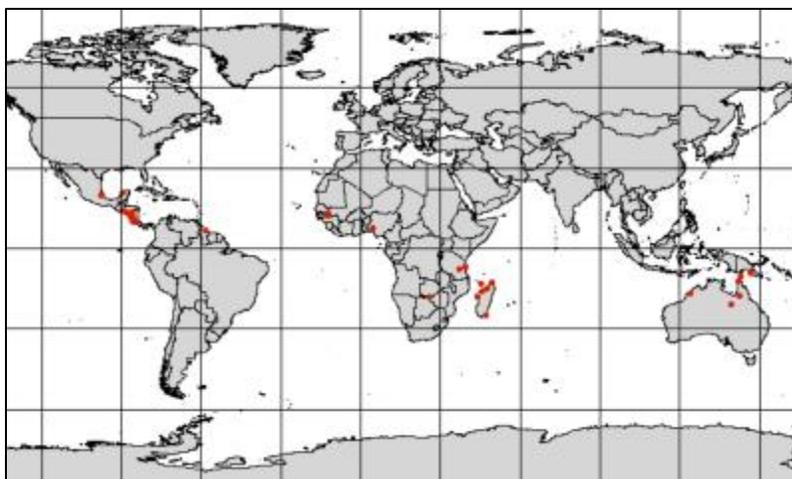


Figura 6, Distribución de *M. oleifera* según Navie y Csuerhes (2010)

Pese a lo comentado con anterioridad *Moringa oleifera* aparece en varias listas de especies invasoras a nivel internacional. Por ejemplo, aparece en el compendio mundial de malezas (Randall 2002), donde es descrito como una mala hierba y como especie exótica casual, y en “*Global invasive species*” que se deriva de ella (Rice 2003). También aparece en la lista de especies de plantas que se consideran una amenaza para los ecosistemas de las islas del Pacífico (PIER, 2007).

3.2.6. Reproducción, propagación y cultivo

Debido a las flores bisexuales de *M. oleifera* la polinización cruzada se da altamente, facilitada principalmente por animales como las abejas (*Xylocopa spp.*) y colibríes (*Nectarinia spp.*) que han sido observados como polinizadores activos y fiables (ICRAF 2001). Aparentemente, *M. oleifera* no requiere polinizadores específicos, ya que produce semillas viables fácilmente en todas las partes del mundo donde se ha introducido. Durante un estudio sobre el sistema de apareamiento de *M. oleifera*, se encontró que 74% de las semillas se produjeron como resultado de la polinización cruzada y el 26% restante de las semillas fueron producidos por la autofecundación (Muluvi *et al.* 2004). Si bien estas tasas pueden estar influidas por factores ambientales, este estudio confirma que *M. oleifera* tiene un sistema de apareamiento mezclado y es capaz de reproducirse a partir de un solo individuo.

Un solo árbol puede producir 300 a 400 frutos por año durante los primeros tres años a partir de la siembra, mientras que un árbol maduro puede producir hasta 1,000 frutos por año (HDRA 2002). Como cada fruta contiene aproximadamente 20 semillas, un árbol maduro, por tanto, puede producir alrededor de 20,000 semillas por año.

La propagación se facilita por el viento (a corta distancia del árbol madre) y por la escorrentía que arrastra las semillas aguas abajo durante las inundaciones ya que las vainas maduras pueden flotar en el agua y las poblaciones se encuentran ocasionalmente a lo largo de cursos de agua. Muchas poblaciones naturalizadas ocurren alrededor de vertederos antiguos lo que sugiere que estas plantas han crecido a partir de semillas, o incluso trozos de tallo, que han sido objeto de desecho de los residuos de jardín (Navie y Csuerhes, 2010). DuPuy (1993) señala que las ramas cortadas permanecen durante un período de tiempo relativamente largo, y a menudo forman raíces.

Como se comentó anteriormente es posible cultivar *M. oleifera* de forma intensiva (Price, 2000). En las temperaturas menores de 14°C el árbol no florece y solamente se puede reproducir vegetativamente (por estacas) (Pérez *et al.*, 2010).

Las semillas deben ser sembradas sin tratamiento previo, ya que la escarificación no facilita la germinación (Sharma y Raina, 1982). La profundidad de siembra óptima es de 1 a 2 cm (Sharma y Raina 1982, Verma 1963) con una emergencia comúnmente entre 60 y 90% para las semillas frescas que se produce entre 7 y 30 días después de la siembra (Jahn *et al.* 1986, Nautiyal y Venhataraman 1987, Parrotta 1993 y Sharma y Raina 1982).. Las semillas no conservan su viabilidad en almacenamiento a temperatura ambiente por más de 2 meses (Sharma y Raina 1982, y Verma 1973); se reportaron porcentajes de germinación de 60, 48 y 7.5% para semillas después de 1, 2 y 3 meses, respectivamente, en la India (Morton, 1991). En la prueba realizada en Brasil, sin embargo, las semillas conservan su viabilidad durante varios años en almacenamiento en frío, o dentro de envases herméticamente cerrados, almacenados a temperatura ambiente (Teófilo *et al.*, 2003).

Tanto la germinación y el crecimiento temprano de las plántulas se ven favorecidos por condiciones parcialmente sombreadas (Jahn *et al.*, 1986). En las pruebas realizadas en Puerto Rico, las plántulas cultivadas en contenedores alcanzaron los 20-30 cm de altura a las seis semanas de la siembra, alcanzando un tamaño plantable (30-50 cm) 2-3 meses después de la misma (Parrotta, 1993). Ocasionalmente, las plántulas tienen un crecimiento acelerado, alcanzando alturas de 1.8- 3.6 m después de la siembra (Morton, 1991).

Como se mencionó anteriormente, *M. oleifera* se propaga fácilmente por estacas, pero es difícil de propagar por acodo aéreo (Sharma y Raina, 1982). A menudo se da preferencia a la propagación por esquejes sobre el cultivo por semillas, ya que el segundo propicia que el florecimiento y la fructificación sean tardíos, además de generar frutos de calidad inferior (Ramachandran *et al.*, 1980).

Normalmente durante la temporada de lluvias de verano en el sur de la India, se plantan ramas grandes o esquejes de 1-1.5 m de largo y 4.5 cm de diámetro (Ramachandran *et al.*, 1980), estos se plantan en el suelo húmedo a una profundidad de 50 cm, el enraizamiento es rápido y alcanzan alturas considerables en unos meses (Nautiyal y Venhataraman 1987, y Ramachandran *et al.* 1980). Algunos estudios sugieren que los árboles que crecen a partir de semillas producen raíces más largas que las de esquejes por lo que son preferibles para la siembra en las regiones semiáridas y áridas donde la profundidad freática es un factor limitante para el crecimiento (Jahn *et al.*, 1986).

En el norte de la India, el enraizamiento de esquejes a partir de ramas fue mejor durante los meses de primavera que en la temporada de lluvias de verano o los meses de invierno. Los porcentajes más altos de enraizamiento se han obtenido mediante el tratamiento de estacas con el ácido indol-butírico, regulador del crecimiento vegetal (IBA) en concentraciones de 50 ppm durante 24 horas antes de plantar (Sharma y Raina, 1982). Los árboles rebrotan vigorosamente después del corte produciendo de cuatro a ocho brotes por tocón (Nautiyal y Venhataraman, 1987). Los árboles cultivados para la fruta y la producción de

forraje son en las partes altas a fin de restringir la propagación de la copa y para promover el crecimiento de nuevas ramas (Ramachandran *et al.*, 1980).

En el caso del interés por las hojas y semillas, la distribución espacial en la plantación de árboles de *Moringa oleifera* se debe diseñar para facilitar las prácticas de manejo y cosecha. Para la producción de hojas, el diseño puede ser: intensivo con una separación desde 10 cm x 10 cm a 20 cm x 20 cm, con intervalos de cosecha entre 35 a 45 días, riego y fertilización; semi-intensiva con espaciado de 50 cm x 100 cm, intervalos de cosecha entre 50 y 60 días, riego y fertilización sugeridos; sistema agroforestal, con separación de 4.2 m entre hileras, intervalo de cosecha de alrededor de 60 días, la fertilización y el riego no son estrictamente necesarios (Animashaun, 2013).

Es necesario realizar más estudios para evaluar los intervalos de espaciado y cosecha óptimos que se adecuen a los diferentes climas y sistemas de producción (Gadzirayi *et al.* 2013, y Goss 2012). La cosecha puede ser mecánica o manual. Los brotes se cortan a una altura 0.5 a 1 m por encima del suelo; pero las hojas pueden ser recogidas directamente del árbol; esta práctica, sin embargo, aunque más rápida, conduce a una re-crecimiento menos vigoroso (Sánchez *et al.*, 2006).

Para la producción de semilla una plantación de baja densidad tiene efectos positivos en el rendimiento: típicamente se sigue un patrón triangular de 2.5 x 2.5 m o 3 x 3 m (Sánchez *et al.*, 2006). El fruto madurar alrededor de tres meses después de la floración y debe ser cosechado tan pronto como sea posible (Ayerza, 2011); las variedades de floración temprana producen vainas cada seis meses, mientras que otras variedades requieren más de un año. Después de seis meses de la poda, se desarrollan nuevas vainas (Paliwal y Saharma, 2011).

3.2.7. Plagas y enfermedades

En su rango de distribución nativo, en la India *M. oleifera* es susceptible a varias plagas de insectos. Estos incluyen: la oruga come corteza *Indarbela quadrinotata* WLK.; la oruga peluda, *Eupterote molifera* WLK.; la oruga verde, *Noorda blitealis* WLK; y el gusano de las yemas, *N. moringae* TAMS, que puede causar una defoliación grave; las larvas de *Tetragonia siva*, *Metanastia hyrtaca*, *Heliiothis armigera* y *Helopeltis antonii* SIGN. (Lepidoptera); un áfido, *Aphis caraccivora*; las cochinillas *Ceroplastodes cajani* y *Diaspidotus sp*; barrenadores *Indarbela tetraonis* (Moore) y *Diaxenopsis apomecynoides*; y una mosca de la fruta, *Gitonia sp.* (Butani y Verma 1981, Kareem *et al.* 1974, Morton 1991, Pillai *et al.* 1979, Ramachandran *et al.*, 1980, y Verma y Khurana 1974). También se han reportado varias otras plagas de insectos que causan daños menores u ocasionalmente graves. En Puerto Rico, el árbol es al parecer muy susceptible al ataque de termitas (Martin y Ruperté, 1979), y la depredación de semillas por un insecto no identificado es a menudo muy fuerte (Parrota, 1993).

La especie no se ve afectada por alguna enfermedad grave en sus gamas nativas o introducidas, aunque se han reportado varias enfermedades que causan daños menores en los árboles que crecen en el sur de la India, incluyendo la pudrición de la raíz causada por *Diplodia sp.* (Ramachandran *et al.*, 1980) y pudrición de la fruta causada por *Cochliobolus hawaiiensis* (Kshirsagar y Souza, 1989). *M. oleifera* es el anfitrión colateral de *Leveillula taurica*, un moho polvoriento que causa graves daños en la papaya (*Carica papaya* L.) en viveros en el sur de la India (Ullasa y Rawal, 1984).

3.2.8. Usos de la moringa

Prácticamente todas las partes de la planta de *M. oleifera* tienen algún uso tradicional o industrial, desde las semillas, hasta las raíces (Figura 7) (Makkar y Becker 2001, Castro 2013).

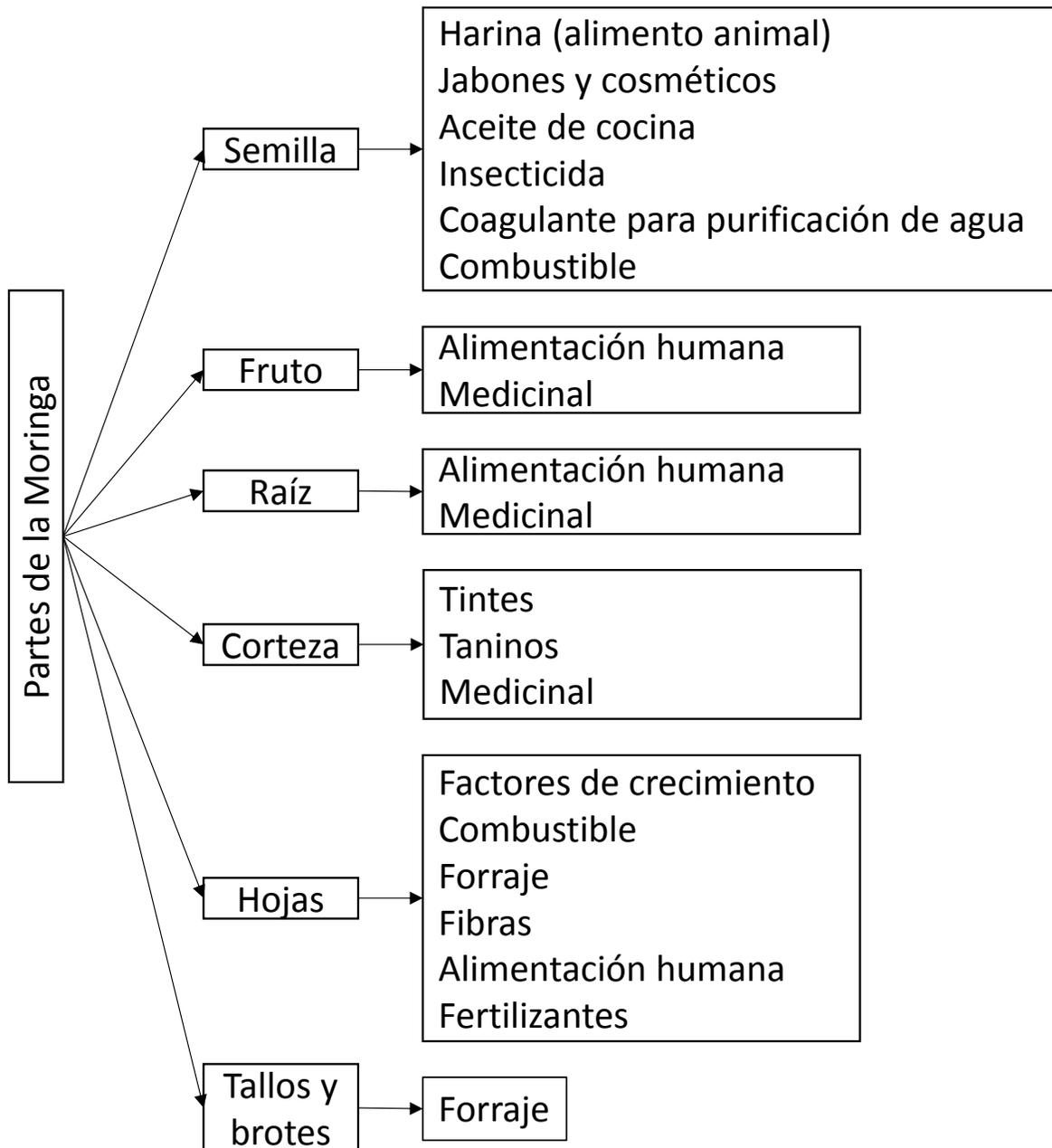


Figura 7, Partes de *Moringa oleifera* y sus usos (Elaboración propia con datos de Makkar y Beckaer 2001, Castro 2013).

3.2.8.1. En la alimentación humana

A nivel alimenticio, *M. oleifera* tiene gran importancia, ya que tiene todos los aminoácidos, vitaminas y minerales valiosos (incluso en mayor cantidad que los alimentos típicamente considerados como tales) entre otras propiedades nutritivas. Además de poseer un amplio uso medicinal, exige poco cuidado agrícola, crece rápidamente (hasta alcanzar entre 3 y 5 metros en un año) y es resistente a la sequía. Esta última característica, unida al bajo costo de producción, la hace ideal para cultivarla en extensas zonas desérticas o semidesérticas del trópico africano, donde existen graves problemas de hambre, desnutrición y subalimentación (González, 2009).

Prácticamente todas las partes de la planta tienen uso alimenticio. Las frutas, las hojas, las flores, las raíces y el aceite son altamente apreciados por su valor nutritivo y se utilizan para la elaboración de diferentes platos en la India, Indonesia, Filipinas, Malasia, el Caribe y en varios países africanos (Foidl *et al.*, 2001; Ghazali y Mohammed, 2011).

Al respecto, Sharma *et al.* (1982) menciona que los frutos o vainas verdes inmaduras se consumen cocidos. Las vainas tiernas son comestibles y se usan en sopa, o se preparan a manera de espárrago. Las raíces tienen sabor picante como el rábano rústico y se usan como condimento en lugar de éste, las semillas maduras se tuestan y consumen como nueces, siendo su sabor dulce, ligeramente amargo y agradable; las almendras son oleaginosas, las hojas se comen como verdura o ensalada.

Además, las flores cocinadas con huevo resultan un platillo exquisito, el uso del aceite con calidad similar al aceite de oliva, es empleado para el aliño de ensaladas (AGRODESIERTO, 2015). En Guatemala las semillas se comen como nueces asadas (Cáceres, 1991).

Los usos se diversifican en función de la región, así también, las hojas tiernas cocinadas se emplean en la preparación de ensaladas, sopas y salsas; también pueden ser consumidas crudas, como otras verduras. Las flores

cocinadas tienen un sabor que recuerda al de algunas setas comestibles. Las vainas tiernas son también muy apreciadas en la India; se preparan del mismo modo que las habichuelas y su sabor es parecido al de los espárragos. Al madurar, las vainas se tornan algo leñosas y pierden cualidades como alimentos. No obstante, las semillas pueden ser separadas de la vaina madura y utilizadas como alimento. Las semillas maduras se pueden preparar de manera similar a los guisantes; y también consumirse fritas, tostadas (como el maní), en infusiones y en salsas (Ramachandran *et al.*, 1980). En Malasia, las vainas verdes se utilizan como ingredientes de variedades locales de curry.

La actividad de coagulación de la leche por medio del extracto acuoso de las semillas, ha mostrado evidencias que sugieren que podría utilizarse para la preparación de quesos (Dalsot *et al.*, 1985). Puede además utilizarse en la clarificación de la miel y jugo de caña de azúcar (AGRODESIERTO, 2015).

También puede ser empleado en el mejoramiento de la estabilidad oxidativa de otros aceites. Durante la conservación, cocción y fritura de los aceites vegetales tradicionales ocurre el deterioro de sus cualidades nutritivas debido a reacciones colaterales de degradación del ácido linoleico (Warner y Knowlton, 1997). El ácido oleico, el cual es más resistente a la oxidación que el linoleico, está contenido en grandes cantidades en el aceite de *M. oleifera* (Martin *et al.*, 2010).

En Guatemala, se empleó esta planta para producir alimentos nutricionalmente mejorados a partir de preparaciones tradicionales consumidas en ese país, lo que constituye una alternativa para mejorar el valor nutritivo y la alimentación de grupos de población rural altamente vulnerables, como son las mujeres y los niños menores de cinco años. Mediante el proyecto del Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología FODECYT, se elaboraron recetas utilizando Moringa deshidratada y fresca, que consistieron en tortillas, frijoles, sopa de arroz y sopa deshidratada instantánea. (Alfaro y Martínez, 2007).

Acorde a lo anterior, en la última década la FAO promovió un programa para el uso de moringa dirigido a la población infantil con altos índices de desnutrición y a las madres gestantes y lactantes (Fuglie, 2001).

3.2.8.2. En la alimentación animal

Para la alimentación animal, las hojas de Moringa constituyen uno de los forrajes más completos. Muy ricas en proteína, vitaminas y minerales y con palatabilidad excelente, las hojas son ávidamente consumidas por todo tipo de animales: rumiantes, camellos, cerdos, aves, incluso carpas, tilapias y otros peces herbívoros (AGRODESIERTO, 2015).

Esta planta presenta una alta productividad de materia verde comparada con otros pastos, como la alfalfa, y los valores más elevados se alcanzan con una densidad de siembra de un millón de plantas por hectárea (Makkar y Becker, 1996). Las hojas se pueden emplear tanto de manera directa como después de extracción con etanol.

García *et al.* (2009) evaluaron a *M. oleifera* en la fase de vivero y en la producción de biomasa para ofrecerlo a los animales como complemento alimentario, y señalaron que es un recurso filogenético que se debe considerar en los sistemas ganaderos en las condiciones de Venezuela.

Por otra parte, al exponer los resultados de un proyecto sobre el cultivo intensivo de *M. oleifera*, Pérez (2010) planteó que es una alternativa para la producción de forraje de alto contenido proteico para la alimentación de ovinos en la zona centro de Sinaloa (México), debido a su adaptabilidad y bajo costo de producción. Además, presenta un 70.5 % de digestibilidad aparente de materia seca y 65.5 % de digestibilidad aparente de proteína.

Garavito (2008) le concede gran importancia a *M. oleifera* en la alimentación animal, ya que por los contenidos de proteína y vitaminas puede ser un suplemento de importancia en la ganadería de leche y de ceba, así como en la dieta de aves, peces y cerdos, siempre que haya un balance nutricional.

Por su parte, Price (2000) informó que la producción de leche fue de 10 kg/vaca/día con el empleo del 40-50 % de moringa en la dieta (sin ésta fue de 7 kg/animal/día). El aumento diario de peso en el ganado de engorde fue de 1,200 g/día (900 g/día sin la utilización de moringa).

Mientras que Foidl *et al.*, (1999) recomiendan la utilización de moringa como forraje fresco para el ganado, con intervalos de corte entre 35 y 45 días, en función de las condiciones de manejo del cultivo, que puede alcanzar una altura de 1.2-1.5 m. Los contenidos de sustancias anti nutricionales de la moringa, como los taninos y saponinas, son mínimos y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lectina.

En México, se empleó esta planta en adelantos tecnológicos en la industria pesquera. La *M. oleifera* representa una alternativa como ingrediente para sustituir parcialmente la harina de pescado en alimentos balanceados para tilapia, debido a su contenido de proteína y carbohidratos, se realizó una inclusión de harina de moringa en el crecimiento de tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) cultivada en agua de mar y su digestibilidad in vivo. Se incluyó harina de la hoja sustituyendo 0, 10, 20 y 30 % de la proteína de la harina de sardina, los resultados sugieren que este ingrediente puede sustituir hasta en un 20 % a la proteína de la harina de sardina, sin afectar el crecimiento de la tilapia. La digestibilidad de la proteína de la harina de moringa fue de 89 %. Concluyen los autores que la harina de moringa puede ser incluida en el alimento sustituyendo parcialmente a la harina de sardina sin afectar el crecimiento de juveniles de tilapia roja (Rivas *et al.*, 2012).

3.2.8.3. Aplicaciones farmacológicas

A la planta se le atribuyen múltiples propiedades farmacológicas, tales como antiescorbúticas, antiinflamatorias, antimicrobianas, cicatrizantes, diuréticas, purgantes, rubefacientes, estimulantes, expectorantes, febrífugas y abortivas. Medicinalmente se usan las hojas, corteza, raíces y semillas (CEMAT 1988; Morales 1990; Cáceres *et al.* 1991 y Shukla *et al.* 1988).

Entre los primeros estudios de reportes en usos medicinales de la *Moringa oleifera* se afirma que sus hojas tienen usos purgativos, aplicado como cataplasma para heridas, se frota en las sienes para dolores de cabeza, se utiliza para las hemorroides, fiebre, dolor de garganta, bronquitis, infecciones del oído y ojo, el escorbuto y el catarro. Además, el jugo de la hoja se cree que controla los niveles de glucosa, aplicado a reducir la hinchazón glandular (Morton, 1991; Fahey *et al.*, 2001; Makonnen *et al.*, 1997).

Siddhuraju y Becker (2003) afirman que la corteza del tallo puede tener uso vesicante, rubefaciente, se utiliza para curar enfermedades de los ojos y para el tratamiento de los pacientes delirantes, previene el agrandamiento del bazo y la formación de las glándulas tuberculosas del cuello, ideal para destruir tumores y para sanar las úlceras. El jugo de la corteza de la raíz sirve para aliviar los dolores de oído y también se coloca en una cavidad del diente como un analgésico y, además, tiene propiedades anti- actividad tuberculosa.

La goma del árbol se utiliza para tratar la caries dental, es astringente y rubefaciente; la goma mezclada con aceite de sésamo se utiliza para aliviar dolores de cabeza, fiebre, molestias intestinales, disentería, asma y algunas veces es utilizado como abortivo, y para el tratamiento de la sífilis y el reumatismo (Fahey *et al.*, 2001).

La flor contiene un alto valor medicinal como estimulante, afrodisíaco, colagogo, abortivo, y se utiliza para curar inflamaciones, enfermedades musculares, la histeria, los tumores, agrandamiento del bazo, baja el colesterol, fosfolípidos, triglicéridos, colesterol a fosfolípido y el índice aterogénico; disminuye el perfil de lípidos del hígado, el corazón y la aorta en conejos hipercolesterolémicos y el aumento de la excreción fecal de colesterol (Siddhuraju y Becker, 2003; Bhattacharya *et al.*, 1982; Mehta *et al.*, 2003).

El extracto de semilla reduce los peróxidos de lípidos del hígado, tiocarbamato, compuestos antihipertensivos e isotiocianatos glucosidos que se han aislado de la fase de acetato de extracto etanólico de las vainas de *Moringa* (Faizi *et al.*, 1998; Lalas y Tsaknis, 2002).

En muchos países tropicales es difícil diferenciar entre usos alimenticios y medicinales de *M. oleifera*, ya que esta es utilizada tanto por sus cualidades nutricionales como por sus atributos médicos, los cuales son reconocidos desde hace milenios. En la India, la medicina ayurvédica contemplaba el uso de esta planta para prevenir, mitigar o curar «más de 300 enfermedades». Se dice que las hojas, frutos, raíces y semillas son útiles para combatir: anemia, ansiedad, asma, ataques de parálisis, bronquitis, catarro, cólera, congestión del pecho, conjuntivitis, deficiencia de esperma, déficit de leche en madres lactantes, diabetes, diarrea, disfunción eréctil, dolor en las articulaciones, dolores de cabeza, dolor de garganta, escorbuto, esguince, espinillas, falta de deseo sexual femenino, fiebre, gonorrea, hinchazón glandular, hipertensión arterial, histeria, impurezas en la sangre, infecciones cutáneas, llagas, malaria, otitis, parasitismo intestinal, picaduras venenosas, problemas de la vejiga y la próstata, soriasis, trastornos respiratorios, tos, tuberculosis, tumores abdominales, úlceras, etc. (Fuglie, 2001). Sus usos terapéuticos son practicados en varios países como Bangladesh, Egipto, Filipinas, Guatemala, India, Malasia, Myanmar, Nicaragua, Puerto Rico, Senegal, Sri Lanka, Tailandia y Venezuela, entre otros (Martin *et al.*, 2013).

A pesar del profundo arraigo del uso de la moringa en multitud de remedios y tratamientos médicos en diferentes naciones, no todo está documentado en la literatura científica. El estudio de la química y la farmacología asociadas a sus atributos médicos es reciente y aún está en desarrollo. Y aunque muchos de sus beneficios terapéuticos han sido comprobados mediante rigurosas investigaciones *in vitro* e *in vivo* en modernos laboratorios, otros están pendientes de ser avalados por pruebas clínicas. A pesar de que en la red de redes se divulga la información sobre sus propiedades curativas, con frecuencia esta se basa en fundamentos empíricos sin hacer referencia a la literatura especializada. Además, una buena parte de la información procede de compañías que producen y/o distribuyen suplementos nutricionales y otros preparados de esta planta, por lo que su valor es más bien publicitario (Martin *et al.*, 2013).

3.2.8.4. En el tratamiento de aguas

a) Ablandamiento de aguas duras

La dureza del agua, que consiste en un alto contenido de sales, afecta la capacidad del jabón como agente de limpieza y provoca incrustaciones en las tuberías y en el equipamiento, lo que crea inconvenientes tanto a nivel industrial como doméstico. El proceso de remoción de los iones metálicos del agua se conoce como ablandamiento y puede ser realizado por diferentes métodos, como precipitación química, intercambio iónico y nanofiltración, entre otros. La semilla de *M. oleífera* tiene la capacidad de eliminar iones de calcio, magnesio y otros cationes divalentes (Muyibi y Evison, 1995) Los mismos autores, en un estudio con cuatro fuentes distintas de aguas duras, demostraron que el mecanismo de eliminación de las durezas es por adsorción de los iones solubles y su posterior precipitación, y que la eficiencia de la remoción es directamente proporcional a la dosis de moringa e independiente del pH del agua.

b) Adsorción de metales pesados

Como constituyente importante de muchas aguas residuales industriales, se encuentran metales pesados, los cuales son altamente tóxicos para el consumo humano. En los últimos años, ha aumentado la aceptación hacia el uso de biosorbentes en la adsorción de dichos metales pesados, misma que se debe a la baja eficiencia de las tecnologías actualmente usadas. (Reddy *et al.*, 2011).

Por lo anterior, recientemente, se han propuesto adsorbentes naturales para la eliminación de iones metálicos debido a su buena capacidad de adsorción. Las tecnologías basadas en el uso de tales materiales ofrecen una buena alternativa (Sharma *et al.* 2006 y Bhatti *et al.* 2007).

Respecto a lo anterior, Farrokhzadeh *et al.*, (2013) utilizaron *Moringa oleífera* de arbustos nativos de la provincia de Bushehr, sur de Irán. Preparando un polvo a partir de la separación de la vaina y la cáscara y después de un secado a 60 ° C para posteriormente triturarlo y molerlo con la ayuda de un molino doméstico, con el resultante evaluaron la capacidad de la planta para adsorber

metales pesados, encontrando que es un biosorbente relativamente eficiente para la eliminación de metales pesados de soluciones acuosas.

Sharma *et al.* (2006) concluyen que los resultados de adsorción de metales pesados de *M. oleifera* abren nuevos caminos para la aplicación en cuerpos de agua, y que además de ser una tecnología segura y amigable con el ambiente, tiene un bajo costo.

c) Sanitización

Las propiedades de los polipéptidos naturales producidos a partir de las semillas de Moringa han sido conocidas durante muchos siglos en China. Con la colonización de la India por los británicos, este conocimiento se dispersó de manera efectiva hacia el resto del mundo. Se ha empleado con especial eficacia, tanto en Egipto y Sudán para la limpieza de agua del Nilo específicamente para el consumo humano. Se retiran las alas a las semillas secas y luego las semillas se muelen hasta conseguir un polvo. El polvo se mezcla con agua, se agita durante aproximadamente cinco minutos y después de una hora se filtra a través de una pieza de tela para obtener agua pura. Alternativamente, un paño que contiene el polvo de semilla se suspende en agua, generalmente durante la noche, para coagular las impurezas. Luego se retira el paño que contiene las semillas, y el agua purificada se decanta dejando atrás las partículas coaguladas en la parte inferior. Se pueden retirar hasta un 99% de los coloides. Sólo se requiere una semilla por litro de agua ligeramente contaminada y dos semillas para el agua muy sucia (Foidl, *et al.*, 2001).

Acorde a lo dicho, una de las aplicaciones industriales más importantes es el uso de semillas de *Moringa oleifera* para fines de limpieza del agua (Kalogo *et al.*, 2001; Broin *et al.*, 2002).

Las semillas contienen ciertos coagulantes naturales que pueden aclarar diferentes tipos de aguas con diversos grados de turbidez, haciendo posible su uso con fines domésticos. Como la eliminación de la turbidez va acompañada de la suspensión de las bacterias indicadoras de contaminación fecal, se estima que

este tratamiento de las aguas domésticas es una tecnología de bajo costo y fácil manejo para potabilizarla y mejorar las condiciones sanitarias de las comunidades rurales de los países en desarrollo (CEMAT, 1988; Arenales, 1991).

Es posible e incluso ventajoso para explotar simultáneamente semillas de *Moringa oleifera* como un coagulante, así como una fuente de aceite vegetal. Las semillas de *Moringa oleifera* presentan una alternativa coagulante viable a los alumbres no solo en los países en desarrollo, sino en todo el mundo (Ndabigengesere y Narasiah, 1998). El estudio de la eliminación de laurilsulfato de sodio por coagulación / floculación con extracto de semilla de *Moringa oleifera* y encontró muy interesante la capacidad de extracto de semilla de *Moringa oleifera* para retirar un agente tensioactivo aniónico como el lauril sulfato de sodio, el cual se eliminó a partir de soluciones acuosas de hasta 80 %, a través del proceso de coagulación / floculación (Beltrán y Sánchez, 2008).

Un estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de moringa para la depuración de aguas con baja turbiedad y encontró que para las semillas de *Moringa oleifera* la eficiencia de remoción de turbiedad era ligeramente inferior a la observada con sulfato de aluminio. El uso de la primera puede justificarse por el hecho de representar una tecnología ambientalmente correcta. Este trabajo indicó que la utilización del *Moringa oleifera* es comparable al sulfato de aluminio, y podría ser utilizada como coagulante eficaz para la depuración de agua con baja turbiedad. Los resultados sugieren que para aguas de baja turbiedad, las semillas de *Moringa oleifera* pueden ser un sustituto potencialmente viable al sulfato de aluminio para la clarificación de dichas aguas (Lédo *et al.*, 2009).

3.2.8.5. En la agricultura

Las hojas se emplean como, biopesticidas (Fahey, 2005), y además tienen efectos bactericidas y fungicidas contra *Pythium debangemum* (hongos que atacan a las plántulas pequeñas) (Bever, 1983).

En el caso de las semillas, éstas se usan como insecticida, que las hace una opción muy viable para cultivos, debido a la presencia de lectinas que son

nocivas para diferentes insectos en sus diferentes etapas; y como un efectivo fertilizante (Paiva *et al.* 2012, Foidl *et al.* 2001).

El árbol de *M. oleifera* también se emplea como cerca viva o cortina rompevientos, (Fahey, 2005) para el control de la erosión en áreas donde ocurren simultáneamente vientos fuertes y períodos de sequía (ICRAF 2001) ya que su crecimiento es rápido (HDRA 2002; Papillo 2007).

En Australia y otras partes del mundo incluyendo México, es cultivada como ornamental para brindar sombra y abrigo (GRIN 2007).

3.2.8.6. En la industrial

a) Cosméticos

Kleiman, Ashley y Brown (2008) realizaron una comparación de dos aceites de semillas utilizadas en cosméticos, utilizando *Moringa pterygosperma* (*Moringa oleifera*) y *Sclerocarya birrea* (marula), la cual mostró una marcada diferencia en la composición de ácidos grasos y la estabilidad oxidativa. La *Moringa oleifera*, obtuvo un índice de estabilidad del aceite (OSI) de 133 horas a 110° C, mientras que la marula produjo 37 horas a 110°C. Esto se correlaciona bien con la composición de ácidos grasos de estos dos aceites. *Moringa* tenían menos de 1 % y poliinsaturados y marula tenía 6.7 % de estos materiales oxidativamente inestables. Esto prueba que la estabilidad del aceite de *Moringa oleifera* es mucho mayor y presenta una mejor resistencia a la oxidación. La cantidad más alta de poliinsaturados se encontró en las especies de *M. oleifera* con un 3.6 %

Este aceite tiene la propiedad de absorber y retener fragancias florales, lo que lo hace muy apropiado para la industria de perfumería y la de cosméticos. En el Antiguo Egipto el aceite de moringa se usaba en la preparación de perfumes, cremas de belleza, ungüentos sagrados, protectores de la piel contra infecciones, repelente contra insectos, humectante y acondicionador de la piel y el cabello (Deon, 2006). Las civilizaciones griega, etrusca y romana también lo usaron con los mismos fines (Forbes, 1955). En la industria cosmética moderna, se utiliza en

la fabricación de jabones y perfumes (Ghazali y Mohammed, 2011), como humectante y para el cuidado del cabello (Kleiman, Ashley y Brown, 2008).

b) Energéticos

Rashid, Farooq, Moser y Knothe (2008) evaluaron el aceite de *Moringa oleifera* como una posible fuente de biodiesel. En general, el aceite *M. oleifera* parece ser un sustituto aceptable para el diésel de petróleo, también en comparación con los combustibles de biodiesel derivado de aceites vegetales.

Por su parte, Da Silva, Serra, Gossmann, Wolf, Meneghetti y Meneghetti (2010) estudiaron la caracterización y producción de biodiesel a partir del aceite de *Moringa oleifera* sugiriendo que este material puede ser utilizado como combustible en motores diésel, principalmente como una mezcla de diésel de petróleo.

Al ser M. oleifera una planta de crecimiento rápido, resistente a la sequía y con un alto rendimiento de aceite, es una excelente opción para la producción sostenible de biodiesel en países con tierras áridas. En un estudio de las plantas oleaginosas con potencial para producir biodiesel en África, esta especie con un rendimiento anual de tres toneladas de aceite por hectárea resultó la segunda más prometedora, por encima de *Jatropha curcas* y superada solo por *Croton megalocarpus* (Kibazohi y Sangwan, 2011).

En investigaciones recientes se ha confirmado el potencial del aceite de moringa para la producción de biodiesel (Rashid *et al.*, 2008; Da Silva *et al.*, 2010). Las propiedades de productos de la transesterificación de dicho aceite, tales como: densidad, viscosidad cinemática, lubricidad, estabilidad oxidativa, índice de cetano y punto de enturbiamiento, cumplen con los estándares internacionales para su uso como combustible. Recientemente se reportó la optimización de las condiciones de transesterificación alcalina del aceite de *M. oleifera* para la producción de biodiesel (Rashid *et al.*, 2011).

Además de los diversos usos que se han abordado, las hojas se emplean para la producción de biogás (Fahey, 2005); la madera es un buen combustible para

cocinar y otros objetivos (HDRA, 2002), ya que su leña proporciona 4600 kcal/kg. (Falasca *et al.*, 2008); y también se ha reportado el uso del aceite en la iluminación debido a que arde sin humo (Ramachandran *et al.*, 1980).

Si se industrializara la extracción del aceite de *M. oleifera* y el aprovechamiento de la torta de prensado, se generarían grandes cantidades de residuos sólidos formados por las cascarillas de la semilla y las vainas secas del fruto. Una posible aplicación de las cascarillas es en la producción de carbón activado. En investigaciones sobre la carbonización, seguida de su activación al vapor, se obtuvieron carbones con una estructura microporosa altamente desarrollada y una elevada área específica (Pollard, Thompson y McConnachie, 1995). También se ha evaluado la pirólisis al vapor en una sola etapa, lo que hace que los carbones posean una mayor capacidad adsorptiva que aquellos producidos por el método convencional de carbonización-activación en dos etapas (Warhurst, McConnachie y Pollard, 1997). En ambos casos, los carbones mostraron un comportamiento comparable al de los carbones activados comerciales, y su producción representaría ahorro de recursos en la importación. Otro posible uso de las cascarillas es en la producción de resinas de intercambio aniónico (Orlando *et al.*, 2003).

Tanto en las cascarillas como las vainas secas del fruto de moringa se ha observado que el contenido de polisacáridos es relativamente alto y los glucanos representan el 28 % en las cascarillas y el 32 % en las vainas (Martin *et al.*, 2010). El alto contenido de glucanos, comparable con el de otros biorrecursos lignocelulósicos (Martin, López, Plasencia y Hernández, 2006), incentiva el interés hacia estos materiales como posibles sustratos para la producción de etanol o de otros productos de la bioconversión de la glucosa. Para ello es necesario hidrolizar los polisacáridos para obtener azúcares fermentables. En experimentos preliminares se demostró que los glucanos presentes en las vainas (Hernández *et al.*, 2010) se hidrolizan con mayor facilidad que los de las cascarillas (Martin *et al.*, 2008), lo que se puede atribuir al mayor contenido de lignina en estas últimas. Si se tiene en cuenta, además, que la vaina representa el 64 % del peso del fruto, se

resalta el considerable potencial de ese material para la producción de etanol (Martin *et al.*, 2013)

c) Otros

El contenido de aceite de la semilla de *M. oleifera* es de aproximadamente 42%. El aceite es de color amarillo brillante y se utiliza como lubricante para la maquinaria fina como relojes, ya que no tiende a deteriorarse o enranciarse (Ramachandran *et al.*, 1980).

La corteza puede ser usada como un agente para el curtido de pieles (Duke 1983), también puede ser convertida en una fibra gruesa adecuada para hacer cuerdas o esteras y la resina viscosa que emana de la corteza se utiliza en la industria textil (HDRA 2002).

Mientras que la biomasa lignocelulósica del tronco y de las ramas puede ser utilizada como material de construcción y para producir pulpa celulósica y etanol (Fahey, 2005).

Y por otra parte, la pulpa se emplea para hacer papel prensado y celofán (Mahajan and Sharma, 1984; Nautiyal and Venhataraman, 1987).

3.2.9. Importancia económica

El volumen actual de moringa vendido a nivel internacional no es suficiente para calificarlo como una mercancía en el mercado mundial, y por lo tanto las estadísticas del comercio de los productos de moringa sólo están disponibles en forma agregada. El mercado mundial de productos de moringa se considera sustancial, se tienen estimaciones actuales de más de US \$ 4 mil millones al año (CJP, 2013).

Mientras que todas las partes de la moringa se utilizan para una amplia variedad de propósitos, dos productos, en particular, destacan en términos de su potencial comercial: polvo de hoja y el aceite de moringa como ingrediente para productos cosméticos. Esta demanda se debe principalmente a los consumidores en las economías desarrolladas y emergentes (en particular los EE.UU., Canadá y la Unión Europea), que buscan cada vez más suplementos dietéticos y cosméticos

derivados de fuentes naturales. En los últimos años, ha crecido la variedad de productos de moringa y se han extendido en muchos mercados, estando disponibles en la mayoría de los sitios web de la comida sana y en muchas tiendas de salud en todo el mundo (Green Earth Appeal, 2015).

En el mercado global, el polvo de hojas de moringa se utiliza como un suplemento dietético, cayendo en la misma categoría de mercado como "súper alimentos verdes (hierbas y botánicos)" que la espirulina, la hierba de cebada y pasto de trigo. El mercado mundial de suplementos nutricionales (también conocidos como el mercado nutracéutico) ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años, y esta es una tendencia que se espera continúe. Curiosamente, el enorme crecimiento del mercado nutracéutico es impulsado fuertemente por el aumento del consumo de suplementos alimenticios (que en 2013 tomó una participación de mercado del 37%), y en particular un fuerte aumento de las ventas de suplementos de hierbas y botánicos (RNCOS, 2013). En general, se espera que el mercado internacional de suplementos y remedios a base de hierbas llegue a US \$ 93 mil millones para este 2015 (Global Industry Analysts Inc, 2013).

El actual mercado mundial de polvo de hojas de moringa es dominado por la India, que reúne más del 80% de la demanda global, lo que se debe en gran parte a la larga tradición de incluir moringa en el consumo de alimentos del país (Green Earth Appeal, 2015).

Los aceites de origen vegetal exóticos como el de moringa tienen propiedades activas y funcionales, lo que los hace particularmente valiosos para su uso en productos cosméticos. Siguiendo las tendencias de salud y bienestar, los consumidores occidentales prefieren cada vez más los cosméticos con ingredientes derivados de plantas en lugar de aceite mineral. Esta tendencia a consumir cosméticos "verdaderamente naturales" está en consonancia con otros patrones en la sociedad occidental, donde los consumidores adoptan cada vez más los valores verdes y buscan compañías que aceptan la responsabilidad social y ambiental. En respuesta a estas tendencias, la industria cosmética ha

comenzado a diferenciar sus productos mediante el uso de aceites vegetales más exóticos, lo que a su vez ha provocado una creciente demanda internacional (y por lo tanto precios más altos) para los aceites derivados de fuentes como la moringa. Igual al caso anterior, las estadísticas comerciales globales sólo están disponibles en forma agregada para los aceites vegetales exóticos. Además del aceite de moringa, que constituye una proporción menor, este grupo de productos también incluye el aceite de semilla de albaricoque, mantequilla de cupuacu, el aceite de argán, baobab, aceite de semilla de papaya, manteca de karité y otros. Por otra parte, los datos no permite distinguir entre los productos totalmente naturales y productos refinados químicamente (CBI, 2009).

El volumen de las importaciones mundiales de aceites vegetales exóticas estaba en un nivel alto en 2007 (aproximadamente 700,000 toneladas) y se mantiene un nivel bastante constante durante 2010 y 2011 (aproximadamente 600,000 toneladas). El importador más importante fue la UE, que importó alrededor de la mitad del volumen de los países en desarrollo. El valor de las importaciones mundiales de aceites vegetales exóticas aumentó de alrededor de US \$ 1,050 millones en 2009 a casi US \$ 1.4 mil millones en 2011. Esto demuestra que los aceites vegetales exóticos están incrementando su atractivo como materias primas de valor añadido (Green Earth Appeal, 2015).

4. MORINGA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

4.1. Antecedentes

El acelerado estilo de vida, propio de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI, han generado importantes cambios en materia alimentaria a nivel mundial. Los nuevos y algunas veces poco saludables hábitos alimenticios de la población junto con el sedentarismo y el estrés inducen al incremento de enfermedades como la diabetes, la obesidad, hipertensión arterial y cáncer entre otras, que se convierten en un problema de salud pública en muchos países (Guesry 2005).

Por otra parte, en el tercer mundo las desigualdades económicas hacen que un importante porcentaje de la población no tenga acceso a los alimentos en calidad y/o cantidad suficiente, lo que ocasiona desnutrición y retraso en el desarrollo físico. En busca de una respuesta a dichos problemas de salud y gracias a los importantes avances científicos y al desarrollo tecnológico, actualmente se pretende fomentar el consumo de alimentos que además de una nutrición básica aporten beneficios adicionales para la salud y el bienestar de la población, teniendo en cuenta sus características genéticas, ambientales, sociales y culturales (Roberfroid 1999).

Aunque no se ha logrado una definición del término “alimentos funcionales” que sea aceptada globalmente, el concepto general es que son alimentos o componentes alimenticios cuyo consumo además de una nutrición básica, genera beneficios para la salud y/o reduce el riesgo de enfermedad. Un alimento o componente alimenticio funcional puede ser un macro nutriente con un efecto fisiológico específico o un micro nutriente esencial, pero también puede ser un componente alimenticio que aunque no tenga un alto valor nutritivo o no sea esencial, su consumo logre la modulación de alguna función en el organismo que reduzca el riesgo de enfermedad, como es el caso de la fibra y algunos microorganismos viables (Roberfroid 2000).

Se considera funcional, un alimento en su estado natural, o un alimento al cual se han adicionado, removido o modificado uno o más de sus componentes (Roberfroid 2002).

The International Life Science Institute (ILSI) establece que se puede considerar que un alimento es funcional si se logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, que mejora el estado de salud y de bienestar, o bien que reduce el riesgo de una enfermedad (Chosbiscols *et al.*, 2003).

Algunos Términos relacionados son: alimentos modificados, fortificados y enriquecidos, farmacosalimentos, productos nutracéuticos, productos fotoquímicos, alimentos genéticamente diseñados, alicamento, fitoalimentos, sustancias fitogenéticas, alimentos inteligentes, terapéuticos, de valor añadido, genómicos, prebióticos/probióticos, alimentos superiores, hipernutritivos (Unidad de Vigilancia y Transferencia de Tecnología del Cis Galicia Diseño y Tecnología para el proyecto Ferrol, 2010).

4.2. Composición química de *Moringa oleifera*

4.2.1. Compuestos nutricionales

El árbol de Moringa se ha utilizado para combatir la desnutrición, especialmente entre los niños y las madres lactantes. Tres organizaciones no gubernamentales, en particular *-Trees for Life, Church World Service and Educational Concerns for Hunger Organization-* han abogado sobre la Moringa como "la nutrición natural para los trópicos (Fahey, 2005).

Los análisis de la composición proximal de semillas de *M. oleifera* han mostrado altos niveles de lípidos y proteínas, con pequeñas variaciones (Abdulkarim *et al.* 2005) que pueden ser explicadas por las diferentes condiciones climáticas, la época del año y los tipos de suelo desde el que se recogieron las semillas (Singh y Singh, 1992). . Abdulkarim *et al.* (2005) han descrito niveles elevados de proteínas totales (383.0 desviación estándar - SD = 13.0 g / kg de materia seca), que resultó ser mayor que en semillas de leguminosas importantes con respecto a la nutrición humana, cuyas semillas secas por lo general contienen de 18 a 25% de proteínas, casi el doble de los contenidos de los cereales (Singh y Singh, 1992).

El contenido de lípidos de la semilla (412.0 SD = 22.2 g / kg de materia seca) informado por Oliveira *et al.* (1999) es mayor que la de algunas variedades de soja (149-220g / kg de comida) (Vasconcelos *et al.*, 2001).

Foidl *et al.* (1999) informaron que las hojas de *M. oleifera* contienen un 10% de azúcares y la energía metabolizable es de 9.5 MJ/kg MS.

En el Cuadro 1, se muestran los análisis realizados a las hojas y los tallos jóvenes y desarrollados (maduros) de árboles de *M. oleifera* de seis años de edad, sembrados sexualmente en Tolima, Colombia. El contenido de proteína bruta sobrepasó el 20% en las hojas y los tallos, tanto jóvenes como desarrollados (Garavito, 2008).

Cuadro 1, Composición química de *M. oleifera* de seis años de edad (Garavito, 2008)

Indicador	Hojas y tallos	
	Jóvenes	Desarrollados
Materia seca (%)	66.86	34.90
Proteína (%)	21.59	26.74
Extracto etéreo (%)	3.73	3.80
Ceniza (%)	9.83	10.63
Energía digestible (Mcal/Kg MS)	2.99	2.93
Energía metabolizante (Mcal/Kg MS)	2.45	2.39

La composición química varía en correspondencia con la fracción de la planta (Garavito, 2008); este autor encontró los mayores valores de proteína y energía metabolizable en las hojas y el más bajo valor de fibra cruda (Cuadro 2).

Cuadro 2, Composición química de *M. oleifera* en función de sus partes (Garavito, 2008)

Indicador	Hojas	Tallos	Hojas y tallos
Materia seca (%)	89.60	88.87	89.66
Proteína (%)	24.99	11.22	21.00
Extracto etéreo (%)	4.62	2.05	4.05
Fibra cruda (%)	23.60	41.90	33.52
Ceniza (%)	10.42	11.38	10.18
Extraxcto no nitrogenado (%)	36.37	33.45	31.25
Energía digestible (Mcal/Kg MS)	2.81	1.99	2.43
Energía metabolizante (Mcal/Kg MS)	2.30	1.63	1.99

M. oleifera tiene un alto contenido de aminoácidos esenciales (Mathur 2005), el cual se detalla en el Cuadro 3.

Cuadro 3, Contenido de algunos aminoácidos presentes en hojas de moringa (Mathur, 2005)

Aminoácido	Hoja fresca	Hoja seca
Arginina	406.6 mg	1,325 mg
Histidina	149.8mg	613 mg
Isoleucina	299.6mg	825mg
Leucina	492.2 mg	1,950mg
Lisina	342.4mg	1,325 mg
Metionina	117.7mg	350mg
Fenilalanina	310.3mg	1,388mg
Treonina	117.7mg	1,188mg
Triptofano	107mg	425mg4
Valina	374.5mg	1,063mg

*Nota: los valores son por cada 100 gramos de porción comestible

4.2.2. Compuestos bioactivos

El contenido de nutrientes de la especie se comparó con otros alimentos (por cada 100 gramos de parte comestible). En todos los casos la moringa presentó un mayor contenido de vitamina A, vitamina C, calcio y potasio, con relación a la zanahoria, la naranja, la leche de vaca y el plátano, respectivamente (Cuadro 4) (Gopalán *et al.*, citados por Garavito 2008).

Por otra parte, García *et al.* (2006) evaluaron la composición química de seis especies en el estado Trujillo de Venezuela, entre las que se encontraba *M. oleifera*. El contenido de proteína cruda en todas las plantas fue alto. Los niveles de P, Ca y Mg no presentaron variaciones importantes entre las arbóreas y las máximas concentraciones de K y Na se observaron en *M. oleifera* (2.65 y 0.24%, respectivamente). Esta especie, de forma individual, presentó uno de los mayores contenidos de carbohidratos solubles (24.1%) y ceniza (25.8%).

Cuadro 4, Contenido de nutrientes de *M. oleifera* (Gopalán et al., citados por Garavito 2008)

Nutriente	Moringa	Otros alimentos
Vitamina A (mg)	1130	Zanahoria-315
Vitamina C (mg)	220	Naranja-30
Calcio (mg)	440	Leche de vaca-120
Potasio (mg)	259	Plátano-88

Una descripción más detallada del contenido de compuestos bioactivos de *M. oleifera* es dada por (Martínez *et al.*, 2011), ésta se describe en el Cuadro 5.

Cuadro 5, Contenido de nutrientes de *M. oleifera* (Martínez et al., 2011)

Nutriente	Contenido
Calcio (g)	0.28
Fósforo (g)	0.017
Potasio (g)	0.195
Sodio (g)	0.184
Hierro (g)	0.008
Magnesio (g)	0.052
Zinc (g)	0.001
Vitamina C (mg)	170
Vitamina A (mg)	2.8
Vitamina B1	1.04
Vitamina B2	3.96

En un estudio de (El Sohaimy *et al.*, 2015), extractos de hoja de *Moringa oleifera* mostraron alto nivel de contenido fenólico y flavonoides (Cuadro 6). El extracto de metanol mostró el más alto nivel de contenido fenólico (48.35 ± 0.05 mg GAE.g⁻¹ muestra) y flavonoides (0.26 ± 0.07 mg.g⁻¹) ($P > 0,05$). Por el contrario, los extractos de etanol y agua contenían bajos niveles fenólicos y de flavonoides (28.56 ± 0.03 mg GAE.g⁻¹ and 16.33 ± 0.12 mg.g⁻¹) y (24.67 ± 0.03 mg GAE.g⁻¹ y 0.14 ± 0.09 mg.g⁻¹), respectivamente. Sin embargo, no hay diferencias significativas en el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides entre los extractos de etanol y agua.

El mismo estudio, determinó los compuestos fenólicos en tres extractos de *Moringa oleifera* (ácido gálico, ácido itacónico, ácido protocatéquico, catequina,

esculetina, catecol, ácido tánico, ácido ferúlico, pirogalol, y ácido cinámico). Los cromatogramas de HPLC de los compuestos fenólicos incluyen seis ácidos fenólicos y cuatro flavonoides. Las concentraciones de los compuestos fenólicos expresadas en (1-mg.100g) .El extracto de metanol contenía ácido gálico (7.745 ± 0.31), ácido itacónico (48.53 ± 0.27); esculetina (230.37 ± 0.28), catecol (30.185 ± 0.21), pirogalol (440.94 ± 0.24) y el ácido cinámico (0.0295 ± 0.23), respectivamente. Mientras el extracto de etanol contenía ácido gálico (1.695 ± 0.25), ácido itacónico (6.195 ± 0.12), catequina (34.42 ± 0.19), y catecol (7.185 ± 0.25), respectivamente; y el extracto de agua contenía ácido itacónico (25.66 ± 0.23), esculetina (81.145 ± 0.28), y la catecol (8.725 ± 0.23), respectivamente.

Cuadro 6, Contenido fenólico y flavonoides (El Sohaimy, 2015)

Extracto	Contenido fenólico total (GAEg ⁻¹)	Flavonoides totales (mg g ⁻¹)
Extracto de metanol (70%)	48.35±0.05	35.64±0.07
Extracto de etanol (70%)	28.56±0.03	16.33±0.12
Extracto de agua	24.67±0.03	14.32±0.09

Los fitoquímicos son, en el sentido estricto de la palabra, los productos químicos producidos por las plantas. Sin embargo, por lo general, la palabra se refiere únicamente a los productos químicos que pueden tener un impacto en la salud, en sabor, textura, olor, o el color de las plantas, pero no son requeridos por los seres humanos como nutrientes esenciales. El examen de los fitoquímicos de la especie *Moringa* brindó la oportunidad de analizar una gama de compuestos bastante únicos. En particular, esta familia de plantas es rica en compuestos que contienen el azúcar simple, ramnosa, y es rico en un grupo bastante único de compuestos llamados glucosinolatos y los isotiocianatos (Bennett *et al.* 2003 y Fahey *et al.* 2001). Por ejemplo, los componentes específicos de preparados de *Moringa* que se han detectado como hipo-tensivos, anticancerígenos, y con actividad antibacteriana incluyen 4- (4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato (Figura 8-1), 4- (α -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato (Figura 8-2), niacimicina (Figura 8-3), Pterigospermina (Figura 8-4), isotiocianato de bencilo (Figura 8-5), y 4- (α -L-ramnopiranosiloxi) glucosinolatos de bencilo (Figura 8-6).

La planta también es rica en una serie de vitaminas y minerales, así como otros fitoquímicos más comúnmente reconocidos como carotenoides (incluyendo β -caroteno o pro-vitamina A). Estos atributos están discutidos ampliamente por Lowell Fuglie (1999).

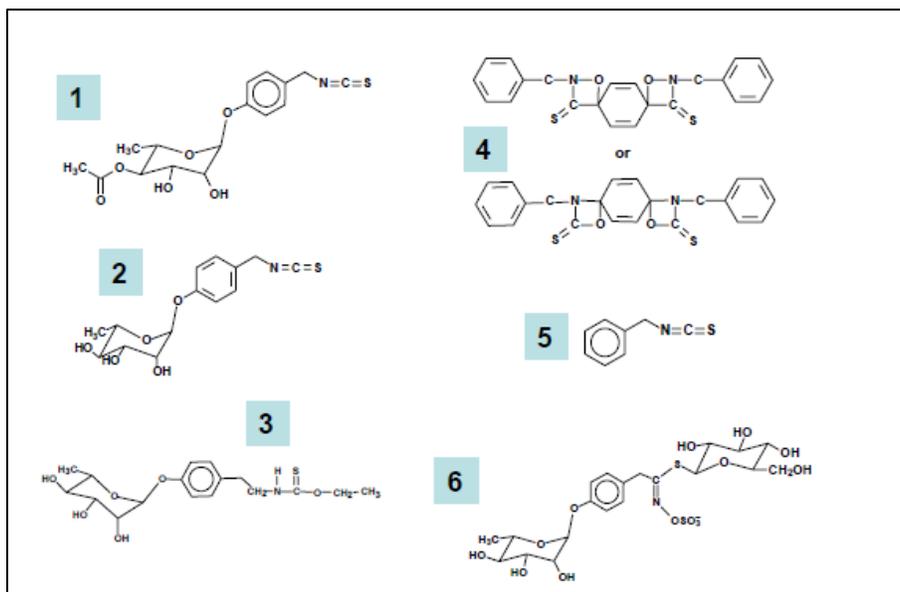


Figura 8, Estructura de algunos fitoquímicos de *Moringa* (Fahey, 2005)

4- (4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato [1], 4- (α -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato [2], niacimicina [3], Pterygospermin [4], isotiocianato de bencilo [5], y 4- (α -L-ramnopiranosiloxi) glucosinolatós de bencilo [6].

4.3. Funcionalidad de *Moringa oleifera*

Desafortunadamente, mucha de la información sobre el efecto de las propiedades de la moringa en seres humanos no cuenta con evidencia apoyada en pruebas clínicas aleatorizadas y controladas con placebo, y tampoco se ha publicado en revistas científicas de alta circulación. Por ejemplo, parece haberse establecido la moringa como una cura poderosa contra infecciones urinarias; sin embargo, el estudio de esto no incluyó en su diseño algún tipo de comparación o grupo control. De la misma forma, se han atribuido diversos efectos benéficos a *M. oleifera* (Cuadro 7), sin embargo los estudios que carecen de comprobación son rechazados por la medicina occidental, por lo que las propiedades medicinales o nutricionales de la moringa no serán aceptadas por los médicos occidentales hasta que se lleven a cabo estudios de este tipo (Olson y Fahey, 2011).

En muchos casos, los estudios se han basado en investigaciones in vitro (en células en cultivo en el laboratorio) o bien han empleado animales como objeto de estudio. Estos estudios aportan explicaciones mecanicistas para algunos de los supuestos beneficios que han surgido de la medicina tradicional (Luqman *et al.*, 2009). Por ejemplo, muchos de estos estudios han comprobado que el tratamiento con la moringa o sus extractos eleva los niveles de una variedad de biomarcadores, antioxidantes y enzimas de destoxificación (Fahey *et al.*, 2004).

En los siguientes capítulos, se tratarán de forma breve los efectos antibióticos, antiinflamatorios, anticancerígenos, hipoglucemiantes y antioxidantes de la moringa, que a decir de los autores (Martin *et al.* 2013, Olson y Fahey 2011) son los que cuentan con una base científica más robusta.

Cuadro 7, Funcionalidad atribuida a *M. oleifera* (Fahey, 2005)

Campo de acción	Especificaciones	Parte de la planta
Bacterial	Caries	RCG
	Infecciones	HF
	Sífilis	G
	Tifoidea	G
	Infección del tracto urinario	H
Fúngico	Candidiasis oral	A
Viral	Resfriado común	FRC
	Virus de Epstein-Barr	H
	Herpes simple	H
	HIV-AIDS	H
	Verrugas	S
Parásitos	Dranunculiasis (lombriz de Guinea) Helmintiasis	HFV
	Equistosomas	S
	Tripanosomas	HR
Otros (no atribuidos a patógenos específicos)	Bronquitis	H
	Infección en el oído	G
	Ulceras	HFRC
	Fiebre	HRGS
	Hepática	H
	Dermatitis	AS
Infección de la garganta	F	
Asma	...	RG
Prevención y tratamiento del cáncer	Antitumoral	HFSC
	Prostático	H

Campo de acción	Especificaciones	Parte de la planta
	Radioprotectora	H
	Dérmico	V
Circulatorio/endócrino	Antianémica	H
	Hipotensiva	HV
	Carditónico	R
	Diabetes/hipoglucemia	HV
	Diurética	HFRG
	Hipocolestemia	H
	Tiroides	H
	Tónico	F
	Hepatorrenal	HR
Desintoxicación	Antipirética	A
	Purgativa	A
	Mordedura de serpiente	C
	Picadura de escorpión	C
Desórdenes digestivos	Colitis	HC
	Diarrea	HR
	Digestivo	C
	Distenería	HG
	Flato	R
	Úlcera gástrica	HS
Inflamación	Reumatismo	HFSVRG
	Dolor articular	V
	Edema	R
	Artritis	S
Inmunidad	Estimulante inmunológico	S
	Lupus	A
Desórdenes nerviosos	Antiespasmódico	SR
	Epilepsia	RC
	Histeria	FRCA
	Cefalea	HRCG
Nutricional	Antioxidante	HA
	Carotenoides	H
	Energía	HSA
	Bociógeno	S
	Deficiencia de hierro	HS
	Proteínas	HS
	Deficiencia de vitaminas o minerales	HS
Salud reproductiva	Abortivo	FRCG
	Afrodisiaco	RC
	Control de natalidad	C
	Promotor de lactancia	H
	Función de la próstata	A

Campo de acción	Especificaciones	Parte de la planta
Desórdenes de la piel	Antiséptico	H
	Astringente	R
	Pioderma	S
	Rubefaciente	RG
	Vesicante	R
Desórdenes generales	Vejiga	AS
	Catarro	HF
	Gota	RA
	Hepatomegalia	R
	Lactancia	H
	Dolor de riñón o espalda baja	R
	Escorbuto	HSRCA
	Esplenomegalia	R
	Tónico	HFVSA

Nota: H= Hojas, F= Flores, S= Semillas, V= Vainas, R= Raíces, C= Corteza, G= Goma y A= Aceite de las semillas.

4.3.1. Actividad antibiótica

En apoyo de esta propiedad de la moringa, la evidencia tanto científica como tradicional es abrumadora. A pesar de que la evidencia científica ha estado disponible por más de 50 años, la mayoría de los médicos occidentales la desconocen. A finales de la década de 1940 e inicios de la de 1950, un equipo de científicos en la India identificó una sustancia que llamaron pterigospermina (Das *et al.*, 1954, Anderson *et al.*, 1986), un compuesto que se disociaba fácilmente en dos moléculas de isotiocianato bencílico (Fahey *et al.*, 2001; Bennett *et al.*, 2003; Amaglo *et al.*, 2010).

Ya en ese entonces se intuía que el isotiocianato bencílico tenía un efecto antimicrobiano. Este grupo de científicos no sólo identificó la pterigospermina sino que a la mitad de la década de 1950 llevó a cabo caracterizaciones detalladas y elegantes de la modalidad específica de su actividad antimicrobiana. Investigaciones posteriores también mostraron que la pterigospermina y extractos de la moringa presentaron actividad antibiótica en contra de una variedad de microbios. Sin embargo, el aislamiento y la caracterización de la estructura de

estas moléculas resultan un reto técnico, pues pueden ser fácilmente dañadas durante la manipulación (Olson y Fahey, 2011).

Un ejemplo de estas dificultades podría ser precisamente el caso de la pterigospermina, pues la identificación original de esta sustancia ha sido cuestionada, atribuyéndose a un componente del aislamiento o errores en la caracterización estructural (Eilert *et al.*, 1981). Esto ilustra el hecho de que queda mucho todavía por aprender acerca de este árbol singular. En 1964, Bennie Badget, estudiante del famoso químico Martin Ettliger, publicó en su tesis doctoral los análisis elegantes y cuidadosos con los que identificó una serie de compuestos derivados del isotiocianato bencílico. La identidad de estos compuestos, sin embargo, no estuvo disponible en la literatura científica general hasta su “redescubrimiento”, 15 años después, por parte de Kjaer y colaboradores (1979).

Posteriormente, se llevaron a cabo estudios fundamentales sobre la actividad antibiótica del 4-(α -L-ramnopiranosiloxi) bencil glucosinolato y su isotiocianato correspondiente. Dichas pruebas se destacan por haber demostrado la actividad de esta sustancia contra una gama muy amplia de bacterias y hasta de hongos. Trabajos recientes se han enfocado en determinar la actividad del 4-(α -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato, del bencil isotiocianato y otros isotiocianatos contra la bacteria *Helicobacter pylori*. A pesar de que esta bacteria se descubrió tan sólo en la década de 1980, *H. pylori* es un patógeno humano omnipresente en zonas pobres del mundo y otras áreas con cuidado médico insuficiente. Es una de las causas principales de la gastritis y de úlceras gástricas y duodenales y además representa un factor de riesgo muy fuerte para cáncer de estómago, siendo clasificado como un factor cancerígeno por parte de la Organización Mundial para la Salud desde 1993 (Olson y Fahey, 2011). En cuanto a la eficacia de la moringa, cultivos en el laboratorio de *H. pylori* resultaron ser extraordinariamente susceptibles al 4-(α -L-ramnopiranosiloxi) bencil isotiocianato y a una variedad de otros isotiocianatos (Fahey *et al.*, 2002; Haristoy *et al.*, 2005).

Estos compuestos presentaron actividad contra *H. pylori* en concentraciones hasta 1 000 veces más bajas que aquellas que se emplearon en estudios previos. La actividad de la moringa en contra de *H. pylori* se está estudiando actualmente en pruebas clínicas y el isotiocianato está mostrando actividad apreciable en estudios pilotos (Galan *et al.* 2004, Yanaka *et al.* 2005).

4.3.2. Actividad antiinflamatoria

Debido a su alto contenido de fenoles, vitaminas, ácidos grasos omega 3, aminoácidos, glutatión, esteroides e isocianatos, los extractos de las raíces y de las semillas de *M. oleifera* contribuyen directa o indirectamente a la protección contra enfermedades inflamatorias (Ezeamuzle, *et al.*, 1996).

Se ha comprobado el efecto protector de los extractos de semillas contra diferentes condiciones patológicas inflamatorias, incluyendo el alivio de inflamaciones bronquiales como el asma (Mehta y Agrawal, 2008).

Experimentos in vivo demostraron que extractos acuosos (Ndiaye *et al.*, 2002) y metanólicos (Ezeamuzle *et al.*, 1996) de raíces de moringa reducen notablemente el edema inducido por carragenina. Esa misma actividad antiinflamatoria fue observada en las fracciones solubles en agua (Cáceres *et al.*, 1991) y en etanol (Guevara, Vargas y Uy, 1996) de las semillas. En el caso del extracto acuoso de raíces, el grado de reducción es similar al logrado con indometacina, una conocida droga antiinflamatoria de mucha potencia (Ndiaye *et al.*, 2002).

De *M. oleifera* se han aislado 36 compuestos que presentan actividad antiinflamatoria, entre ellos alcaloides, glucosinolatos e isocianatos (Ezeamuzle *et al.*, 1996; Mahajan y Mehta, 2008). Los alcaloides tienen una actividad parecida a la de la efedrina y pueden ser de utilidad en la terapia del asma, mientras que la moringina presenta actividad de relajación de los bronquiolos (Kirtikar y Basu, 1975). Los extractos de las semillas suprimen varios mediadores inflamatorios involucrados en la artritis crónica (Mahajan y Mehta, 2008). Los flavonoides de moringa incrementan la densidad ósea, lo que permite prevenir la osteoporosis (Nijveldt *et al.*, 2001).

4.3.3. Prevención del cáncer

La actividad antitumoral de remedios preparados a partir de las hojas, flores y raíces de *M. oleifera* es reconocida en la medicina popular (Murakami *et al.*, 1998). Muchos de los efectos anticancerígenos han sido confirmados científicamente durante los últimos lustros. Recientemente se reveló que los extractos hidroalcohólicos de frutos de moringa, debido a sus efectos positivos sobre el citocromo hepático, pueden ser usados para la prevención de la carcinogénesis química. A esa conclusión se llegó luego de un riguroso estudio sobre la génesis de papilomas de la piel inducida por 7,12-dimetilbenzantraceno en ratas albinas (Bharali, Tabassum y Azad, 2003).

Los efectos de los extractos de esta planta en la prevención del cáncer se deben a la presencia de fitoquímicos que modulan la actividad de las enzimas, lo que facilita la detoxificación y garantiza la actividad antitumoral. Por ejemplo, se ha comprobado la acción inhibitoria del 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo y de la niacimicina sobre los ésteres forbólicos responsables de la activación temprana de antígenos en células linfoblastoides (Guevara, Vargas y Sakurai, 1999). Además, isotiocianatos aislados de las hojas inhiben la activación del virus de Epstein-Barr, en lo que el grupo isotiociano parece ser el factor estructural decisivo (Murakami *et al.*, 1998).

4.3.4. Actividad hipoglucemiante y antihipertensiva

Algunos usos tradicionales sugieren que la moringa podría ser útil tanto para bajar los niveles de colesterol como los de la glucosa. Estudios recientes en animales parecen sustentar estos usos populares. Por ejemplo, Mehta *et al.* (2003) alimentaron conejos por cuatro meses con una dieta alta en colesterol, provocando altos niveles en la sangre de los animales. Al cabo de los cuatro meses, incluyeron una dosis de 200 mg de frutos inmaduros (cocidos, secados y molidos) por kilo de peso de cada conejo. Este tratamiento resultó en una reducción del colesterol sanguíneo en comparación con los animales que no recibieron frutos de moringa, así como una reducción en lípidos totales y triglicéridos. Al mismo tiempo, los conejos con altos niveles de colesterol total

sufrieron un cambio reduciendo sus lipoproteínas de baja densidad (“colesterol malo”) e incrementando las lipoproteínas de alta densidad (“colesterol bueno”).

La regulación de los niveles de glucosa en México, como en otras partes del mundo, es de gran interés por la incidencia alta de diabetes (Kar *et al.*, 2003). Por ejemplo, Ndong *et al.* (2007) llevaron a cabo un estudio que incluyó tanto ratones normales como ratones Goto-Kakizaki, que presentan diabetes tipo II sin presentar obesidad. Administraron a los ratones glucosa, con y sin harina de hoja de moringa y encontraron que los niveles de glucosa en los ratones que habían comido moringa no fueron tan altos como los de los ratones que no la comieron. Los autores sugirieron que la actividad reguladora de glucosa de la moringa podría darse como resultado de su alto contenido de sustancias polifenólicas como la quercetina y el kempferolo. Existe evidencia, entonces, que respalda a la moringa como una alternativa de bajo costo para la regulación de los niveles de glucosa en la sangre (Olson y Fahey, 2011).

4.3.5. Actividad antioxidante

La acumulación de radicales libres está asociada a la patogénesis de muchas enfermedades humanas. Los antioxidantes son sustancias capaces de retardar o prevenir la formación de radicales libres, y su uso en farmacología es estudiado de forma intensiva, particularmente como tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas, así como en la prevención del cáncer y la cardiopatía isquémica. Las plantas contienen compuestos antioxidantes como los carotenoides, tocoferoles, ascorbatos y fenoles que pueden atenuar el daño oxidativo; ya sea de manera indirecta, al activar las defensas celulares, o directa, al eliminar los radicales libres (Ogbunugafor *et al.*, 2011).

Las diferentes partes de *M. oleifera* contienen más de 40 compuestos con actividad antioxidante. Entre los compuestos con este potencial, ya sea por actividad de captación de radicales libres o por capacidad de formación de quelatos de iones metálicos identificados en las semillas de moringa, se

encuentran compuestos fenólicos como el kaempferol y los ácidos gálico y elágico (Singh *et al.*, 2009).

Estudios in vitro demostraron que los extractos de hojas, frutos y semillas de moringa, debido a sus propiedades antioxidantes, protegen las células vivas del daño oxidativo del ADN asociado con el envejecimiento, el cáncer y las enfermedades degenerativas (Singh *et al.*, 2009); también se indicó que dichos extractos inhiben la peroxidación lipídica y el *quorum sensing* bacteriano, y se propuso a *M. oleifera* como un candidato ideal para las industrias farmacéutica, nutracéutica y de alimentos funcionales. En otro estudio se reveló que la fracción extraída con acetato de etilo, la cual es rica en ácidos fenólicos y flavonoides, presenta el mayor poder antioxidante entre las fracciones extraídas con distintos disolventes (Verma, Vijayakumar, Mathela y Rao, 2009).

La actividad antioxidante de las hojas de moringa varía en dependencia de las condiciones agroclimáticas y estacionales. Las muestras de regiones frías de Pakistán presentaron mayor actividad antioxidante que las de regiones templadas de ese país, mientras que las colectadas en diciembre mostraron mayor actividad que las tomadas en junio (Iqbal y Bhanger, 2006).

Los extractos de semillas de *M. oleifera* pueden ser usados en terapias antioxidantes para disminuir la genotoxicidad del arsénico y otros metales pesados, cuyos mecanismos de acción carcinogénica están relacionados con especies reactivas de oxígeno. La acción antidota de las semillas de esta planta se demostró en experimentos con ratas de laboratorio previamente expuestas a arsénico (Gupta, Dubey, Kannan y Flora, 2007). Se comprobó que el polvo de tales semillas reduce la concentración de arsénico y protege contra las alteraciones hematológicas y el estrés oxidativo inducidos por ese metal, en lo que desempeñan un papel significativo varios fitoquímicos con poder antioxidante y quelatante. Los coagulantes naturales de la semilla de moringa, su alto contenido de aminoácidos como metionina y cisteína, y de antioxidantes como las vitaminas C y E, y β -caroteno son los responsables de la remediación del estrés oxidativo inducido por el arsénico (Flora y Pachauri, 2011).

4.4. Efectos adversos

El amplio consumo humano de *M. oleifera* como parte de la dieta y de remedios terapéuticos durante siglos, sin que se reporten casos de alergias y toxicidad, podría parecer un aval suficiente de su inocuidad. Sin embargo, el conocimiento acumulado no bastaría si no estuviese respaldado por evidencias científicas (Martin *et al.*, 2013).

En general, hay bajas concentraciones de factores antinutricionales en la planta, aunque las semillas poseen glucosinolatos (65.5 $\mu\text{mol/g}$ de materia seca), fitatos (41 g/kg) y actividad de hemaglutinación, mientras que las hojas tienen cantidades apreciables de saponinas (80 g/kg), además de baja cantidad de fitatos (21 g/kg) y taninos (12 g/kg) (Ferreira *et al.*, 2008).

Pruebas orales de toxicidad crónica y aguda en ratas de laboratorio demostraron que la semilla de moringa no ejerce ningún efecto tóxico, y más bien provoca un incremento de peso (Jahn, 1988). Sí se ha detectado toxicidad sobre protozoos y bacterias, la cual es de utilidad terapéutica y no representa ninguna desventaja (Ndabigengesere *et al.*, 1995). Afortunadamente, la mayoría de las pruebas confirman los elevados márgenes de seguridad de los extractos de semillas y otras partes de la planta, por lo que se puede afirmar que la no toxicidad de sus semillas está científicamente confirmada.

5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No hay información suficiente que determine que los compuestos nutricionales de *M. oleifera* son totalmente biodisponibles, lo que puede verse como un área de oportunidad para la investigación en el campo de la Ciencia y Tecnología de Alimentos.

De demostrarse la biodisponibilidad de los nutrientes de *M. oleifera*, se contaría con una muy buena herramienta en el combate a la desnutrición global, y estado de la salud pública dado que como se observó su cultivo es extenso y altamente productivo.

Como se mencionó, varios de sus efectos funcionales están científicamente comprobados, la especie presenta un alto potencial para la búsqueda de alternativas medicinales, químicas, industriales, agrícolas y nutricionales que repercutirían en cada uno de esos sectores.

Dadas sus características, es posible que *M. oleifera* sea usada por las localidades de México y otros sitios de Latinoamérica acosados por la inseguridad alimentaria, para que mejores no solo su alimentación sino que sean autogestores de su sostenibilidad.

6. LITERATURA CITADA

- Abdulkarim, S. M., Long, K., Lai, O. M., Muhammad, S. K., y Ghazali, H. M. (2005). Algunas propiedades físicoquímicas de Moringa oleífera aceite de semilla extrajeron mediante métodos enzimáticos solvente y acuosa. *Food Chem.*
- AGRODESIERTO. (10 de 10 de 2015). *Agrodesierto*. Obtenido de <http://www.agrodesierto.com/>
- Alfaro, V. C., y Martínez, W. (2008). *Uso potencial de la moringa (Moringa oleifera, Lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados*. Guatemala: INCAP.
- Amaglo, N. K., Bennett, R. N., Lo Curto, R. B., Rosa, E. A., Lo Turco, V., Giuffrida, A., . . . Timpo, G. M. (2010). Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree *Moringa oleifera* L. [sic], grown in Ghana. *Food Chemistry* , 122, 1047-1054.
- Animashaun, J. (2013). Prospects of Agriculture Enterprise for Sustainable Economic Development: Success Story of University of Ilorin Moringa Value-Addition Activities. *Proceedings of the 4th International Conference of the African Association of Agricultural Economists*, 22-25.
- Arenales, B. (1991). *Efecto de las suspensiones de semillas de Moringa oleífera Lam. Sobre la coagulación de aguas turbias naturales*. Tesis de grado de licenciado de Químico biólogo, de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Arias, C. (2014). *Estudio de las posibles zonas de introducción de la Moringa oleifera lam. en la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias*. Madrid: UPM.
- Beltrán, H. J., y Sánchez, M. J. (2008). Azo eliminación de tinte con extracto de semilla de Moringa oleífera por coagulación. *Coloración Tecnología*, 124, 310-317.
- Bennet, R. N., Mellon, F. A., Foidl, N., Pratt, J. H., DuPont, M. S., Perkins, L., y Kroon, P. A. (2003). Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees *Moringa oleifera* L. (Horseradish tree) and *Moringa stenopetala* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3546-3553.
- Bever, O. B. (1983). Medicinal Plants in tropical West Africa III. Antiinfection therapy with higher plants. *Journal Ethnopharm*, 9, 1-83.
- Bharali, T., Tabassum, J., y Azad, M. R. (2003). 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.

- Bhattacharya, S. B., Das, A. K., y Banerji, N. (1982). Chemical investigations on the gum exudates from Sonja (*Moringa oleífera*). *Carbohydr Res.*, 102, 253-262.
- Bhatti, H. N., Mumtaz, B., Hanif, M. A., y Nadeem, R. (2007). Removal of Zn(II) ions from aqueous solution using *Moringa oleífera* Lam. (horseradish tree) biomass. *Process Biochemis try*, 42.
- Bhishagratna, K. K. (1963). The Sushruta Samhita. *The Chowkhamba Sanskrit Studies*, 30.
- Broin, M., Santaella, C., Cuine, S., Kokou, K., Peltier, G., y Joët, T. (2002). Floculante actividad de una proteína recombinante a partir de *Moringa oleífera* Lam. Semillas. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 60, 114-119.
- Butani, D. K., y Verma, S. (1981). Insect pests of vegetables and their control – drumsticks. *Pesticides*, 29-32.
- Cáceres, A., Freire, B., Girón, L., Avilés, O., y Pacheco, G. (1991). Estudio etnobotánico en Guatemala de *Moringa oleífera* Lam. (C. M. CEMAT, Ed.) *Economic Botany*, 522-523.
- Castro, M. A. (2013). El árbol moringa (*Moringa oleífera* Lam.): una alternativa renovable para el desarrollo de los sectores económicos y ambientales de Colombia. Recuperado el 05 de 11 de 2015, de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/10956/1/Plantaciones%20de%20moringa%20en%20Colombia.pdf>
- CBI (Global Industry Analysts, Inc). (2009). The EU market for exotic vegetable oils for cosmetics. *Herbal Supplements And Remedies - A Global Strategic Business Report*. Recuperado el 5 de Octubre de 2015, de www.cbi.eu
- Centro Mesoamericano de estudios sobre Tecnología Apropiada. (1988). Paraíso Blanco. Ficha Informativa No. 1. . *Proyecto: Investigación de la aplicabilidad de Moringa para depuración de agua y fines farmacológicos y agronómicos en Guatemala*, 4.
- Chosbiscols, N., Lengua, L., Delmas, I., Rivera, D., y Bravo, M. (2003). Alimentos funcionales o fitoquímicos. Clasificación e importancia. *Departamento de Química Analítica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- CJP (Centre for Jatropha Promotion y Biodiesel). (2014). Recuperado el 05 de 11 de 2015, de [www.jatrophaworld.org/ global_moringa_meet_81.html](http://www.jatrophaworld.org/global_moringa_meet_81.html)
- Croess, R., y Villalobos, N. (2008). *Caracterización en cuanto a edad y altura de corte del moringo (Moringa oleífera) como uso potencial en la alimentación animal. Trabajo especial de grado para optar al Título de Técnico Superior Universitario en Ciencias Agropecuarias*. Maracaibo.

- Da Silva, J., Sierra, T., Gossmann, M., Wolf, C., Meneghetti, M., y Meneghetti, S. (2010). Moringa oleífera aceite: Estudios de caracterización y producción de biodiesel. *Biomasa y Bioenergía*, 1527-1530.
- Dalsot, M. V., Azub, A. S., y Memon, A. R. (1985). Proteolytic enzymes of Morinfa oleifera seeds. *J Pharma*, 2, 1-10.
- Das, B. R., Kurup, P. A., y Narasimha-Rao, P. L. (1954). Antibiotic principle from Moringa pterygosperma. *Naturwissenschaften* , 41, 66.
- Deon, M. G. (2006). Historia de la cosmética natural. *Revista Crecimiento Interior*, 94, 2.
- Duke, J. A. (1983). *Moringa oleifera* Lam. Handbook of Energy Crops.
- DuPuy, D. J. (1993). *Flora of Australia Volume 50: Oceanic Islands 2*. Canberra: Australian Government Publishing Service (AGPS).
- Eilert, U., Wolters, B., y Nahrstedt, A. (1981). The antibiotic principle of seeds of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala*. *Planta Medica*, 42, 55-61.
- El Sohaimy, S. A., Hamad, G. M., Mohamed, S. E., Amar, M. H., y Al-Hindi, R. R. (2015). Biochemical and functional properties of *Moringa oleifera* leaves and their potential as a functional food.
- Ezeamuzle, I. C., Ambadederomo, A. W., Shode, F. O., y Ekwebelem, S. C. (1996). Anti-inflammatory effects of M. oleifera root extract. *Int. J. Pharmacognosy*, 34, 207.
- Fahey, J. W. (2005). A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life Journal*, 5.
- Fahey, J. W., Dinkova-Kostova, A. T., y Talalay, P. (2004). The "Prochaska" microtiter plate bioassay for inducers of NQO1. In *Methods in enzymology*. Elsevier Science, 382, 243-258.
- Fahey, J. W., Haristoy, X., Dolan, P. M., Kensler, T. W., Scholtus, I., Stephenson, K. K., . . . Lozniewski, A. (2002). Sulforaphane inhibits extracellular, intracellular, and antibiotic-resistant strains of *Helicobacter pylori* and prevents benzo[a]pyrene-induced stomach tumors. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* , 99, 7610-7615.
- Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., y Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56, 5-51.
- Faizi, S., Siddiqui, B. S., Saleem, R., Aftab, K., Shaheen, F., y Gilani, A. H. (1998). Hypotensive constituents from the pods of *Moringa oleifera*. *Planta Med.*, 64, 225-228.
- Falasca, S., y Bernabé, M. A. (2008). Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. *Revista Virtual de REDESMA*, 1.

Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de <http://revistavirtual.redesma.org/vol3/pdf/investigacion/Moringa.pdf>

- Farrokhzadeh, H., Taheri, E., Ebrahimi, A., Fatehizadeh, A., Dastjerdi, M. V., y Bina, B. (2013). Effectiveness of *Moringa oleifera* powder in removal of heavy metals from aqueous solution. *Fresenius Environ. Bull.*, 1516-1523.
- Ferreira, P. M., Farías, D. F., Oliveira, J. d., y Calvalho, A. d. (2008). *Moringa oleifera*: bioactive compounds and nutritional potential. *Revista de Nutrição Campinas*, 21, 431-437.
- Ferrol. (2010). *BIOEMPRENDE*. (U. d. BIOEMPRENDE, Editor) Recuperado el 25 de Septiembre de 2015, de <http://www.alimentosfuncionales.org/pdf/Bioemprende%20AF.pdf>
- FITOMED. (20 de Noviembre de 2010). *Infomed*. Obtenido de Red de Salud de Cuba: <http://www.sld.cu/fitomed/par>
- Flora, S. J., y Pachauri, V. (2011). Moringa (*Moringa oleifera*) seed extract and the prevention of oxidative stress. In: Nuts y seeds in health and disease prevention. *Elsevier Inc.*, 776.
- Foidl N., e. a., Foidl, N., Mayorga, L., y Vásquez, W. (1999). Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. *Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica*, 143, 143-341.
- Foidl, N., Makkar, H. P., y Becker, K. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. En L. J. Fuglie, *The miracle tree: The multiple attributes of Moringa* (pág. 45). Netherlands: CTA Publication. Wageningen.
- Forbes, R. J. (1955). Cosmetics and perfumes in antiquity. (B. P. Leiden, Ed.) *Studies in ancient technology*, 3, 86.
- Fuglie, L. J. (1999). The Miracle Tree: *Moringa oleifera*: Natural Nutrition for the Tropics. *Church World Service, Dakar*, 68.
- Fuglie, L. J. (2001). Combating malnutrition with Moringa. En L. J. Fuglie, *The miracle tree: the multiple attributes of Moringa* (pág. 117). Netherlands: CTA Publication. Wageningen.
- Gadzirayri, C. T., Kubiku, F. N., Mupangwa, J. F., Mujuru, L., y Chikuvire, T. J. (2013). The effect of plant spacing and cutting interval on growth of *Moringa oleifera*. *J. Agric. Sci. Appl.*, 2, 133-136.
- Galan, M. V., Kishan, A. N., y Silverman, A. L. (2004). Oral broccoli sprouts for the treatment of Helicobacter pylori infection: a preliminary report. *Digestive Disease Science*, 49, 1088-1090.
- Garavito, U. (2008). Moringa oleifera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de

http://www.engormix.com/moringa_oleiferalimento_ecologico_s_articulos_1891_AGR.htm.

- García, D. E., Medina, M. G., Domínguez, C., Baldizán, A., Humbría, J., y Cova, L. (2006). Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 401.
- García, D. E., Medina, M. G., Moratinos, P., Torres, A., Cova, L. J., Perdomo, D., y Santos, O. (2009). Potencial forrajero para cabras de veinte especies leñosas en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 221-232.
- García, R. M. (2003). Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizados en sistemas silvopastoriles . *INAFOR*, 37.
- Ghazali, H. M., y Mohammed, A. S. (2011). Moringa (*Moringa oleifera*) seed oil: composition, nutritional aspects, and health attributes. *Elsevier Inc*, 787.
- Global Industry Analysts, Inc . (2013). Herbal Supplements And Remedies - A Global Strategic Business Report.
- González, G. N. (2009). *Datos generales sobre las propiedades nutricionales y medicinales de la planta Moringa oleifera*. La Habana: Instituto Finlay.
- Goss, M. (2012). A study of the initial establishment of multi-purpose moringa (*Moringa oleifera* Lam) at various plant densities, their effect on biomass accumulation and leaf yield when grown as vegetable. *Afr. J. Plant Sci.*, 6, 125-129.
- Green Earth Appeal. (03 de 11 de 2015). *Export Market Potential for Smallholder Farmers in Haiti*". Obtenido de MORINGA: http://www.greeneearthappeal.org/images/SFA_Moringa_Study.pdf
- GRIN. (2007). Taxon: *Moringa oleifera* Lam. Germplasm Resources Information Network (GRIN). *National Germplasm Resources Laboratory, United States Department of Agriculture*.
- Guesry, R. P. (2005). Impact of 'functional food'. *Forum Nutr.*, 73-83.
- Guevara, A. P., Vargas, C., y Sakurai, H. (1999). An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. *Mutat. Res.* , 440, 181.
- Guevara, A. P., Vargas, C., y Uy, M. (1996). Anti-inflammatory and antitumor activities of seed extracts of malunggay, *M. oleifera* L. (Moringaceae). *Philippine J. Sc.*, 125, 175.
- Gupta, R., Dubey, D. K., Kannan, G. M., y Flora, S. J. (2007). Concomitant administration of *Moringa oleifera* seed powder in the remediation of arsenic-induced oxidative stress in mouse. *Cell Biology International*, 31, 44.
- Haristoy, X., Fahey, J. W., Scholtus, I., y Lozniewski, A. (2005). Evaluation of antimicrobial effect of several isothiocyanates on *Helicobacter pylori*. *Planta Medica*, 71, 326-330.

- HDRA. (2002). *Moringa oleifera: a multi-purpose tree*. Coventry: HDRA - the Organic Organisation.
- Hernández, E., García, A., López, M., y Puls, J. (2010). *Dilute-acid pretreatment and enzymatic saccharification of Moringa oleifera pods for ethanol production*. Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries. Hamburg, Germany: Ed. J.H. von Thünen.
- ICRAF. (2001). *Agroforestry (AFT) Database. The ICRAF Agroforestry Tree Database*. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Iqbal, S., y Bhangar, M. I. (2006). Effect of season and production location on antioxidant activity of *M. oleifera* leaves grown in Pakistan. *J. Food Comp. Analysis*, 19, 544.
- ITIS. (20 de 11 de 2015). *ITIS Report*. Obtenido de ITIS Report: http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSNysearch_value=503874
- Jahn, S. A. (1998). Using Moringa seeds as coagulants in developing countries. *J. Am. Water Works Assoc.*, 80, 43.
- Jahn, S. A., Musnad, H. A., y Burgstaller, H. (1996). The tree that purifies water: cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan. *Unasyiva*, 23-28.
- Kalogo, Y., M'Bassiguie-Séka, A., y Verstraete, W. (2001). Aumento de la estrategia en marcha de un reactor UASB tratando aguas residuales domésticas mediante la adición de un extracto acuoso de *Moringa oleifera* semillas. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 55, 644-651.
- Kanjilal, U. (1911). *Forest flora of the Siwalik and Jaunsar forest divisions of the United Province of Agra and Oudh*. Calcuta.
- Kar, A., Choudhary, B. K., y Bandyopahyay, N. G. (2003). Comparative evaluation of hypoglycaemic activity of some Indian medicinal plants in alloxan diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 84, 105-108.
- Kareem, A. A., Sadakathulla, S., y Subramanian, T. R. (1974). Note on the severe damage of moringa fruits by the fly *Gitona* sp. (Drosophilidae: Diptera). *South Indian Horticulture*.
- Kibazohi, O., y Sanwan, R. S. (2011). Vegetable oil production potential from *Jatropha curcas*, *Croton megalocarpus*, *Aleurites moluccana*, *Moringa oleifera* and *Pachira glabra*: Assessment of renewable energy resources for bio-energy production in Africa. *Biomass and Bioenergy*, 35, 1352.
- Kirtikar, K. R., y Basu, B. D. (1975). *Moringa oleifera*. In: Indian medicinal plants. Vol. 1. (Eds. D. Dun, B. Singh and M.P. Singh). *Bishen Singh Mahendrapal Singh Publishers*, 1, 676.

- Kjaer, A., Malver, O., El-Menshawī, B., y Reisch, J. (1979). Isothiocyanates in myrosinase-treated seed extracts of *Moringa peregrina*. *Phytochemistry*, 18, 1485-1487.
- Kleiman, R., Ashley, D., y Brown, J. (2008). Comparación de dos aceites de semillas utilizadas en cosméticos, moringa y marula. *Cultivos y Productos Industriales*, 361-364.
- Lalas, S., y Tsaknis, J. (2002). Extraction and identification of natural antioxidants from the seeds of *Moringa oleifera* tree variety of Malawi. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 79, 677-683.
- Lédo, P., Lima, R., Paulo, J., y Duarte, M. (2009). Estudio comparativo de sulfato de aluminio y semillas de *Moringa oleifera* para la depuración de aguas con baja turbiedad. *Tecnológica*, 3-12.
- Lugman, S., Kaushik, S., Srivastava, S., Kumar, R., Bawankule, D. U., Pal, A., . . . Khanuja, S. P. (2009). Protective effect of medicinal plant extracts on biomarkers of oxidative stress in erythrocytes. *Pharmaceutical Biology*, 47, 483-490.
- Mahajan, S. G., y Mehta, A. A. (2008). Effect of *M. oleifera* Lam. seed extract on ovalbumin-induced airway inflammation in guinea pigs. *Inhalation Toxicology*, 20, 897.
- Mahajan, S., y Sharma, Y. K. (1984). Production of rayon grade pulp from *Moringa oleifera*. *Indian Forester*, 303-306.
- Maíz, N. (2011). *Moringa oleifera. La planta de los mil usos*. Abc Rural.
- Makkar, H. P., y Becker, K. (1996). Nutritional value and whole and ethanol antinutritional components of extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 63, 211.
- Makonnen, E., Hunde, A., y Damecha, G. (1997). Hypoglycaemic effect of *Moringa stenopetala* aqueous extract in rabbits. *Phytother Research*, 11, 147-148.
- Martin, C., y Et al. (2008). Evaluation of residues of biodiesel production from neem and moringa as feedstocks for bioethanol production. Bioenergy: Challenges and Opportunities. *International Conference and Exhibition on Bioenergy*. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho.
- Martin, C., López, Y., Plasencia, Y., y Hernández, E. (2006). Characterisation of agricultural and agro-industrial residues as raw materials for ethanol production. *Chem. Biochem.*, 20, 443.
- Martin, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., y Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica. *Pastos y forrajes*, 36, 137-149.
- Martin, C., Moure, A., Martin, G., Carrillo, E., Domínguez, H., y Parajó, J. C. (2010). Fractional characterisation of jatropha, neem, moringa, trisperma,

- castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba. *Biomass and Bioenergy*, 533.
- Martin, F. W., y Ruperté, R. M. (1979). Edible Leaves of the Tropics. 2nd ed., U.S. Dep. Agric., Science and Education Admin. *Agric. Res.*
- Martínez, J., Carballo, H. A., y Rocha, R. L. (2011). Valoración de las propiedades nutricionales de Moringa oleífera en el departamento de Bolívar. *Revista de ciencias*, 15, 23-30.
- Mathur, B. (2005). Trees for life. Recuperado el 20 de Septiembre de 2015, de [http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/Moringa_Book_Sp\(screen\).pdf](http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/Moringa_Book_Sp(screen).pdf)
- Mehta, A., y Agrawal, B. (2008). Investigation into the mechanism of action of *Moringa oleifera* for its anti-asthmatic activity. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 8, 24.
- Mehta, L. K., Balaraman, R., Amin, A. H., Bafna, P. A., y Gulati, O. D. (2003). Effect of fruits of Moringa oleífera on the lipid profile of normal and hypercholesterolaemic rabbits. *J Ethnopharmacol*, 86, 191-195.
- Morales, B. G. (1990). *Contribución al estudio fitoquímico y farmacológico de Moringa oleifera Lam. (Paraíso Blanco) como antiinflamatorio. Tesis de grado de licenciado Químico Farmacéutico*. Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad De San Carlos de Guatemala.
- Morton, J. F. (1991). The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) – a boon to arid lands? *Economic Botany*, 45, 318-333.
- Muluvi, G. M., Sprent, J. I., Odee, D., y Powell, W. (2004). Estimates of outcrossing rates in *Moringa oleifera* using Amplified fragment length polymorphism (AFLP). *African Journal of Biotechnology*, 3, 146-151.
- Murakami, A., Kitazono, Y., Jiwajinda, S., Koshimizu, K., y Ohigashi, H. (1998). Niaziminin, a thiocarbamate from the leaves of *Moringa oleifera*, holds a strict structural requirement for inhibition of tumor-promoter-induced EpsteinBarr virus activation. *Planta Medica*, 64, 319.
- Muyibi, S. A., y Evison, L. M. (1995). *Moringa oleifera* seeds for softening hard water. *Water Res.*, 29, 1099.
- Nautiyal, B. P., y Venhataraman, K. G. (1987). Moringa (Drumstick) – an ideal tree for social forestry. *Myforest*, 23, 53-58.
- Navie, S., y Csurhes, S. (2010). *Horseradish tree. Moringa oleifera. Biosecurity Queensland*. Brisbane, Australia: Department of Employment, Economic Development and Innovation.
- Ndabigengesere, A., Narasiah, K. S., y Talbot, B. G. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Res.*, 29, 703.

- Ndabigengesere, A., y Narasiah, K. (1998). Calidad del agua tratada por coagulación con semillas de *Moringa oleífera*. *Investigación del Agua*, 781-791.
- Ndiaye, M., Dieye, A. M., Mariko, F., Tall, A., Sall Diallo, A., y Faye, B. (2002). Contribution a l'etude de l'activite anti-inflammatoire de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Dakar Med.*, 47, 210.
- Ndong, M., Uehara, M., Katsumata, S., y Suzuki, K. (2007). Effects of oral administration of *Moringa oleifera* Lam on glucose tolerance in Goto-Kakizaki and Wistar rats. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 40, 229-233.
- Nijveldt, R. J., van Nood, E., van Hoorn, D. E., Boelens, P. G., van Norren, K., y van Leeuwen, P. A. (2001). Flavonoids: a review of probable mechanism of action and potential applications. *Am. J. Clinical Nutrition*, 74, 418.
- Ogbunugafor, H. A., Eneh, F. U., Ozumba, A. N., Igwo-Ezikpe, M. N., Okpuzor, J., Iglwilo, I. O., . . . Onyekwelu, O. A. (2011). Physico-chemical and antioxidant properties of *Moringa oleifera* seed oil. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10, 409.
- Olson, M. E. (2002). Intergeneric relationships within the Caricaceae-Moringaceae clade (Brassicales), and potential morphological synapomorphies of the clade and its families. *International Journal of Plant Sciences*, 163, 51-65.
- Olson, M. E. (2003). Ontogenetic origins of floral bilateral symmetry in Moringaceae. *American Journal of Botany*, 90, 49-71.
- Olson, M. E. (2010). Moringaceae. (F. o. Association, Ed.) *Flora of North America North of Mexico*, 7, 167-169.
- Olson, M. E., y Carlquist, S. (2001). Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 135, 315-348.
- Olson, M. E., y Fahey, J. w. (2011). *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Mex. Biodiv.*, 1071-1082.
- Orlando, U. S., Okuda, T., Baes, A. U., y Nishijima, W. (2003). Chemical properties of anion-exchangers prepared from waste natural materials. *Reactive y Functional Polymers*, 55, 311.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., y Anthony, S. (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. *World Agroforestry Centre*.
- Osmaton, A. E. (1927). *A forest flora for kumaon*. Allahabad.
- Pacheco, R. M. (2006). *Análisis del intercambio de plantas entre México y Asia de los siglos XVI al XIX*. Master's Thesis. México: UNAM.

- Paiva, P., Napoleão, T., Sá, R., y Coelho, L. (2012). Insecticide activity of lectins: Advances in Integrated Pest Management. 22, 579-598.
- Paliwal, R., y Sharma, V. (2011). A review on horse radish tree (*Moringa oleifera*): A multipurpose tree with high economic and commercial importance. *Asian J. Biotechnol.*, 3, 317-328.
- Papillo, J. (2007). *Moringa oleifera: the multipurpose wonder-tree*. Michigan, USA: Michigan Technological University.
- Parrotta, J. A. (1993). *Moringa oleifera* Lam. Reseda, horseradish tree. *Res. Note SO-ITF-SM-61, South. For. Res. Sta., For. Serv., U.S. Dep. Agric.*
- Patiño, V. M. (1963). CAPÍTULO IV. VERDURAS, HORTALIZAS. En V. M. Patiño, *PLANTAS CULTIVADAS Y ANIMALES DOMÉSTICOS EN AMÉRICA EQUINOCCIAL IV: PLANTAS INTRODUCIDAS*. Cali.
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., y Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1.
- Pérez, C. (2012). *Trabajo de Fin de Carrera: Moringa oleifera Lam., especie forestal de usos múltiples. Revisión bibliográfica*. Madrid: E.U.I.T. Forestal (U.P.M.) .
- PIER. (2007). *Moringa oleifera Lam., Moringaceae. Pacific Island Ecosystems at Risk (PIER): plant threats to Pacific ecosystems*. USA: Institute of Pacific Islands Forestry, US Forest Service.
- Pillai, K. S., Saradamma, K., y Nair, M. G. (1979). *Helopeltis antonii* Sign. as a pest of *Moringa oleifera*. *Current Science*, 288-289.
- Pollard, S. J., Thompson, F. E., y McConnachie, G. L. (1995). Microporous carbons from *M. oleifera* husks for water purification in less developed countries. *Wat. Res.*, 29, 337.
- Popoola, J. O., y Obembe, O. O. (2013). Local knowledge, use pattern and geographical distribution of *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) in Nigeria. *J. Ethnopharmacol.*, 150, 682-691.
- Price, M. L. (2000). *The Moringa Tree. Echo Technical Note*. Florida, USA: ECHO, North Ft. Myers.
- Ramachandran, C., Peter, K. V., y Gopalakrishnan, P. K. (1980). Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Econ. Bot.*, 34, 276-283.
- Randall, R. P. (2002). *A Global Compendium of Weeds*. Meredith, Victoria.: RG and FJ Richardson.
- Rashid, U., Anwar, F., Ashral, M., Saleem, M., y Yasup, S. (2011). Application of response surface methodology for optimizing transesterification of *Moringa oleifera* oil: Biodiesel production. *Energy Conversion and Management*.

- Rashid, U., Farooq, A., Moser, B. R., y Knothe, G. (2008). Moringa oleífera aceite: Una posible fuente de biodiesel. *Bioresource Technology*.
- Reddy, D. H., Ramana, D. K., Sehaiah, K., y Reddy, A. V. (2011). Biosorption of Ni(II) from aqueous phase by *M. oleifera* bark, a low cost biosorbent. *Desalination*, 268, 150.
- Reyes, N. (2006). *Moringa oleifera and Cratylia argentea: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management Uppsala. Doctoral thesis*. Swedish: Swedish University of Agricultural Science.
- Rice, B. (2003). *Rod Randall's Weed List*. . *Global Invasive Species Team*. Arlington, Virginia: The Nature Conservancy.
- Rivas, V. M., López, P. J., Miranda, B. A., y Sandoval, M. (2012). Sustitución parcial de harina de sardina con Moringa oleífera en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. *Biotecnia*, 2, 3-10.
- RNCOS. (2013). US Nutraceuticals Market Forecast to 2017. *RNCOS*.
- Roberfroid, M. B. (1999). What is beneficial for health? The concept of functional food. *Food Chem Toxicol*, 37, 1039-1041.
- Roberfroid, M. B. (2000). oncepts and strategy of functional food science: the European perspective. *Am J Clin Nutr.*, 71.
- Sánchez, N., Ledin, S., y Ledin, I. (2006). Biomass Production and Chemical Composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. *Agrofor. Syst.*, 66, 231-246.
- Sarmiento, L. A. (2006). Alimentos funcionales, una nueva alternativa de alimentación. *Orinoquia*.
- Sharma, G. K., y Raina, V. (1982). Propagation techniques of *Moringa oleifera* Lam. *Improvement of Forest Biomass, Indian Society of Tree Scientists*, 175-181.
- Sharma, P., Kurami, P., Srivastava, M. M., y Srivastava, S. (2006). Removal of cadmium from aque- ous system by shelled *Moringa oleifera* Lam seed powder. *Bioresource Technology*, 97, 299-305.
- Siddhuraju, P., y Becker, K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro-climatic origins of drumstick tree (*Moringa oleífera* Lam.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 15, 2144-2155.
- Singh, B. N., Singh, B. R., Singh, R. L., Prakash, D., Dhakarey , R., Upadhyay , G., y Singh, H. B. (2009). Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. *Food Chem. Toxicol.*, 47, 1109.

- Singh, T., y Singh, B. (1992). Leguminosas de grano tropical como importante la alimentación humana. *Bot Econ*.
- Sukla, S., Mathur, R., y Prakash, A. (1988). Antifertility profile os the aqueous of *Moringa oleifera* Roots. (E. P. Ltd., Ed.) *Journal o Ethnopharmacology*, 22, 51-62.
- Teofilo, E. M., y Freitas, J. B. (2003). Tipos de embalagens, ambiente,tempo de armazenamento e qualidade fisiologica das sementes de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) Moringaceae. *Revista Científica Rural*, 115-122.
- Thurber, M., y Fahey, J. W. (2009). Adoption of *Moringa oleifera* to combat under-nutrition viewed through the lens of the 'Diffusion of Innovations' theory. *Ecology of Food and Nutrition*, 48, 212-225.
- Troup, R. S. (1921). *The silviculture of Indian trees. 3 vol.* United Kingdom: Clarendon Press.
- Ullasa, B. A., y Rawal, R. D. (1984). Papaver rheoeas and *Moringa oleifera*, two new hosts of papaya powdery mildew. *Current Science*, 754-755.
- Vasconcelos, I. M., Maia, A. A., Siebra, E. A., Oliveira, J. T., Carvalho, A., y Melo, V. M. (2001). Estudio nutricional de dos soja brasileña (*Glycine max*) cultivares que difieren en el contenido de proteínas antinutricionales y tóxicos. *J Nutr Biochem.*, 52-62.
- Verdcourt, B. (1985). A synopsis of Moringaceae. *Kew Bulletin*, 40, 1-23.
- Verma, A. N., y Khurana, A. D. (1974). urther host records of Indarbela sp. (Lepidoptera: Matarbelidae). *Harayana Agric. Univ. J. Res.*, 253-254.
- Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., y Rao, C. V. (2009). In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. *Food Chem. Toxicol.*, 47, 2196.
- Verma, S. C. (1973). Studies on the factors affecting seed germination of Moringa. *Plant Science*, 5, 64-70.
- Warhurst, A. F., McConnachie, G. L., y Pollard, S. J. (1997). Characterisation and applications of activated carbon produced from *Moringa oleifera* seed husks by single-step steam pyrolysis. *Wat. Res.*, 31, 759.
- Warner, K., y Knowlton, S. (1997). Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. *J. Am. Oil Chemists Soc.*
- Yanaka, A., Zhang, S., Yamamoto, M., y Fahey, J. W. (2005). Daily intake of sulforaphane–rich broccoli sprouts improves gastritis in H. pylori–infected human subjects. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*.