

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



INVESTIGACION DE LA ADULTERACION Y FALSIFICACION DE LA
Moringa oleífera (Moringa) EN CAPSULA Y MATERIAL VEGETAL SECO
COMERCIALIZADA EN SIETE MERCADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN
SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
NATALIA MARISOL MOLINA SANTOS

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

NOVIEMBRE 2017

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO CRISTOBAL HERNAN RIOS

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

COORDINACION DE PROCESOS DE GRADUACION

CORDINADORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

TRIBUNAL CALIFICADOR

ASESORA DE AREA DE INDUSTRIA FARMACEUTICA, COSMETICA Y

VETERINARIOS

Licda. Mercedes Rossana Brito Mendoza

ASESORA DE AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS

NATURALES

MScQ. Sonia Maricela Lemus Martínez

DOCENTE DIRECTOR

Licda. Rhina Antonieta Toledo Mendoza

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO por bendecirme, protegerme y guiarme en este camino que hoy estoy culminando con éxito, los obstáculos fueron muchos, pero en su infinita misericordia Dios tenía un plan perfecto para que terminara mi carrera profesional.

A Mis Padres José Molina y Carmen de Molina por brindarme su apoyo y ayuda incondicional con el cual he logrado terminar.

A Mis Hermanos Lourdes, Roxana y Tony por su paciencia y comprensión en los momentos difíciles.

A Mi Asesora Licda. Rhina A. Toledo por ser un ángel para mí, porque con su apoyo y aliento hoy he logrado cumplir una meta en mi vida.

A Mi Jefa Lic. Milady de Romero por su apoyo, amistad y cariño

Por su apoyo moral y cariño a Licda. Ana Miriam Santamaria, MSc. Morena Martínez, Dr. Marvin Nuñez.

Agradezco infinitamente el apoyo y dedicación de tiempo a mis evaluadores Licda. Rossana Brito, MScQ, Sonia Maricela Lemus y Licda. Cecilia Gallardo.

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida.

Muchas gracias!!!

Natalia Molina

DEDICATORIA

En medio del camino, Dios puso ángeles para ayudarme, y muchos de ellos se convirtieron en mis amigos, personas que, aunque no conozco, me dieron su consejo, una voz de seguir adelante, hay que ser perseverante (también puso personas las cuales no creyeron en mí, pero sus palabras incrédulas me hicieron más fuerte). A esas personas quiero agradecer y dedicar este título...

A DIOS TODOPODEROSO, por regalarme sabiduría y la inteligencia necesaria para culminar con éxito mi carrera profesional, eres lo máximo Dios, tu fidelidad es grande y tu misericordia es eterna, gracias por estar conmigo en todo momento, gracias por regalarme la vida, cuidarme y protegerme durante todo este tiempo, gracias por demostrarme que tus promesas son reales ya que tú eres el principal hechor de este logro, toda la honra y gloria sea para ti mi DIOS.

A MIS PADRES José Molina y Carmen de Molina por brindarme su amor y apoyo incondicional, para poder culminar mi carrera. Gracias por haber confiado en mí. Los amo mucho.

A MIS HERMANOS Lourdes, Roxana y Tony por darme ánimos de seguir adelante cuando más lo necesitaba.

A MIS SOBRINOS Lucas, Sofia, Isaí, Marcos, Rodri y Adriana

A MI ASESORA Lic. Rina Toledo por el tiempo, apoyo, orientación y dedicación brindada a lo largo de este trabajo, gracias por su esfuerzo y amistad.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS que de una u otra manera estuvieron apoyándome; Eunisse, Delia, Glenda, Antonia, Eliezar, Marina y también mis amigos del Ministerio de Educación Especial a todos ustedes y todas esas personas que me apoyaron gracias por haber formado parte de este sueño que ahora se vuelve realidad.

Natalia Molina

INDICE GENERAL

Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xvi
Capitulo II	
2.0 Objetivos	18
Capitulo III	
3.0 Marco Teórico	20
3.1 Monografía de <i>Moringa oleífera</i>	20
3.2 Origen y distribución	21
3.3 Descripción botánica de la especie	23
3.4 Composición química	25
3.5 Usos etnobotánicos	29
3.6 Toxicidad	36
3.7 Formas farmacéuticas	37
3.8 Cápsulas	41
3.9 Cromatografía en capa fina	44
Capitulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	
4.1 Tipo de estudio	49
4.2 Investigación Bibliográfica	49
4.3 Investigación de campo	49
4.3.1 Visitas y entrevistas a los diferentes mercados de San Salvador	50

4.3.2	Métodos de recolección de datos	50
4.3.3	Recolección de las muestras	52
4.3.4	Clasificación de las muestras	52
4.4	Tratamiento previo a las muestras	53
4.4.1	Obtención de los extractos	54
4.5	Obtención de los estándares de trabajo	56
4.5.1	Desarrollo de análisis de cromatografía capa fina	57
Capítulo V		
5.0	Resultados e Interpretación de Resultados	59
Capítulo VI		
6.0	Conclusiones	101
Capítulo VII		
7.0	Recomendaciones	103
Bibliografía		
Anexos		

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pag N°
1.	Total de muestras que se recolectaron en cada mercado.	53
2.	Recolección de muestras con marca o nombre y código asignado a cada muestra recolectada.	62
3.	Observaciones realizadas a las muestras.	63
4.	Entrevista Realizada a Vendedores	66
5.	Resumen de los resultados de adulteración y falsificación de los mercados en estudio.	89
6.	Comparación de las 25 muestras analizadas en los 7 mercados en estudio.	90
7.	Comparación de la información que rotula cada muestra contra los usos reportados de actividad biológica.	91

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pag. N°
1.	Área de distribución natural de <i>Moringa oleífera</i> (Moringa)	22
2.	Zonas donde se utiliza la <i>Moringa oleífera</i> actualmente	22
3.	Árbol de <i>Moringa oleífera</i>	23
4.	Hojas de <i>Moringa oleífera</i>	23
5.	Flores de <i>Moringa oleífera</i>	24
6.	Interior de la vaina	25
7.	Semillas de <i>Moringa oleífera</i>	25
8.	Esquema de la obtención de los extractos de las Muestras	55
9.	Esquema de la obtención de los extractos de los Estándar (hoja o Semilla)	56
10.	Marcha analítica de la cromatografía capa fina.	58
11.	Cromatografía de hojas del mercado San Martín.	69
12.	Cromatografía de hojas del mercado Ciudad Delgado	71
13.	Cromatografía de semillas del mercado Zacamil	72
14.	Cromatografía de hojas del mercado San Marcos	74
15.	Cromatografía de semilla del mercado de San Marcos	75
16.	Cromatografía de cápsulas a granel y hojas del mercado San Miguelito	77
17.	Cromatografía de semillas del mercado San Miguelito	78
18.	Cromatografía de cápsulas y hojas del mercado Central	80
19.	Cromatografía de semillas del mercado Central	82

20.	Cromatografía de cápsulas a granel y hojas del mercado Soyapango	85
21.	Cromatografía de semillas del mercado de Soyapango.	87

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pag. N°
1. Propiedades físicas de la vaina y semilla de <i>Moringa oleífera</i>	26
2. Características y composición fitoquímica de la Semilla de <i>Moringa oleífera</i>	27
3. Contenido de ácidos grasos en la semilla de <i>Moringa oleífera</i>	28
4. Análisis de vaina y hojas frescas de <i>Moringa oleífera</i>	28
5. Resultado de análisis en hojas comercializadas en mercado de San Martín.	70
6. Resultado de análisis en hojas en mercado de Ciudad Delgado.	71
7. Resultado de análisis en semillas comercializadas en mercado Zacamil.	73
8. Resultado de análisis en hojas comercializadas en el mercado de San Marcos.	74
9. Resultado de análisis en semillas comercializadas en mercado San Marcos.	75
10. Resultado de análisis en muestras de cápsulas a granel y hojas en mercado San Miguelito.	77
11. Resultado de análisis en muestra de semillas en mercado San Miguelito.	78
12. Resultado de análisis en muestra de capsulas y hojas comercializadas en el Mercado Central	81
13. Resultado de análisis en muestra de semillas comercializadas en el Mercado Central.	82

14.	Resultado de análisis en muestra de capsulas a granel y hojas en el mercado de Soyapango.	86
15.	Resultado de análisis en muestra de semillas comercializadas en el mercado de Soyapango.	87

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. Fotografías de muestras de hojas de *Moringa oleífera* de los diferentes mercados.
2. Fotografías de muestras de semillas de *Moringa oleífera* de diferentes mercados.
3. Fotografías de muestras de capsulas y su contenido de *Moringa oleífera* de diferentes mercados.
4. Fotografía de extractos de muestras en cápsula.
5. Aparato de obtención de extractos (aparato de reflujo)
6. Imágenes de etiquetas de muestras.
7. Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA)
8. Artículos científicos relacionados con Moringa

RESUMEN

En el país el continuo desabastecimiento de medicamentos en el sistema de salud pública y la falta de recursos económicos obliga a la población a la búsqueda de productos naturales ya elaborados para contrarrestar sus problemas de salud, los cuales son adquiridos en los diferentes mercados desconociendo la calidad con que han sido elaborados. Por tal razón, en este trabajo se investigó la adulteración y falsificación de la *Moringa oleífera* (Moringa) en capsulas y material vegetal seco comercializada en los mercados Zacamil San Martin, Ciudad Delgado, San Marcos, San Miguelito, Central, Soyapango. En el periodo del 2015 al 2016.

Para la recolección de muestras se realizaron visitas previas a los siete mercados en estudio. El número de muestras de cada mercado se asignó de acuerdo a la cantidad de puestos donde se comercializan plantas medicinales y muestreo fue aleatorio simple.

De las 25 muestras analizadas resultaron el 96% adulteradas, el 4% similar al estándar; comprobando con los resultados lo observado en el análisis previo que se realizó a las muestras, en donde la mayoría de las muestras presentaban diferentes tonos de verde con respecto al polvo en las cápsulas.

De acuerdo a los resultados obtenidos la mayor parte de las muestras no cumplen la cantidad química requerida, ya que la mayoría resultaron adulteradas.

Por tal motivo se recomienda educar a la población salvadoreña a no consumir productos naturales que no estén debidamente registrados y las instituciones competentes en el área de salud que mejoren el control y supervisión de los lugares de comercialización de productos naturales y así evitar mayores complicaciones de salud.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

Según la organización mundial de la salud (OMS) algunas plantas medicinales de uso popular pueden ser consideradas medicamentos tradicionales, por lo que se hace necesario comprobar la calidad de estas ya que serán consumidas por la población ya sea en forma farmacéutica o como drogas crudas en infusiones o decocciones.

Los desabastecimientos de medicamentos en El Salvador se han convertido en un problema, vinculado a factores económicos, lo cual afecta a toda la población en general, agudizándose mucho más en personas de escasos recursos económicos y con enfermedades crónicas. Por eso crece continuamente la demanda y oferta de productos de origen natural. Ya que estos de alguna manera cubren la necesidad de tener tratamientos que logren en parte mejorar la salud de la población. Las plantas medicinales son utilizadas mucho más en la atención primaria en salud, pero de igual manera se utilizan en enfermedades crónicas, por esa razón son considerados como alternativa u otra opción mucho más económica.

Por siglos la gente en muchos países ha usado la *Moringa oleífera* como una medicina para curar enfermedades como infecciones de la piel, anemia, trastornos respiratorios, diabetes, tuberculosis, colitis, tumores entre otros, tal como lo demuestra la revisión bibliográfica. Ya que es una especie de la cual existen datos de su investigación desde 1927 en la india (7).

En los últimos años de nuevo resurge su utilización, debido a que muchos investigadores han realizado estudios y han encontrado en ella muchas actividades biológicas en el campo de la salud. (7)

El presente trabajo consistió en investigar la adulteración y falsificación en cápsulas y material vegetal seco de *Moringa oleífera* que se comercializan en diferentes mercados del municipio de San Salvador: Central, San

Marcos, Zacamil, Ciudad Delgado, San Miguelito, Soyapango, San Martín; la investigación se realizó en el periodo del 2015 al 2016, y se estableció a través del desarrollo del análisis de muestras en el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador si las muestras estaban adulteradas y/o falsificadas.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Investigar la adulteración y falsificación de la *Moringa oleífera* (Moringa) en cápsulas y material vegetal seco comercializada en siete mercados en el municipio de San Salvador.

2.2 Objetivos Específicos:

- 2.2.1 Recolectar las muestras en los mercados seleccionados.
- 2.2.2 Realizar la técnica de cromatografía en capa fina a las 25 muestras recolectadas y a los 2 estándares de trabajo.
- 2.2.3 Comparar los cromatogramas de las muestras con los estándares de trabajo para determinar si existe adulteración o falsificación en los productos analizados.
- 2.2.4 Verificar si las etiquetas de las muestras de *Moringa oleífera* cumplen según los requisitos del RTCA 11.04.41:06

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

MONOGRAFIA DE *MORINGA OLEIFERA* (3)

3.1 TAXONOMIA

Reino: Plantae

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Moringaceae

Género: Moringa

Especie: oleífera

Sinónimos: Anoma moringa, Moringa , Moringa oleífera.

Se le conoce con varios nombres:

árbol del ben, ben, morango, moringa (español); horseradish tree, radish tree, drumstick tree, mother's best friend, West Indian ben (inglés); bèn ailé, benzolive (francés); behenbaum (alemán); sándalo cerúleo (italiano); moringuiero, acácia branca (portugués); cedro (Brasil); la-banyu (Burkina Faso); paizlava (Camerún); mlonge (Kenia); anamambo (Madagascar); gawara (Nigeria); neverday (Senegal); ruwag, alim (Sudán); mlonge (Tanzania); zakalanda (Zimbawe); kalungai (Filipinas); munga ara, sajna, saragavo, saragvo, sanjna, saijna (India); kelor, tjelor (Indonesia); Sitachini (Nepal); Saijan, Sohanjna (Pakistán); angela (Colombia); marango, marangon (Costa Rica); acacia, ben (Cuba); Teberinto (El Salvador); perla, perlas, paraíso blanco (Guatemala); marango, maranjo (Guatemala); ben, la libertad (República Dominicana).

3.2 ORIGEN Y DISTRIBUCION ⁽³⁾

A principios del siglo I, d.C. Se conocen referencias a la *Moringa oleífera*, aunque su presencia en la India se remonta a épocas remotas, alrededor del 2.000 a.C. Los hindúes ilustrados ya conocían las propiedades del aceite de moringa y la utilizaban con fines medicinales, y probablemente supieran de su valor como especie forrajera.

También los primeros romanos, griegos y egipcios, conocían la moringa, originaria de esta región de África, como *Moringa oleífera* de la que extrajeron el aceite de las semillas para proteger la piel, en perfumes y en ungüentos para la momificación. 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. En la Biblia “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 oleífera*, aunque podría tratarse de *Moringa peregrina*. La *Moringa oleífera* fue introducida en Egipto antes del 350 a.C. La moringa 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.

En la actualidad la *Moringa oleífera* es la especie de la familia *Moringaceae* más cultivada. Originaria del sur del Himalaya desde el noreste de Pakistán hasta el Noroeste de Bengala, India ha sido introducida y naturalizada en otros países (figura N° 1) como Afganistán, Bangladesh, Sri Lanka, Península Arábiga, y llegando a lugares como el Este y Oeste de África, Florida, México, Perú, Paraguay y Brasil, entre otros.

Se cultiva en las regiones tropicales de todo el mundo, la *Moringa oleífera* puede crecer en costas de hasta 1,200 m sobre el nivel del mar, en colinas o laderas, aunque lo más normal es encontrarla en praderas y orillas de río. Puede llegar

a alcanzar los seis o siete metros de altura en un año, con una recepción media anual de agua de 400 mm.



Figura N° 1: Área de distribución natural de *Moringa oleífera* (5).

La *Moringa oleífera* crece y se utiliza en muchas zonas áridas del mundo: desde África hasta Asia pasando para América Latina, como puede apreciarse en la figura N° 2 (5).



Figura N° 2: Zonas donde se utiliza la *Moringa oleífera* actualmente (5).

3.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE ⁽³⁾

La moringa es un árbol de crecimiento rápido que puede alcanzar hasta los 12 metros de altura, con un promedio de vida de 20 años. Se desarrolla en climas secos, semiáridos, semihúmedos y húmedos. Crece bien en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 1200 m de altitud y prospera en temperaturas altas, considerando óptimas para un buen comportamiento las que están entre 24 y 32°C.



Figura N° 3 árbol de *Moringa oleífera*.

HOJAS: compuestas, alternas, bi-triimparipinnadas de 15-35 x 8-25 cm, foliolos de 0,4- 2,4 x 0,3-1,2 cm, obovados, haz y envés pelosos, con tricomas de hasta 0,3 mm, erectos y crespos; estípulas interpecioculares de 1,5 – 2,0 mm, de lineares a subuladas. Brácteas de 1,5 a 2 mm, angostadas, deltadas a lineares.



Figura N° 4 hojas de *Moringa oleífera*

FLORES: con cinco sépalos y cinco pétalos de color blanco o cremoso, frecuentemente con pequeños matices rojizos en la base; cinco estambres fértiles con anteras amarillas, y cinco estambres estériles sin anteras; estilo delgado; peciolo verdes, que pueden tornarse en color morado, al igual que la vaina fresca.

En el norte de India y en otras regiones atemperadas, florece una sola vez al año (entre abril y junio, en el hemisferio norte). Pero puede florecer dos veces al año, como sucede en el sur de India o durante todo el año en lugares donde no hay cambios de temperatura y precipitación a lo largo del año, como ocurre en los países caribeños.



Figura N°5: Flores de *Moringa oleifera*

EL FRUTO: es una vaina lineal, que mide de 20 a 45 (125) cm y de 1 a 2 cm de grosor, formada por tres lígulas que si se cortan transversalmente se observa una evidente sección triangular con 12 a 25 semillas, dispuestas longitudinalmente.

LAS SEMILLAS: son carnosas y aladas, con tres alas de 2,5 a 3 mm de largo. Cubiertas de una fina cáscara color café, endospermo blanquecino y muy oleaginoso.



Figura N°6: interior de la vaina



Figura N° 7: Semillas de *Moringa oleifera*

LA RAIZ: La raíz principal mide varios metros y es carnosa en forma de rabano. Es pivotante y globosa lo que le brinda a la planta cierta resistencia a la sequia en periodos prolongados, si se hacen cortes a la corteza produce una goma de color rojizo parduzca.

3.4 COMPOSICION QUIMICA ⁽¹¹⁾

Las hojas de esta planta contienen un perfil de los oligoelementos importantes, y son una buena fuente de proteínas, vitaminas, beta-carotina, aminoácidos y diversos compuestos fenólicos. Además, contiene taninos, esteroides y tripernoides, flavonoides, saponinas, antraquinonas, alcaloides y azúcares reductores.

Las semillas de *Moringa oleifera* contienen lectina, tripsina, taninos, ácidos grasos, proteína.

3.4.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA SEMILLA (*Moringa oleífera*) ⁽¹⁾

Las sustancias tal y como lo conocemos en el entorno se caracterizan por sus propiedades físicas o químicas, es decir, cómo reaccionan a los cambios sobre ellas. Las propiedades físicas son aquellas que se pueden medir y observar sin que cambie la composición o identidad de la sustancia. Mientras que para observar una propiedad química se debe efectuar un cambio químico, es decir, en su estructura interna, transformándose en otra sustancia ⁽⁶⁾.

En la tabla N° 1 se presentan algunas de las propiedades físicas de la vaina y semilla de *Moringa oleífera* y en la tabla N° 2 algunas características y composición fitoquímica de la semilla de *Moringa oleífera*.

Tabla N° 1: Propiedades Físicas de la Vaina y Semilla de *Moringa oleífera* ⁽²⁾.

Determinación	Valor
Peso promedio de la vaina (g)	7.95
Numero promedio de semillas por vaina	16
Peso promedio de cada semilla	0.3 – 0.4
Humedad en la cascara (%)	12.9
Humedad en la semilla entera (%)	6.52 – 7.5
Humedad en las vainas (%)	86.9
Humedad en hojas frescas (%)	75
Gravedad especifica de la semilla	0.869

Tabla N° 2: Características y Composición Fitoquímica de la semilla de *Moringa oleífera* (2).

Parámetro	Valor
Valor ácido	3.5
Valor de saponificación	182.2
Valor iodado	64.2
Cenizas	3.16%
Proteína	46.58%
Grasas	32.60%
Carbohidratos	11.16%

Otros datos que tomar en cuenta dentro de las propiedades de la *Moringa oleífera* es la cantidad de ácidos grasos ya que las semillas tienen entre 30 y 42% de aceite y su torta contiene un 60% de proteína. Los niveles de factores antinutricionales, como taninos y saponinas son mínimos, prácticamente despreciables y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni lecitina. Los contenidos de aceite en la semilla de *Moringa oleífera* se muestran en la tabla 3 y en la tabla 4 se presentan datos relevantes respecto al contenido nutricional de las hojas frescas y vainas de *Moringa oleífera* (2)

Tabla N° 3: Contenido de ácidos grasos en la semilla de *Moringa oleífera* (2).

Parámetro	Valor
Ácido oleico	68.9%
Acido linoleico	3.8%
Acido mirística	1.5%
Acido palmítico	3.6%
Ácido esteárico	10.8%
Ácido behenico	6.3%
Ácido lignocericico	0.13%

Tabla N° 4: Análisis de vaina y hojas frescas de *Moringa oleífera*.

Determinación	Vainas	Hojas frescas
Proteínas (g)	2.5	6.7
Grasa (g)	0.1	1.7
Hidratos de carbono (g)	3.7	13.4
Fibra (g)	4.8	0.9
Minerales (g)	2.0	2.3
Calcio (mg)	30	440
Magnesio (mg)	24	24
Fosforo (mg)	110	70
Potasio (mg)	259	259
Cobre (mg)	3.1	1.1
Hierro (mg)	5.3	7
Azufre (mg)	137	137
Acido oxálico (mg)	10	101
Vit. A β -carotenos (mg)	0.11	6.8
Vit. B Colina (mg)	423	423
Vit. B1 Tiamina (mg)	0.05	0.21
Vit. B2 Riboflavina (mg)	0.07	0.05
Vit. B3 Acido Nicotínico	0.2	0.8
Vit. C Ácido Ascórbico (mg)	120	220

3.5 USOS ETNOBOTANICOS

Años antes de Cristo, ya la moringa era conocida con el nombre de "Shigon" y se mencionaba por sus efectos medicinales en el Shushruta Sanhita. Un texto médico ayurvédico de esa época, ⁽³⁾ también fue usado en la antigüedad como agente medicinal por los romanos, griegos y egipcios. ⁽¹⁰⁾

Son tantos los usos que se le atribuyen, que han hecho que se le conozca a la *Moringa oleífera* como "el árbol milagroso". ⁽³⁾

Los humanos consumen esta planta de diferentes maneras: las hojas del Moringa se pueden comer en ensaladas directamente, que con su sabor a berro y espinaca pasan desapercibidas. Estas hojas deshidratadas se utilizan como condimentos para alguna carne, huevos y más. Las semillas maduras se comen tostadas como el maní.

Las propiedades y usos medicinales de las partes de la planta ⁽¹⁵⁾

Raíz: Antilitiásico, rubefaciente, vesicante, carminativo, para la fertilidad, antiinflamatorio, para estimular a pacientes en estado paralítico; también actúa como tónico cardiocirculatorio, como laxante, como método abortivo y se emplea para aliviar algunas afecciones: reumatismo, inflamaciones, dolores articulares, sacrolumbalgia y estreñimiento.

Hojas: Pueden utilizarse como purgante, como cataplasma en las heridas, para minimizar los dolores de cabeza (frotarlas en la sien), la hemorroide, la fiebre, el dolor de garganta, la bronquitis, las infecciones óticas y oculares, el escorbuto y el catarro; el jugo de las hojas controla los niveles de glucosa y reduce la inflamación glandular.

Corteza del tallo: Como rubefaciente, vesicante, para curar enfermedades oculares y para el tratamiento de pacientes delirantes. Asimismo, previene el agrandamiento del bazo y la formación de glándulas tuberculosas en el cuello, destruye los tumores y sana las úlceras. El jugo de la corteza del tallo alivia los dolores de oídos, se pone en la cavidad dentaria como analgésico y tiene actividad antituberculosa.

Goma o resina: Se emplea para corregir las caries dentales, es astringente y rubefaciente; mezclada con el aceite de ajonjolí, alivia el dolor de cabeza, la fiebre, las molestias intestinales, la disentería, el asma y para tratar a pacientes con sífilis y afecciones reumáticas.

Flores: Poseen alto valor medicinal como estimulante, afrodisíaco y antiinflamatorio. Se emplean para aliviar enfermedades musculares, histeria, tumores, agrandamiento del bazo, para bajar los valores del colesterol, los fosfolípidos, los triglicéridos

Semillas: debido a sus propiedades bactericidas y floculantes, son aplicadas para la purificación del agua en poblaciones donde impera la deficiencia de servicios de salud y agua potable.

3.5.1 Efectos terapéuticos (12)(15)(16)

Recientemente se ha demostrado la presencia, en *Moringa oleífera* (*Moringa*), de importantes fitoquímicos responsables de sus propiedades curativas. En uno de los primeros estudios exhaustivos sobre la composición química de esta especie se reveló que es rica en varias sustancias muy peculiares, como glucosinolatos, isotiocianatos, flavonoides, antocianinas, proantocianidinas y cinamatos; también se incluyó la distribución de fitoquímicos en las distintas partes del árbol.

Varios de los compuestos identificados pueden considerarse nutracéuticos, ya que son útiles tanto en la nutrición como en la salud humana. Por ejemplo, el 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el 4-(α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el isotiocianato de bencilo y el 4-(α -L-ramnopiranosiloxi)-glucosinolato de bencilo presentan actividad anticancerígena, hipotensiva y antibacteriana. El alto contenido de vitaminas, minerales y otros fitoquímicos como vainillina, ácidos grasos omega, carotenoides, ascorbatos, tocoferoles, β -sitosterol, ácido octacosanoico, moringina, moringinina y fitoestrógenos también es un factor importante en los efectos terapéuticos de *Moringa oleífera* (MORINGA)

Actividad antimicrobiana⁽¹⁵⁾

El uso de *Moringa oleífera* (*Moringa*) para el control de diversas infecciones provocadas por microorganismos es bien conocido, y en años recientes se han generado resultados científicos que confirman su actividad antimicrobiana. Estudios in vitro han comprobado la actividad de diferentes partes de la planta sobre los microorganismos patógenos. La inhibición del crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* por extractos acuosos de las hojas fue demostrada por científicos guatemaltecos. Demostraron la actividad antifúngica de aceites esenciales de las hojas y de extractos alcohólicos de las semillas y las hojas contra dermatofitos como *Trichophyton rubro* y *Trichophyton mentagrophytes*. Además, se logró identificar 44 componentes de los aceites esenciales de las hojas que pueden ser utilizados en el desarrollo futuro de fármacos para el tratamiento de enfermedades cutáneas típicas de las áreas tropicales.

Estudios bacteriológicos demostraron la actividad antimicrobiana de los extractos de semillas de moringa, los cuales flocculan bacterias Gram positivas y Gram negativas del mismo modo que lo hacen con los coloides del agua. Su acción

bacteriostática consiste en la interrupción de la membrana celular por inhibición de enzimas esenciales. El principal ingrediente responsable de dicha actividad es el 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el cual tiene acción bactericida sobre varias especies patógenas, incluyendo aislados de *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Legionella* resistentes a antibióticos. La potencia de los isotiocianatos como antibióticos también quedó demostrada en un estudio con *Helicobacter pylori*, que es el causante de úlceras gástricas y duodenales.

En una investigación muy reciente realizada en Kenya se demostró la actividad antimicrobiana de extractos de semillas de *Moringa oleífera* (*Moringa*) sobre las bacterias *Salmonella typhii*, *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli*, causantes de la fiebre tifoidea, el cólera y la gastroenteritis, respectivamente. Los autores de la presente reseña consideran que ese resultado puede tener un gran impacto, ya que se trata de agentes antimicrobianos naturales que constituyen un método barato y sostenible para el control de enfermedades y para mejorar la calidad de vida en comunidades pobres. Debe tenerse en cuenta que, en muchas regiones rurales de los países subdesarrollados, debido al alto costo del cloro y otros desinfectantes, no se les practica ningún tratamiento a las aguas, lo que genera enfermedades provocadas por los microorganismos contaminantes.

Prevención del cáncer ⁽¹²⁾⁽¹⁵⁾

La actividad antitumoral de remedios preparados a partir de las hojas, flores y raíces de *Moringa oleífera* (*Moringa*) es reconocida en la medicina popular. Muchos de los efectos anticancerígenos han sido confirmados científicamente. 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.

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. 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.

Actividad antioxidante⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾

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.

Las diferentes partes de *Moringa oleífera* (Moringa) 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.

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; también se indicó que dichos extractos inhiben la peroxidación lipídica y se propuso a *Moringa oleífera* (Moringa) 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.

La actividad antioxidante de las hojas de *Moringa oleífera* (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.

Los extractos de semillas de *Moringa oleífera* (Moringa) 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 antídoto de las semillas de esta planta se demostró en experimentos con ratas de laboratorio previamente expuestas a arsénico. 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 quelante. 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.

Actividad antiinflamatoria⁽¹⁵⁾

De *Moringa oleífera* (Moringa) se han aislado 36 compuestos que presentan actividad antiinflamatoria, entre ellos alcaloides, glucosinolatos e isocianatos. 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. Los extractos de las semillas suprimen varios mediadores inflamatorios involucrados en la artritis crónica. Los flavonoides de moringa incrementan la densidad ósea, lo que permite prevenir la osteoporosis.

Actividad hipoglucemiante y antihipertensiva⁽¹⁵⁾

En la India se investigaron 30 plantas medicinales, a las que los sistemas de medicina Ayurveda, Unani y Siddha les atribuían actividad hipoglucemiante; el estudio confirmó que 24 de ellas provocaban una disminución en la concentración de glucosa en la sangre de ratas albinas, y una de las especies con mayor efecto hipoglucemiante resultó ser *Moringa oleífera* (Moringa)

Por otra parte, en un estudio realizado por científicos pakistaníes se demostró que la responsabilidad por la actividad antihipertensiva de la moringa recae en glucósidos de tiocarbamato y de isotiocianato, así como en el β -sitosterol y el p-hidroxibenzoato de metilo. Ese resultado coincide con un reporte previo que reveló la actividad antihipertensiva de los glucósidos de tiocarbamato aislados de *Moringa oleífera* (Moringa).

El alto contenido de vitaminas en la moringa es esencial en su uso para la terapia de la diabetes. La vitamina D es fundamental para el funcionamiento correcto del páncreas y la secreción de insulina. La presencia de β -caroteno reduce el riesgo de ceguera en diabéticos. La vitamina B-12 es útil en el tratamiento de la neuropatía diabética y la vitamina C previene la acumulación de sorbitol y la

glicosilación de las proteínas, dos factores muy importantes en el desarrollo de complicaciones diabéticas como las cataratas.

3.6 TOXICIDAD ⁽⁴⁾

Los estudios científicos acerca de la toxicidad de las diversas partes anatómicas de Moringa son escasos, por lo que existe incertidumbre por la presencia de sustancias potencialmente tóxicas y los efectos adversos que pudiera causar su consumo dentro de la dieta diaria.

Entre las sustancias tóxicas encontradas, se resaltan los alcaloides moringina, moringinina, espiroquina y el fitoquímico bencil isotiocianato, presentes principalmente en la raíz y corteza, mientras que la hoja es posiblemente la más segura para su consumo.

La corteza es utilizada con diversos fines terapéuticos y paliativos, sin embargo, se ha probado que producen úlceras y pápulas peligrosas en zonas delicadas como los ojos, la piel del rostro y la tráquea por su acción rubefaciente y vesicante.

El triturado de la corteza del árbol de Moringa oleífera, contiene una sustancia abortiva que causa violentas contracciones uterinas capaces de inducir la muerte del feto. El aumento de concentración o actividad en glucógeno, proteínas, colesterol, fosfatasa ácida y alcalina, así como los cambios histológicos observados durante los primeros días del embarazo pueden explicar sus propiedades anticonceptivas naturales atribuidas al bencil isotiocianato y moringinina, cuyo mecanismo de acción se relaciona, aparentemente con un receptor de hormona folículo estimulante (FSH).

Raíz. El interior de la raíz puede tener un potencial tóxico si se consume en grandes cantidades, aunque ya se haya retirado la corteza. Esto se debe a la presencia de espiroquina un alcaloide que provoca taquicardia que también

afectan el SNC y paralizan el nervio vago, causando paro cardiorrespiratorio, además de causar daños en la función renal.

Los cotiledones de la semilla presentan efectos tóxicos por inhibición de la enzima acetilcolinesterasa, el efecto tóxico probablemente debido a los constituyentes antimicrobianos; sin embargo, se considera que no constituye un riesgo para la salud humana a las concentraciones utilizadas con propósitos nutricionales, medicinales o de purificación de agua (2).

3.7 FORMAS FARMACEUTICAS (16) (17)

Se denominan preparados farmacéuticos, formas medicamentosas, formas farmacéuticas o de dosificación, o simplemente preparados a los productos elaborados a partir de las drogas para poder ser administradas al organismo. Estos preparados pueden tener una o varias drogas y son confeccionadas por el farmacéutico o la industria farmacéutica. Existen en estado sólido, semisólido, líquido y gaseoso, soluciones, suspensiones, emulsiones o dispersiones coloidales. En general las drogas poseen tres nombres principales:

- a) Nombre químico.
- b) Nombre genérico.
- c) Nombre registrado.

Antes de comenzar a desarrollar la temática es necesario el conocimiento de los siguientes conceptos:

FARMACO: toda sustancia con composición química definida que presente una actividad terapéutica; también puede denominarse principio activo.

EXCIPIENTE: aquella materia que, incluida en las formas galénicas, se añade a las sustancias medicinales o a sus asociaciones para servirles

de vehículo, posibilitar su preparación y estabilidad, modificar sus propiedades organolépticas o determinar las propiedades fisicoquímicas del medicamento y su biodisponibilidad.

FORMA FARMACEUTICA: disposición individualizada a la que se adaptan las sustancias medicinales y los excipientes para construir un medicamento; también se denominan “formas galénicas” o “formas de dosificación”.

MEDICAMENTO: sustancia medicinal y sus asociaciones o combinaciones destinadas a la utilización en las personas o en los animales, que se presente dotada de propiedades para prevenir, diagnosticar, tratar, aliviar, o curar enfermedades o dolencias, o para afectar a funciones corporales o al estado mental.

ESPECIALIDAD FARMACEUTICA REGISTRADA: es el medicamento de composición e información definida, de forma farmacéutica dosificación determinadas, preparada para su uso medicinal inmediato dispuesto y acondicionado para su dispensación al público, con denominación, embalaje, envase y etiquetado uniformes, al que la Administración del Estado otorgue autorización sanitaria e inscriba en el Registro de Especialidades Farmacéuticas.

FORMULA MAGISTRAL: es el medicamento destinado a un paciente individualizado, preparado por el farmacéutico, o bien bajo su dirección, para cumplimentar expresamente una prescripción facultativa detallada de las sustancias medicinales que incluye, según las normas técnicas y científicas del arte farmacéutico, dispensado en su farmacia o servicio farmacéutico y con la debida información al usuario.

PREPARADO OFICIAL: constituye el medicamento elaborado y garantizado por el farmacéutico o bajo su dirección, dispensado en su farmacia o servicio farmacéutico, enumerado y descrito por el Formulario Nacional, y destinado a

su entrega directa a los enfermos a los que abastece dicha farmacia o servicio farmacéutico.

3.7.1 FORMAS FARMACEUTICAS PARA ADMINISTRACION ORAL

La vía oral constituye la vía más utilizada de administración de fármacos. En la administración de medicamentos por esta vía, la forma galénica, los excipientes y las condiciones de fabricación desempeñan un importante papel en relación con la liberación del principio activo en la luz del tubo digestivo y también en lo relativo a la velocidad de absorción en el organismo. Las formas de administración oral se subdividen, en función de su estado físico, en formas líquidas y formas sólidas.

3.7.2 FORMAS SOLIDAS

Ventajas:

- Más estables tanto química como biológicamente, que las líquidas.
- Mayor rendimiento en una producción industrializada.

Inconvenientes:

- Es más difícil el ajuste de la dosificación.
 - Producción industrializada más compleja.
1. Polvos: son preparaciones constituidas por partículas sólidas, libres, secas y más o menos finas. Contienen uno o más principios activos, con adición o no de excipientes y, si es necesario, colorantes autorizados por la Autoridad competente, y aromatizantes. Se administran generalmente en o con agua u otros líquidos apropiados. En algunos casos, pueden también ingerirse directamente. Se deben conservar en recipientes herméticamente cerrados para evitar el ataque de la humedad.

2. Granulados: los granulados son preparaciones constituidas por agregados sólidos y secos de partículas de polvo, suficientemente resistentes para permitir su manipulación. Algunos granulados se ingieren como tales, otros se mastican y otros se disuelven o se dispersan en agua o en otros líquidos apropiados antes de ser administrados. Contienen uno o más principios activos, adicionados o no de excipientes y, si es necesario, de colorantes autorizados por la Autoridad competente.
3. Bolsas y sobres: formas farmacéuticas sólidas de administración por vía oral, constituidas por un polvo o granulado envasado de forma unitaria en un receptáculo, bolsa o sobre, que es el que proporciona la denominación.
4. Cápsulas: formas farmacéuticas sólidas de administración por vía oral, protegidas por cubiertas formadas principalmente por gelatina (capsulas de gelatina duras) o mezclas de gelatina y glicerina (capsulas de gelatina blandas). En el primero de los casos, los receptáculos son de tamaño variable y finas paredes; están formados por dos partes, cuerpo y tapa, dentro de los cuales se introducen los fármacos y excipientes, que deben encontrarse en estado sólido. Es una forma sólida muy utilizada en la formulación magistral.
5. Tabletas: formas farmacéuticas sólidas, rígidas, destinadas a desleírse lentamente en la boca. Se utilizan para conseguir efectos locales.
6. Comprimidos: los comprimidos son preparaciones sólidas, cada uno de los cuales contiene una unidad de dosificación de uno o más principios activos. Generalmente son cilindros compactos cuyos extremos son planos o convexos y cuyos bordes pueden ser biselados. Pueden llevar hendiduras para su división, un símbolo u otras marcas.
7. Formas recubiertas: son formas obtenidas mediante el recubrimiento de núcleos, con diversos fines: evitar efectos indeseables del fármaco a nivel gástrico, enmascarar las características organolépticas desagradables.

3.8 CAPSULAS

La primera cápsula en ser inventada fue la de gelatina blanda por el farmacéutico francés Mothes en 1833. Un año después Du Blanc realizo mejoras a las capsulas de gelatina blanda. En 1834 la patente de las capsulas de gelatina blanda fue asignada a Mothes y Du Blanc.

Lehuby desarrollo las cápsulas de gelatina dura, la cual patento en 1846. Posteriormente en 1848 Murdock creo la cápsula de gelatina dura de dos piezas, la cual fue patentada en 1865.

Inicialmente las cápsulas únicamente eran empleadas en la dosificación de pocos fármacos, sin embargo, a partir de los primeros años del siglo XIX se incrementó su aplicación. En la actualidad es una de las formas farmacéuticas más aceptadas debido a que se consideran elegantes, fáciles de transportar, de administrar entre otras características que las han hecho muy demandadas.

En nuestros días la gelatina empleada en la manufactura de cápsulas se obtiene de material colágenos mediante hidrolisis.

3.8.1 CLASIFICACION DE LAS CAPSULAS:

Existen dos formas de clasificar a las cápsulas. La primera toma en cuenta el tipo de acabado final de la cápsula, con lo que encontramos a las cápsulas de gelatina dura o rígida y las de gelatina blanda o flexible.

Una segunda opción de clasificación de las cápsulas se establece tomando en consideración el mecanismo de liberación del fármaco contenido en las mismas, aquellas que se desintegran rápidamente y liberan el fármaco en menos de 45 minutos. Las cápsulas de liberación controlada son aquellas que se desintegran rápidamente sin embargo el fármaco se disuelve lentamente.

3.8.2 CAPSULAS DE GELATINA DURA

Las cápsulas duras tienen cubiertas formadas por dos partes cilíndricas prefabricadas, en las cuales uno de los extremos es redondeado y está cerrado y el otro está abierto.

Las cápsulas de gelatina dura se componen de mezclas de gelatinas A y B con un máximo del 0.15% de dióxido de azufre (para prevenir la descomposición de la gelatina), agua purificada, colorantes aprobados y cuando se requiere cápsulas que impidan el paso de la luz para proteger al fármaco, se adiciona dióxido de titanio como opacificante.

Las cápsulas de gelatina dura tienen un 12% a 16% de agua. Si la humedad es inferior a 12% las cápsulas se toman quebradizas, y por el contrario cuando el porcentaje de agua es superior al 16% las capsulas se tornan flácidas y pierden su forma.

3.8.3 DOSIFICADO DE CAPSULAS DE GELATINA DURA:

El proceso de dosificación de capsulas de gelatina dura puede realizarse de forma semiautomática o automática. En el caso particular de las capsulas de gelatina dura es común que sean empleadas para dosificar polvos o granulados. Sin embargo, pueden dosificarse también tabletas o micro esferas.

Dosificado semiautomático:

Empleado durante la fase de desarrollo de la forma farmacéutica, en la preparación de materiales para estudios clínicos. Se emplean llenadoras que dosifican de 50 a 300 capsulas a la vez. El procedimiento por seguir durante la operación consiste en las siguientes etapas:

1. Colocar las capsulas vacías en el soporte base de la máquina. La cabeza de las capsulas deben quedar en la parte superior del soporte.
2. Montar el soporte con las cápsulas en la base de la maquina

3. Sujetar el cuerpo de la cápsula a la base de la máquina y posteriormente separar la cabeza del cuerpo.
4. Dosificar el polvo o granulado correspondiente en el interior de las cápsulas.
5. Desprender las capsulas dosificadas de maquina encapsuladora.
6. Limpiar las cápsulas.
7. Proceder al acondicionamiento.

Dosificado automático:

Se emplean máquinas automáticas que en forma continúan separan capsulas, dosifican el contenido, unen las capsulas, las limpian y colectan en contenedores.

En ambos casos una vez que se concluye el proceso de dosificación de capsulas, el departamento de aseguramiento de la calidad procede al muestreo y análisis de las mismas.

Dosificado manual: METODO DEL PICOTEO

- En base a los resultados obtenidos de fluidez seleccionar la combinación más adecuada del método de incorporación la cual será la que presente la mayor fluidez.
- Incorporar el principio activo y excipientes.
- Realizar los cálculos para determinar el número de capsula utilizando el cuadro de capacidades de capsulas y la cantidad de materia prima para cada capsula utilizando el volumen aparente previamente obtenido.
- Colocar en papel glassin los polvos en forma de maqueta y aplanar con una espátula hasta una altura que llegue a la mitad del cuerpo de la capsula.
- Tomar el cuerpo de la capsula vacía, destapar y llenar capsula por el método de picoteo: tomar capsula vacía con la mano derecha, con la mano izquierda retirar la tapa y con movimiento rápido y ligera rotación se aprieta el polvo hasta llenar el cuerpo, luego se tapa.

- Eliminar el polvo que pueda permanecer adherido a las capsulas con una franela o papel toalla.
- Pesar capsulas llenas en balanzas semianalitica.

3.8.4 CARACTERIZACION DE LAS CAPSULAS DE GELATINA DURA

La caracterización de las capsulas tiene como objeto el evaluar las cualidades del producto con respecto al proceso y garantizar su uniformidad en fabricación del lote a lote.

Los parámetros a evaluar son: descripción, dimensiones, peso promedio, variación de peso, contenido de fármaco, uniformidad de contenido, tiempo de desintegración, porcentaje de disolución del fármaco, humedad y limites microbianos.

Los excipientes más usados en la fabricación de capsulas son los diluyentes (lactosa, manitol, carbonato de calcio y almidón de maíz) y los lubricantes (estearato de magnesio y calcio).

3.9 METODO

Cromatografía de capa fina ⁽⁷⁾

La cromatografía en capa fina (en inglés thin layer chromatography o TLC) es una técnica analítica rápida y sencilla, muy utilizada en un laboratorio de Química Orgánica. Entre otras cosas permite:

- Determinar el grado de pureza de un compuesto.
- Comparar muestras.
- Realizar el seguimiento de una reacción.

La muestra por analizar se deposita cerca de un extremo de una lámina de plástico o aluminio que previamente ha sido recubierta de una fina capa de adsorbente (fase estacionaria). Entonces, la lámina se coloca en una cubeta cerrada que contiene uno o varios disolventes mezclados (eluyente o fase móvil). A medida que la mezcla de disolventes asciende por capilaridad a través

del adsorbente, se produce un reparto diferencial de los productos presentes en la muestra entre el disolvente y el adsorbente.

Adsorbentes y Eluyentes

Los dos adsorbentes (fase estacionaria) más ampliamente utilizados son la gel de sílice (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), ambas de carácter polar. La alúmina anhidra es el más activo de los dos, es decir, es el que retiene con más fuerza a los compuestos; por ello se utiliza para separar compuestos relativamente apolares (hidrocarburos, haluros de alquilo, éteres, aldehídos y cetonas). El gel de sílice, por el contrario, se utiliza para separar sustancias más polares (alcoholes, aminas, ácidos carboxílicos). El proceso de adsorción se debe a interacciones intermoleculares de tipo dipolo-dipolo o enlaces de hidrógeno entre el soluto y el adsorbente. El adsorbente debe ser inerte con las sustancias a analizar y no actuar como catalizador en reacciones de descomposición. El adsorbente interacciona con las sustancias mediante interacción dipolo-dipolo o mediante enlace de hidrógeno si lo presentan.

El orden de elución de un compuesto se incrementa al aumentar la polaridad de la fase móvil o eluyente. Este puede ser un disolvente único o dos miscibles de distinta polaridad. En el siguiente recuadro se recoge por orden creciente de fuerza eluyente los disolventes más comúnmente empleados.

Hexano < tetraclorometano < cloroformo < diclorometano < acetato de etilo < acetona < 2-propanol < metanol < agua

En general, estos disolventes se caracterizan por tener bajos puntos de ebullición y viscosidad, lo que les permite moverse con rapidez. Raramente se emplea un disolvente más polar que el metanol. Usualmente se emplea una mezcla de dos disolventes en proporción variable; la polaridad de la mezcla será el valor promediado en función de la cantidad de cada disolvente empleada. El eluyente idóneo para cada caso ha de encontrarse por "el método del ensayo y del error".

Determinación del Rf

La retención se puede explicar en base a la competencia que se establece entre el soluto a separar y la fase móvil por adsorberse a los centros activos polares de la fase estacionaria. Así, las moléculas de soluto se encuentran adsorbidas en la fase estacionaria y a medida que se produce la elución van siendo desplazadas por la fase móvil. La retención y la selectividad en la separación dependen de los valores respectivos de las constantes de los diferentes equilibrios químicos que tienen lugar, que están en función de:

- **La polaridad del compuesto:** determinada por el número y naturaleza de los grupos funcionales presentes. Los solutos más polares quedarán más retenidos puesto que se adsorben más firmemente a los centros activos de la fase estacionaria, mientras que los no polares se eluirán con mayor facilidad.

- **Naturaleza del disolvente.** Así, para un mismo compuesto, un aumento en la polaridad del disolvente facilita su desplazamiento en la placa.

La relación entre las distancias recorridas por el soluto y por el eluyente desde el origen de la placa se conoce como Rf, y tiene un valor constante para cada compuesto en unas condiciones cromatográficas determinadas (adsorbente, disolvente, tamaño de la cubeta, temperatura, etc.). Debido a que es prácticamente imposible reproducir exactamente las condiciones experimentales, la comparación de una muestra con otra debe realizarse eluyendo ambas en la misma placa.

Para calcular el Rf se aplica la siguiente expresión:

Rf = distancia recorrida por el compuesto (X) / distancia recorrida por el eluyente (Y)

La distancia recorrida por el compuesto se mide desde el centro de la mancha. Si ésta es excesivamente grande se obtendrá un valor erróneo del Rf. Se

recomienda elegir un eluyente en el que los componentes de la mezcla presenten un R_f medio en torno a 0.3-0.5.

Para compuestos poco polares, se debe utilizar un disolvente apolar como el hexano. En el caso de compuestos con polaridad media, se aconseja utilizar mezclas hexano/acetato de etilo en distintas proporciones. Los productos más polares, requieren disolventes más polares como mezclas de diclorometano/metanol en distintas proporciones.

Revelado de las placas

La mayor parte de las placas de cromatografía llevan un indicador fluorescente que permite la visualización de los compuestos activos a la luz ultravioleta (254 nm). El indicador absorbe la luz UV y emite luz visible. La presencia de un compuesto activo en el UV evita que el indicador absorba la luz en la zona en la que se encuentra el producto, y el resultado es la visualización de una mancha en la placa que indica la presencia de un compuesto. En el caso de compuestos que no absorben luz UV, la visualización (o revelado) del cromatograma requiere utilizar un agente revelador. Este tiene que reaccionar con los productos adsorbidos proporcionando compuestos coloreados.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio:

La presente investigación se catalogó como un estudio:

Retrospectivo: porque se recopiló información consultada en diferentes bibliografías, internet e información de trabajos de graduación anteriores sobre la temática en estudio.

Prospectivo: porque se buscó que la información fuera de utilidad y aplicada en futuros trabajos.

Experimental: porque se estableció a través del desarrollo del análisis de las muestras en el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, si las muestras estudiadas estaban adulteradas y/o falsificadas.

4.2 Investigación Bibliográfica

Se realizaron consultas en las siguientes bibliotecas:

- Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador
- Central de la Universidad de El Salvador.
- Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. USAM
- Internet.

4.3 Investigación de campo

Se realizaron visitas a los mercados de San Martín, Ciudad delgado, Zacamil, San Marcos, San Miguelito, Central y Soyapango con el objetivo de observar de cuantas marcas de Moringa oleífera tenían en existencia y si había diferentes muestras de la planta en venta.

Universo: plantas medicinales comercializadas en los mercados de San Salvador.

Muestra: cápsulas de hojas de *Moringa* tanto a granel como en frasco y material vegetal seleccionados en diferentes mercados del área metropolitana de San Salvador.

4.3.1 Visitas y Entrevistas a los diferentes mercados de San Salvador.

Se entrevistó a los vendedores sobre la actividad medicinal para la cual ellos sugieren esta planta, para lo cual se realizaron las siguientes preguntas.

Preguntas que se hicieron a los vendedores.

1. ¿Para qué sirve la moringa?
2. ¿Cómo me la puedo tomar?
3. ¿Por cuánto tiempo la puedo tomar?

4.3.2 Métodos de recolección de datos:

Para la recolección de muestras se efectuaron visitas previas a siete mercados de San Salvador y luego se definió la cantidad de muestras que se adquirirían en cada uno de ellos, mediante el siguiente estadístico:

Método de aleatorio simple⁽⁶⁾: es el método estadístico de selección de muestras más sencillo y conocido se caracteriza porque otorga la misma probabilidad de ser elegidos a todos los elementos de la población.

Se aplicó la siguiente fórmula cuando no se sabe el número exacto de unidades del que está compuesta la población.

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

Donde:

η : tamaño de la muestra

Z: es el nivel de confianza, su valor es una constante y en la tabla de distribución normal se ocupa el valor de 1.96 para el 95% de confiabilidad y 5% de error.

p. q: es la probabilidad de que ocurra el evento (p) y la que no se realice(q); siempre tomando en consideración que la suma de ambos valores p.q seria invariablemente siempre igual a 1, cuando no se cuenta con suficiente Información se le asigna p=0.5 y q= 0.5

d: representa el limite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09).

Una vez establecido los valores adecuados, se realizó la sustitución de los valores y aplicación de la fórmula para obtener el tamaño de la muestra poblacional.

$$\eta = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

Donde:

η = tamaño de la muestra

z^2 = nivel de confianza= 1.96

P= variabilidad positiva= 0.5

q= variabilidad negativa= 0.5

d^2 = precisión o error admitido= 0.02

$$\eta = \frac{(1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.02)^2}$$

η = 24.5 \approx 25 muestras

4.3.3 Recolección de las muestras en los 7 Mercados del área Metropolitana.

De acuerdo con las visitas realizadas; los mercados seleccionados para el estudio fueron: Mercado Central, San Miguelito, San Marcos, Soyapango, Ciudad Delgado, Zacamil y San Martín.

El número de muestras que se recolectaron en cada mercado fue de acuerdo con: La afluencia de compradores

El número de puestos que comercializan plantas medicinales y especialmente Moringa.

4.3.4. Clasificación de las muestras

Las muestras se clasificaron de acuerdo a si se trataban de: material vegetal, como hojas y semillas por separado y las cápsulas (a granel y envasadas)

Cuadro N°1 Total de muestras que se recolectaron en cada mercado.

Nombre del Mercado	Muestras de capsulas en frasco	Muestras de capsulas a granel	Muestras de hojas	Muestras de semillas	Total
Mercado Zacamil	0	0	0	3	3
Mercado San Martin	0	0	2	0	2
Mercado de Ciudad Delgado	0	0	2	0	2
Mercado de San Marcos	0	0	1	0	2
Mercado San Miguelito	0	1	1	1	3
Mercado Central	4	0	1	1	6
Mercado de Soyapango	0	5	1	1	7

4.4 Tratamiento previo a las muestras

Semillas:

1. Limpiar y eliminar la cubierta blanca de las semillas
2. Triturar las semillas en mortero
3. Pesar 5.0 g de semillas en balanza granataria.

Hojas secas:

1. Cortar las hojas en fracciones pequeñas
2. Pesar 5.0 g de hojas fraccionadas

Cápsulas:

1. Abrir las capsulas correspondientes a cada muestra para obtener su contenido
2. Pesar el equivalente de 5.0 g del contenido de las capsulas para realizar las extracciones.

4.4.1 Obtención de los extractos de las 25 muestras (Semillas, hojas, capsulas en frasco y capsulas a granel)

Procedimiento:

1. Pesar 5.0 g de cada una de las muestras
2. Colocarla en un balón fondo redondo de 250 mL,
3. Agregar etanol 90° hasta cubrir la muestra más un exceso aproximado de 25 mL.
4. Realizar la extracción refluja durante 2 horas a temperatura controlada de (70°C) hasta agotar la muestra.
5. Filtrar. Enfriar y envasar los extractos en frascos de 120 ml ámbar bien cerrados, rotulados y almacenarlos a temperatura ambiente.

Se obtuvieron 25 extractos, 15 de material vegetal seco (hojas y semillas por aparte) y 10 extractos de las muestras en cápsulas (a granel y en frasco). (Ver figura N° 8)

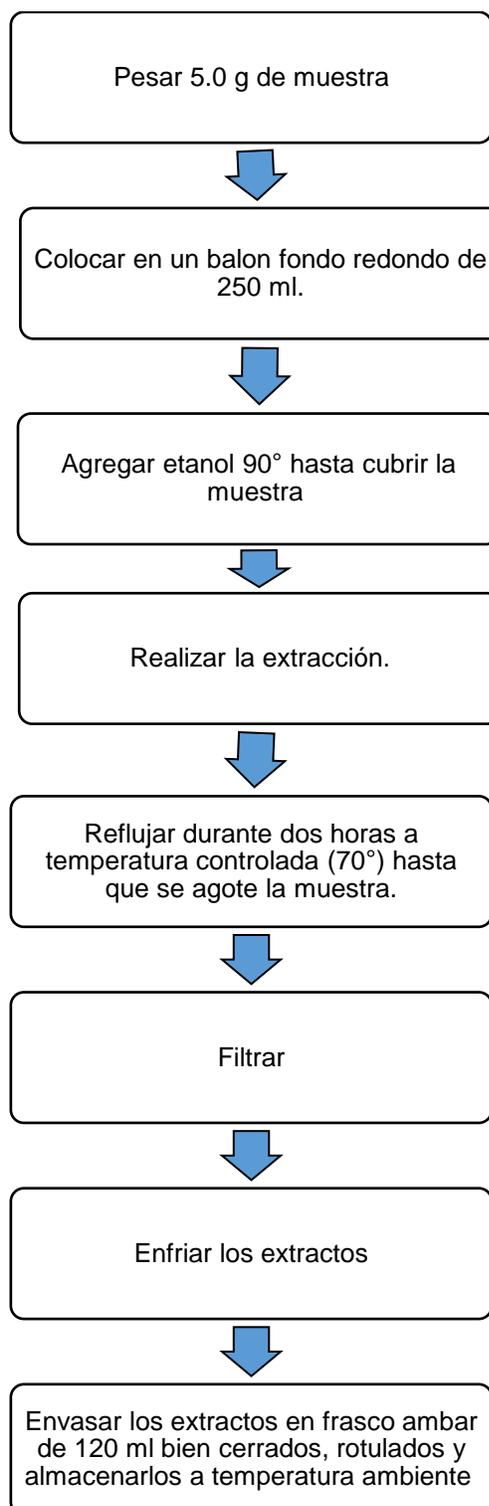


Figura N° 8 Esquema de la obtención de los extractos de las muestras

4.5 Obtención de los Estándares de trabajo.

Los estándares de trabajo fueron proporcionados por el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales de la Universidad de El Salvador los cuales fueron obtenidos de la misma manera que la muestra. (Ver figura N°9)

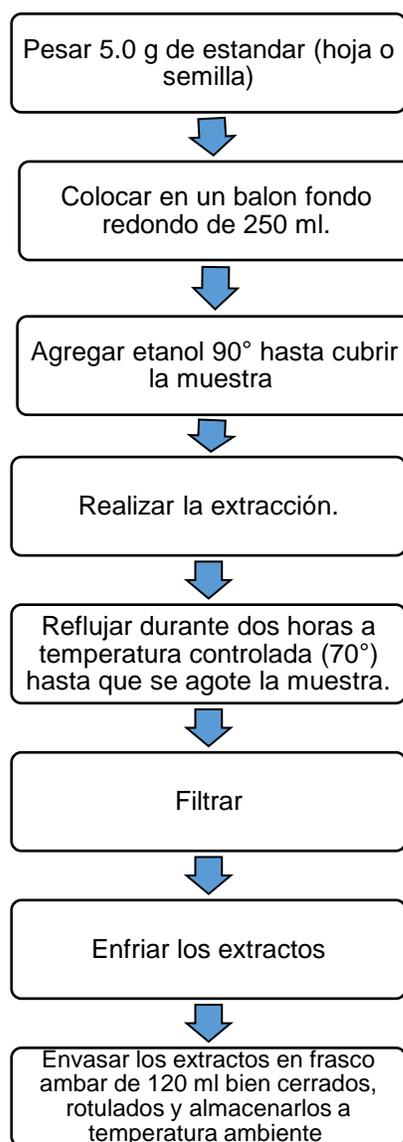


Figura N° 9 Esquema de la obtención de los extractos de los Estándar (hoja o Semilla)

4.5.1 Desarrollo de Análisis de Cromatografía en Capa Fina

Muestras: 25 extractos etanólicos 90° (7 extractos de semillas, 8 extractos de hojas; y 10 extractos de las muestras en cápsulas a granel y en frasco)

Estándares de Referencias:

St1: extracto etanólico de hojas.

St2: extracto etanólico de semilla.

Estos fueron proporcionados por el Laboratorio de Investigación en Productos Naturales de la Facultad de Química y Farmacia.

Fase Móvil: n-Hexano – Acetato de etilo (1:1)

Reactivo Revelador: Vainillina al 1% – H₂SO₄ 5%

Preparación Reactivo Revelador:

Solución A: vainillina al 1% en etanol 95°

Solución B: H₂SO₄ 5% en etanol 95°

Mezclar en partes iguales solución A y B y utilizar.

Para la cromatografía capa fina se realizaron los cromatogramas de acuerdo a al tipo de muestra a analizar (ver Cuadro N°1).

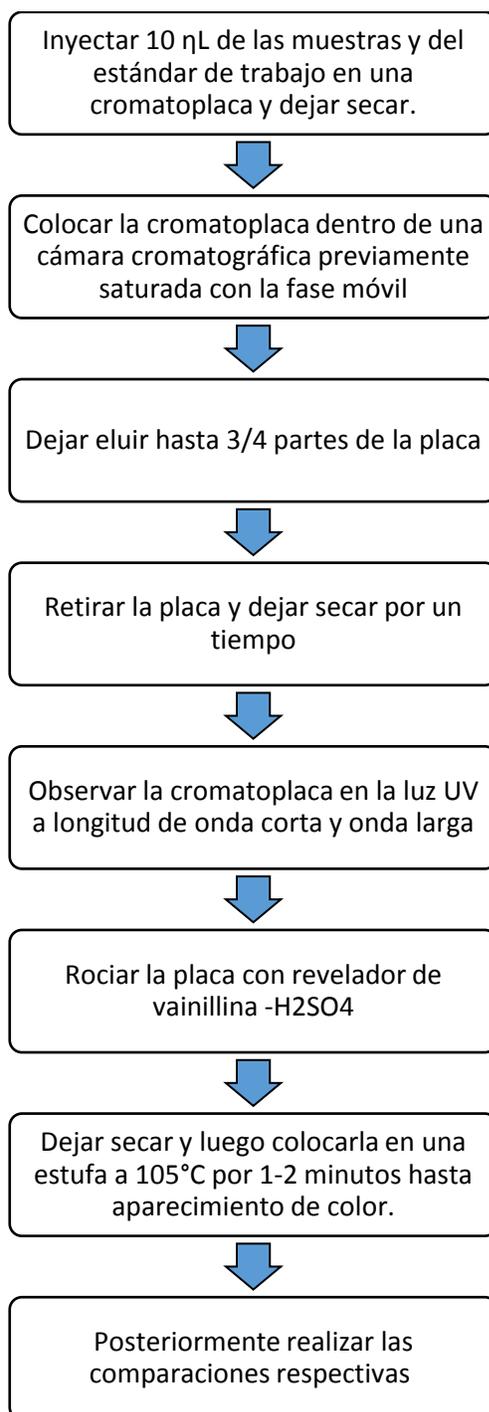


Figura N° 10 Marcha analítica de la cromatografía capa fina.

CAPITULO V.
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1

A continuación, se presentan los resultados de los análisis realizados a las 25 muestras en estudio, mediante la presentación de la fotografía de los cromatogramas, tanto del estándar de trabajo como de cada una de las muestras de *Moringa oleífera* (MORINGA) recolectados en los diferentes mercados de San Salvador.

Las cromatografías se realizaron colocando en la misma cromatoplaaca el estándar de trabajo y las muestras correspondiente a cada mercado, con el objetivo de poder visualizarlas mejor. La interpretación de los resultados se realizó en base a comparación de las manchas del cromatogr ama de las muestras con respecto al cromatogr ama del estándar de trabajo y se clasificaron de la siguiente manera:

Adulteración: Es la degradación de cualquier artículo y entraña una serie de factores: inferioridad, inutilización, deterioro, mezcla y sustitución. Desde el punto de vista del comercio actual, las drogas de calidad inferior, manchadas o deterioradas constituye el mayor porcentaje de casos de adulteración, pero antiguamente a muchas drogas se les agregaban sustancias que no tenían ninguna relación con ellas. En algunos casos, además, una droga era sustituida íntegramente por otra de menor calidad.

Falsificación: Es aquella en la cual se ha sustituido (de forma intencionada) totalmente la droga declarada por otra, con fines fraudulentos.

En cuanto a la adulteración, esto se debe o puede ser producida por varias causas tales como: recolección del material vegetal ya que muchas veces no se tiene el cuidado de cortar la planta adecuadamente por ejemplo: en el caso de la *Moringa oleífera* (Moringa) como se utilizan las hojas, cortan las ramas caen al suelo y desde este momento se pueden mezclar con otras impurezas como tierra

u otras plantas cercanas, puede ocurrir también al utilizar plantas parecidas o de otra especie a la que se necesita.

El secado y el molido es importante realizarlo adecuadamente, por este motivo muchas muestras encapsuladas presentan colores diferentes sobre todo de las hojas, además no estaban finamente molidas, de igual manera es importante las condiciones de almacenamiento tanto de las drogas crudas como de sus productos.

En el cuadro N° 2 se presenta la información de cada muestra recolectada en los mercados, el código de muestra corresponde a la codificación que se le dio a cada una de ellas y está formada por una letra y un número siguiendo el correlativo del abecedario. De las 25 muestras 7 son de semillas, 8 son de hojas secas trituradas y 10 en forma de cápsula de los cuales 6 son a granel y 4 en frascos.

En el Mercados de Soyapango y Mercado Central se colectaron la mayor cantidad de muestras para el estudio, debido a que se comercializan más plantas medicinales.

Cuadro N°2. Recolección de muestras con marca o nombre y código asignado a cada muestra.

Mercado	Código de muestra	Nombre y/o número de puesto	Muestra a utilizar
San Martín	A1	El Porvenir	Hojas
	A2	La Bendición	Hojas
Ciudad Delgado	B1	Puesto #27	Hojas
	B2	Puesto #33	Hojas
Zacamil	C1	Puesto # 49	Semillas
	C2	Puesto #48	Semillas
	C3	Puesto #47	Semillas
San Marcos	D1	Medicina natural	Hojas
	D2	Especies	Semillas
San Miguelito	E1	Especies Carmen	Capsulas a granel de hojas
	E2	Especies toñita	Hojas
	E3	El mundo de las especies	Semillas
Central	F1	El edén	Hojas
	F2	San Simón	Capsulas en frascos (hojas)
	F3	Medicina Elizabeth	Capsulas en frascos (hojas)
	F4	Medicina merino	Capsulas en frasco (hojas)
	F5	El edén	Capsulas en frasco (hojas)
	F6	Saraí	Semillas
Soyapango	G1	Puesto #29	Capsulas a granel de hojas
	G2	Puesto #36	semillas
	G3	Puesto #38	Capsulas a granel de hojas
	G4	Puesto #40	Capsulas a granel de hojas
	G5	Venta de especies y productos naturales	Capsulas a granel de hojas
	G6	Puesto #40	hojas
	G7	La fe	Capsulas a granel de hojas

Cuadro N° 3. Observaciones realizadas a las muestras.

Mercado	Código de muestra	Muestra a utilizar	Observaciones de la muestra	Observaciones del contenido de cápsula si aplica
San Martín	A1	Hojas	Hojas de color verde con piedritas	N/A
	A2	Hojas	Hojas secas de color verde	N/A
Ciudad Delgado	B1	Hojas	Hojas secas de color verde	N/A
	B2	Hojas	Hojas secas color verde con ramitas fraccionadas.	N/A
Zacamil	C1	Semillas	Semillas de color negro	N/A
	C2	Semillas	Semillas de color café claro	N/A
	C3	Semillas	Semillas de color café claro	N/A
San Marcos	D1	Hojas	Hojas secas color verde con piedritas	N/A
	D2	Semillas	Semillas de color café claro	N/A
San Miguelito	E1	Cápsulas a granel de hojas	Las cápsulas las sacaron de un frasco ya que las venden por unidad. Color de la cápsula es transparente	Son hojas trituradas de color verde
	E2	Hojas	Las muestras de las hojas traen pequeñas piedritas y no traen instrucciones	N/A
	E3	Semillas	Las semillas vienen en una bolsita y unas son de color negro y otras de color café claro	N/A

N/A: no aplica

Cuadro N° 3. Observaciones realizadas a las muestras.

Mercado	Código de muestra	Muestra a utilizar	Observaciones de la muestra	Observaciones del contenido de cápsula si aplica
Central	F1	Hojas	Hojas color verde tienen trocitos de corteza, no trae instrucciones.	No aplica
	F2	Cápsulas de hojas en frasco	El frasco en el que vienen las cápsulas trae sello de seguridad. Numero de cápsula 0 color transparente	Contiene un polvo color café oscuro.
	F3	Cápsulas de hojas en frasco	El frasco en el que vienen las cápsulas trae sello de seguridad. Numero de cápsula 0 color transparente	Es un triturado color café
	F4	Cápsulas de hojas en frasco	El frasco en el que vienen las cápsulas trae sello de seguridad. Numero de cápsula 0 color transparente	Es muestra molida café claro tiene apariencia de aserrín, al abrir las capsulas tienen trocitos de ramas.
	F5	Cápsulas de hojas en frasco	Numero de cápsula 0 color transparente; cabeza de cápsula color verde y cuerpo transparente.	Es hoja molida y se ven pedazos de hojas y ramitas fraccionadas.
	F6	Semillas	Semillas de color negro	No aplica
Soyapango	G1	Cápsulas de granel de hojas	Numero de cápsula 0 color transparente	Polvo fino color verdes
	G2	Semillas	Semillas color café claro	No aplica
	G3	Cápsulas a granel de hojas	Numero de cápsulas 0 color transparente	Polvo triturado con pedacitos de palito
	G4	Cápsulas a granel de hojas	Numero de cápsulas 0 color transparente	Hojas molidas con pedazos de palitos
	G5	Cápsulas a granel de hojas	Numero de cápsulas 0 color transparente	Hojas molidas con pedazos de palitos
	G6	Hojas	Hojas secas de color verde, café y presentan pedacitos de palitos	No aplica
	G7	Cápsulas a granel de hojas	Numero de cápsula 0 color transparente	Hojas molidas con pedazos de palitos

El cuadro N° 3 resume algunas observaciones sobre cada muestra.

En el caso de las cápsulas, se puede observar que el llenado de estas ha sido realizado manualmente por el método de picoteo pero no adecuadamente como en el caso de la muestra G7 del mercado de Soyapango que al abrirlas estaban muy presionadas; al respecto de su contenido, en la muestra G4 se observó las hojas trituradas no molidas solamente fraccionado, en las demás muestras encapsuladas las hojas estaban como aserrín quiere decir con tamaño de partículas no adecuado y de colores diferentes lo que indica que la recolección y secado no ha sido realizado siguiendo las técnicas farmacognósticas, tomando en consideración cuando se trata de hojas.

En el anexo N°3 se presentan las condiciones que tiene cada muestra encapsulada, algunas mostraron pedacitos de ramas, lo que indica que el proceso de molido no cumple el tamaño de partículas adecuado.

Entrevista Realizada a los Vendedores. (Ver anexo 9)

En el cuadro N°4 se presentan los resultados obtenidos de la entrevista que se realizó a los vendedores al momento que se compraron las muestras en cada mercado, se hicieron 3 preguntas.

1. ¿Para qué sirve la moringa?
2. ¿Cómo me la puedo tomar?
3. ¿Por cuánto tiempo la puedo tomar?

Cuadro N° 4. Entrevista realizada a vendedores

Mercado	Código de muestra	Muestra a utilizar	Respuestas a la entrevista
San Martín	A1	Hojas	1. Sirve para todo.
			2. Poner a coser las hojas y se toma es como te.
			3. Tómesela hasta que ya no sienta nada.
	A2	Hojas	1. Es buena para la presión.
		2. Poner a coser las hojas, tomar en la mañana y noche.	
		3. Tomar por un mes.	
Ciudad Delgado	B1	Hojas	1. Es milagrosa, es para todo.
			2. Tomárselo como te, tomar en la mañana y la noche.
			3. Tomar por un mes.
	B2	Hojas	1. Sirve para todo.
		2. Se tiene que coser las hojas, tomar en la noche	
		3. Por un mes.	
Zacamil	C1	semillas	1. Para la diabetes, presión.
			2. Pelar una semilla y comérsela, en la mañana y noche
			3. Por tres meses.
	C2	Semillas	1. Es buena para todas las enfermedades.
			2. Pela la semilla y se la come, dos semillas al día.
			3. Hasta q usted ya no tenga nada.
C3	Semillas	1. Las semillas le pueden ayudar para el azúcar.	
		2. Pela la semilla y se la come, dos en el día.	
		3. Por un mes.	
San Marcos	D1	Hojas	1. Sirve para riñones, presión, diabetes.
			2. Ponga a coser las hojas y se toma es como te.
			3. Tómesela por un mes.
	D2	Semillas	1. Las semillas sirven para casi todo.
		2. Pela la semilla y se la come, dos en el día.	
		3. Por un mes.	
San Miguelito	E1	Capsulas a granel de hojas	1. Sirve para todo.
			2. Tomar dos cápsulas después de cada comida.
			3. Tomar por un mes..
	E2	Hojas	1. Sirve para todo.
			2. Ponga a coser las hojas y se toma es como te.
			3. Tomar por un mes.
E3	Semillas	1. Las semillas son buenas para todo.	
		2. Pelar la semilla y se la come, dos en el día.	
		3. Por un mes.	

Cuadro N° 4. Entrevista realizada a vendedores

Mercado	Código de muestra	Muestra a utilizar	Respuestas a la entrevista
Central	F1	Hojas	1. Sirve para todo, hasta para el cáncer.
			2. Ponga a coser las hojas y se toma es como te.
			3. Tomar por tres meses
	F2	Capsulas en frasco(hojas)	1. Las capsulas son buenas para bajar de peso.
			2. Tomar dos capsulas después de cada comida.
			3. Por un mes.
F3	Capsulas en frasco (hojas)	1. Son buenas para todo, para diabetes	
		2. Tomar dos capsulas después de cada comida.	
		3. Por un mes.	
F4	Capsulas en frasco (hojas)	1. Sirve para todo.	
		2. Tomar la capsula después de cada comida.	
		3. Tomar por un mes.	
F5	Capsulas en frasco (hoja)	1. Sirve para todo, hasta para bajar de peso.	
		2. Tomar una capsula al día.	
		3. Tomar por un mes.	
F6	Semillas	1. Las semillas ayudan en todo.	
		2. Pela la semilla y se la come, dos en el día.	
		3. Por un mes.	
Soyapango	G1	Capsulas a granel de hojas	1. Para bajar de peso, quita el hambre.
			2. Dos capsulas después de cada comida.
			3. Tomar por un mes.
	G2	semillas	1. Sirve para el azúcar, presión.
			2. Pela la semilla y se la come, dos en el día.
			3. Por un mes.
	G3	Semillas	1. Son buenas para la presión.
2. Tomar una capsula después de cada comida.			
3. Tomar por un mes.			
G4	Capsulas a granel de hojas	1. Quitan el hambre.	
		2. Dos capsulas después de cada comida.	
		3. Tomar por un mes.	
G5	Capsulas a granel de hojas	1. Son capsulas milagrosas, sirven para casi todo.	
		2. Tomar dos capsulas después de cada comida.	
		3. Tomar por un mes.	
G6	Hojas	1. Se puede tomar para los riñones.	
		2. Ponga a coser las hojas y se toma es como te.	
		3. Tomar por un	
G7	Capsulas a granel de hojas	1. Son buenas para la presión.	
		2. Tomar una capsula después de cada comida.	
		3. Tomar por un mes.	

El cuadro N° 4 resume las respuestas a la entrevista que se le hizo a los vendedores en cada puesto adonde se compraron las muestras de *Moringa oleífera* (Moringa), y se puede observar que la mayoría de vendedores dice que la Moringa sirve para todo tipo de enfermedades, coincidiendo la mayoría en que el tratamiento es por un mes.

Esto nos indica un peligro para las personas que consumen esta planta porque hasta el momento no hay una planta medicinal tan milagrosa haciéndoles creer tal acción, más bien denota que se hace con el fin meramente comercial y de lucro.

Obtención de los extractos: (Ver figura N°8)

En los extractos de las 8 muestras de hojas, se observó como había diferentes tonos de verdes debido a la clorofila presentes, y seguramente a su proceso de secado realizado del resto de extractos llamo la atención el extracto de la muestra F4 (corresponde a muestra de hojas en cápsula) del Mercado Central el cual presenta coloración amarilla, a pesar de que se trata de hojas sin embargo no se observa el color verde de la clorofila. En el caso de los extractos de semilla, el color de los extractos era de color amarillo de consistencia grasosa. Para el análisis se utilizaron 2 extractos diferentes como estándares de trabajo uno para hojas (ST1) y otro para semillas (ST2).

A continuación, se presentan los resultados de la cromatografía de capa fina de las muestras de cada mercado y su respectiva discusión de resultados para los cuales se tomará como

Adulteración aquellos casos en los cuales las manchas del cromatograma de las muestras correspondían parcialmente al cromatograma del estándar o sea que los componentes químicos expresados por manchas en el cromatograma de la muestra no corresponden totalmente a los del estándar

Falsificación: cuando las manchas del cromatograma de las muestras son totalmente diferentes a las manchas del cromatograma del estándar, en otras palabras, la planta es diferente al estándar.

Similar al estándar: cuando el cromatograma de la muestra es igual al cromatograma del estándar de trabajo, es decir las manchas reveladas en la muestra deben ser iguales en distancia y color a las del estándar de trabajo.

Para definir si hay adulteración, falsificación o similar al estándar se utilizó la simbología de una X para cada caso.

Los colores de las manchas reveladas en las muestras corresponden a

Color verde y rosado corresponden a las muestras de hojas y capsulas.

Color amarillo corresponden a las muestras de semillas.

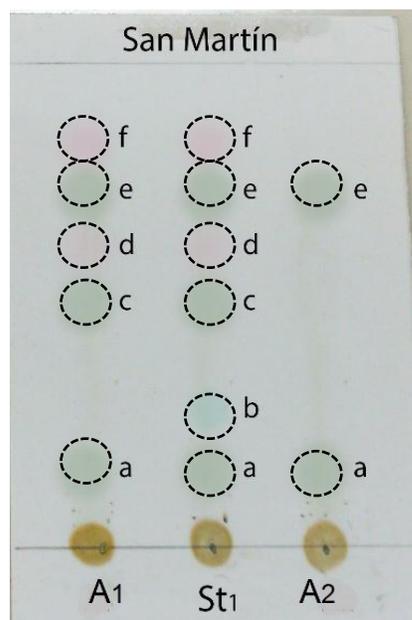


Figura. N° 11. Cromatografía de hojas del Mercado San Martín.

Tabla N° 5. Resultados obtenidos de las muestras en hojas del mercado de San Martin

Mercado	Código de muestra	Muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
San Martin	A1	hojas	hojas secas de color verde con piedritas	X		
	A2	hojas	hojas secas de color verde	X		

En este mercado solamente se tomaron 2 muestras de hojas, si se observa la figura N°11 en (A1) falta la mancha b. Cuando se compró la muestra de hoja (ver anexo 1) ésta presentaba otras hojas diferentes a la de *Moringa oleífera* (MORINGA) como contaminantes por lo cual seguramente sea una causa de su resultado como adulterada.

En el caso de (A2) esta muestra de hojas cuando se compró estaba en bolsas plásticas en tiras, seguramente por ello la muestra resulto adulterada presento 2 manchas la (a y e) indicando que químicamente esta muestra no presenta condiciones adecuadas para su consumo ya que le faltan muchos componentes químicos, que posiblemente pueden ser los responsables de su uso terapéutico. Al igual que (A1) se encontró adulteración

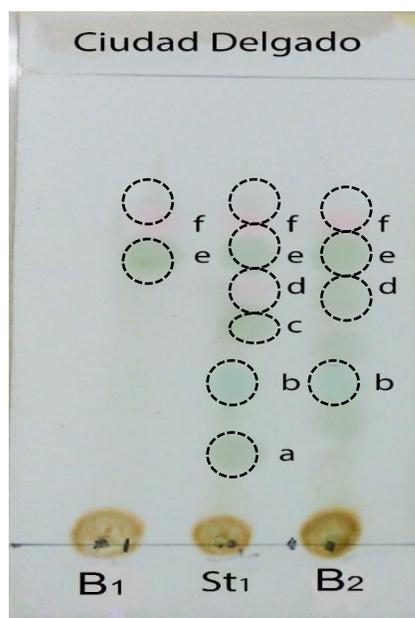


Figura. N° 12. Cromatografía de hojas del mercado Ciudad Delgado.

Tabla N°6. Resultado obtenido de la muestra en hojas del mercado Ciudad Delgado.

Mercado	Código de muestra	Muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
Ciudad Delgado	B1	hojas	hojas secas color verde	X		
	B2	hojas	Hojas secas color verde con ramitas fraccionadas.	X		

Las muestras analizadas de este mercado fueron dos de hojas y al realizar la cromatografía en capa fina se observa que la muestra B1 solamente presenta los compuestos e y f comparándolo con el ST1 faltan las manchas (a-b-c-d) por lo que se considera como adulterada, esta muestra no está apta para consumirse

porque por esta causa de no poseer todos sus compuestos químicos seguramente no se va a conseguir la efectividad que las personas necesitan; la muestra B2 no posee las manchas (a y c) pero aparecen otras que no las posee el estándar de trabajo, posiblemente esta muestra está mezclada con otra planta u otras sustancias.

Al observar la tabla N°6 esta muestra tenía ramitas fraccionadas no era solamente hojas por lo cual se puede decir que estas manchas posiblemente sean compuestos químicos de estas partes de la planta, ya que el estándar de trabajo de hojas no muestra estos componentes.

Las causas de adulteración pueden ser muchas como ya se explicó anteriormente y ninguna de las dos muestras presenta la seguridad para ser consumidas.

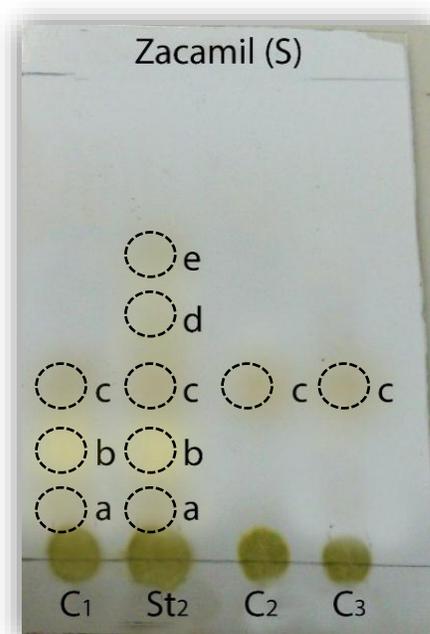


Figura. N° 13. Cromatografía de semillas del mercado Zacamil.

Tabla N°7. Resultados obtenidos de la muestra en semillas del mercado
Zacamil.

Mercado	Código de muestra	Muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
Zacamil	C1	semillas	semillas de color negro	X		
	C2	semillas	Semillas de color café claro.	X		
	C3	semillas	Semillas de color café claro.	X		

De este mercado solo se obtuvieron muestras de semillas por lo cual para el análisis se utilizó el ST2 como parámetro comparativo, en este caso las 3 muestras resultaron adulteradas. Las muestras (C2 y C3) presentaron menos componentes químicos que el estándar por lo cual no se consideran aptas para el consumo, además, difícilmente se conseguirá alguna efectividad para la salud ya que carece de muchos componentes químicos que posiblemente podrían ser los responsables de su actividad.

La muestra (C1) igualmente carece de los componentes d-e tal como se observa en la figura N°13 por lo que se considera también como adulterada. Al frente del solvente las muestras (C2 y C3) presentan una mancha que no aparece en el ST2, lo cual podría indicar que están contaminadas con otras sustancias desconocidas.

Entre las razones posibles de adulteración de las semillas son el método de recolección del fruto en el sentido de cortarlos cuando aún no se encuentren maduro y seco; además de la humedad del ambiente y el almacenamiento de

estas. Según las visitas realizadas al mercado estas semillas no se encuentran en lugares adecuados las tienen con mucho sol o rodeados de otras plantas.

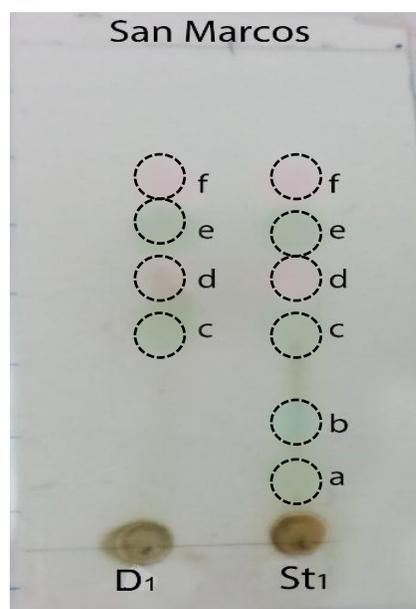


Figura. N° 14. Cromatografía de hojas del mercado San Marcos.

Tabla N°8. Resultados obtenidos de la muestra en hojas del mercado San Marcos.

Mercado	Código de muestra	muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
San Marcos	D1	hojas	Hojas secas color verde con piedras	X		

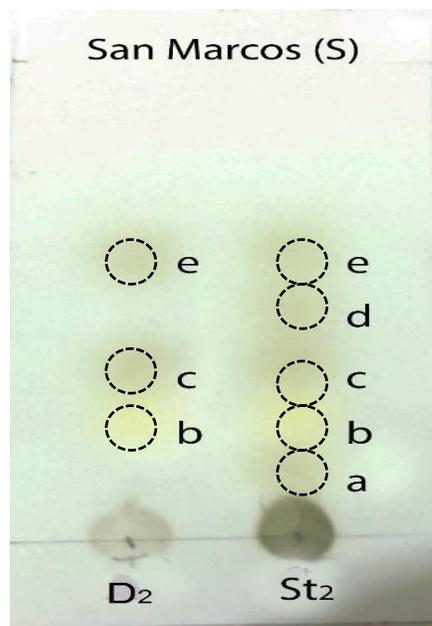


Figura. N° 15. Cromatografía de semilla del mercado San Marcos.

Tabla N°9. Resultado obtenido de la muestra en semillas del mercado San Marcos.

Mercado	Código de muestra	muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
San Marcos	D2	semillas	Semillas de color claro.	X		

En la figura N°14 y N°15 se presentan los resultados del análisis de las muestras del Mercado de San Marcos, se analizaron 2 muestras una de hojas como droga cruda y otra de semillas. Estos análisis se realizaron por separado con cada estándar de trabajo para poder desarrollar de mejor manera la comparación de los resultados obtenidos. Con respecto a la muestra de hojas (D1), esta resultó adulterada, ya que el componente químico correspondiente a la mancha a no aparece en el cromatograma del ST1, esta muestra según la tabla N°8 se

encontraba con contaminantes como piedritas, seguramente estas piedritas también se descomponen en partículas más pequeñas por lo cual las hojas se contaminan y disminuyen la composición química general de la muestra, lo cual se observa en los resultados.

En el caso del extracto de la semilla D2 de igual manera resultó adulterada por la falta de los componentes correspondientes a la mancha (a, d) y el aparecimiento de una mancha al final que no aparece en el estándar de trabajo ST2, esto indica también una adulteración que podría deberse al agregado de otras semillas como contaminante o a reacciones químicas internas en la misma semilla ya que estas contienen una gran cantidad de grasas las cuales son fácilmente oxidables. Las dos muestras de este mercado se consideran no aptas para el consumo humano por sus condiciones adulteradas

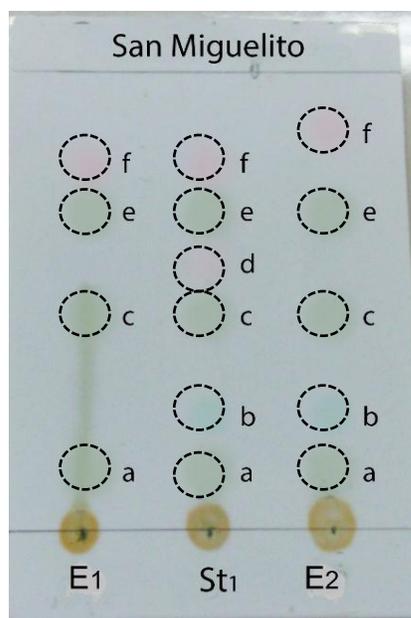


Figura. N° 16. Cromatografía de capsulas a granel y hojas del mercado San Miguelito.

Tabla N°10. Resultados obtenidos de la muestra en capsulas a granel y hojas mercado San Miguelito.

Mercado	Código de muestra	muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
San Miguelito	E1	capsulas a granel	son hojas trituradas de color verde	X		
	E2	hojas	Las muestras de las hojas traen pequeñas piedritas y la muestra no trae instrucciones	X		

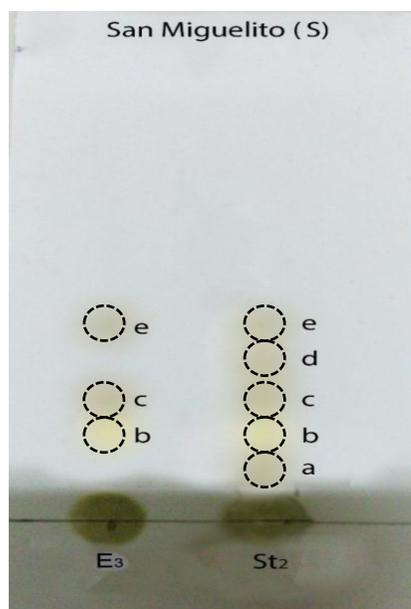


Figura. N° 17. Cromatografía de semilla del mercado San Miguelito

Tabla N°11: Resultado obtenidos de la muestra de semillas mercado
San Miguelito.

Mercado	Código de muestra	muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
San Miguelito	E3	semillas	Las semillas vienen en una bolsita y unas son de color negro y otras de color café claro	X		

De las tres muestras de este mercado, una es de hojas en cápsulas, una de hojas como droga cruda y una de semilla.

Al observar el cromatograma de la figura N°16 se observa que la muestra (E1) al compararla con el estándar de trabajo, se consideró como adulterada ya que no aparecen las manchas b y d. E1 corresponde a hojas en cápsulas a granel, en el momento de su compra fueron sacados con la mano de un frasco, lo que representa manejo no adecuado de estos productos que son la medicina de las personas.

La muestra E2 a simple vista parece similar al estándar pero al observar las manchas no aparece el componente d además entre la mancha e y f aparece un espacio que hace que se desplace la mancha f, al parecer significa una pequeña diferencia, pero puede ser comprobada al determinar su R_f , el cual es un valor específico para los compuestos químicos, por lo cual E2 de hojas se considera como adulterada, según la tabla N°10 esta muestra contenía pequeñas piedritas es decir el almacenamiento no era el adecuado y fácilmente pueden ser contaminados por el entorno del mercado sobre todo porque se encuentran muchas otras plantas con estas muestras. En la figura N°17 se presenta la muestra E3 de semillas que al compararla con ST2 se observan las diferencias muy claras y definidas. El extracto de semillas ST2 presenta manchas de color

amarillo cuando fue revelada, esto se debe a que las semillas son muy ricas en componentes lipídicos, si observamos E3 esas manchas coloreadas de amarillo no se observan tan definidas ni tampoco las manchas a-d. De 5 componentes que presenta el estándar ST2, la muestra solo presenta 3 considerándola como adulterada. Cuando se utilizan semillas como drogas crudas estas deben ser recolectadas cuando el fruto está maduro y luego las semillas obtenidas de este fruto también deben de llevarse a un secado tal que solamente contenga por lo menos un 5% de humedad, esto garantiza que dichas semillas contengan y concentren todos sus metabolitos en buen estado para ser utilizados como medicina, sin embargo esta muestra, según la tabla N°11 presentan dos diferentes colores lo cual puede representar que fueron recolectadas de diferentes materiales vegetales a su vez la persona de este puesto comentó que dichas semillas estaban frescas, estos son motivos para que la muestra E3 desde su inicio se notara que no tenía las condiciones adecuadas para su uso lo cual se comprobó con los resultados del análisis como adulterada.

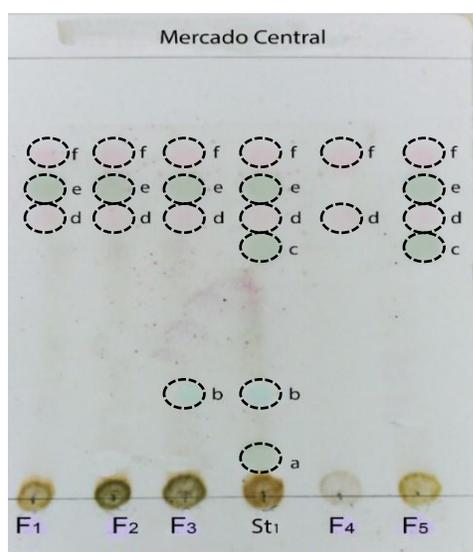


Figura. N° 18. Cromatografía de capsulas y hojas del mercado Central.

Tabla N°12. Resultados obtenidos de la muestra en capsulas y hojas
mercado Central

Mercado	Código de muestra	muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
Central	F1	Hojas	Hojas color verde tienen trocitos de corteza, no trae instrucciones.	X		
	F2	Cápsulas en frasco	contienen un polvo color café oscuro	X		
	F3	cápsulas en frasco	es un triturado color café	X		
	F4	cápsulas en frasco	Es muestra molida café claro tiene apariencia de aserrín, al abrir las capsulas tiene trocitos de ramas.	X		
	F5	cápsulas en frasco	Es hoja molida y se ven pedazos de hojas y ramitas fraccionadas	X		

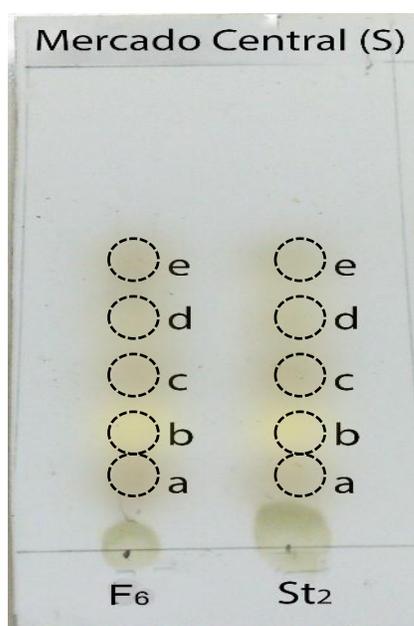


Figura. N° 19. Cromatografía de semillas del mercado Central.

Tabla N°13. Resultados obtenidos de la muestra en semillas mercado Central.

Mercado	Código de muestra	muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
Central	F6	semillas	semillas de color negro			X

El mercado central es el lugar en donde se comercializan muchas plantas medicinales y sus productos, a este lugar acude una gran cantidad de personas a comprar diferentes especies medicinales para diferentes enfermedades, aproximadamente en el pabellón N°5 existen 24 puestos de ventas, por esa razón de este mercado se recolectaron 6 muestras, además se tomó también en consideración en cuántos de ellos vendían *Moringa*. De las 6 muestras una corresponde a hojas como droga cruda, una de semilla y 4 muestras de cápsulas de hojas, en frasco etiquetadas.

La muestra F1 de hojas poseía trocitos de corteza de árbol (tabla N°12) por lo cual se considera que su recolección no ha sido la adecuada, al analizar el resultado de la cromatografía capa fina (figura N°18) y comparándola con el ST1, solamente se observan 3 manchas (d-e-f) no aparecen a-b-c lo cual sugiere que esta adulterada. Al observar la muestra F2 que corresponde a cápsulas aparecen las manchas similares a F1, se creería que estas muestras proceden del mismo lugar o proveedor, pero su presentación es diferente ya que F1 es hojas y en F2 las hojas están en cápsulas, F2 se considera también adulterada. F3 es muestra de hojas encapsulada, estas al revisarlas se mostraron como trituradas de color café al analizar la figura N°18 se observa que carece de las manchas (a y c) , pero aparece otra mancha entre b y d que el ST1 no muestra, difícilmente puede

tenerse idea de que se trata y las razones de su presencia pero es importante mencionar que las adulteraciones y falsificaciones suelen darse más en productos encapsulados, porque difícilmente en una muestra fraccionada y molida sea perceptible a simple vista si se ha agregado otra planta u otro contaminante, solamente cuando se desarrolla el análisis cromatográfico aparece ese dato químico, esta muestra por lo tanto no puede garantizarse para su uso por el peligro que implica su ingesta.

La muestra F4 es de hojas en cápsulas, al verter su contenido se observó (ver anexo N°3) como aserrín con trocitos de ramas y de un color muy claro que no corresponde al que se esperaría observar ya que se trata de hojas, más parecería que la muestra procede de la corteza del árbol.

Cuando se realizó el extracto este fue de un color amarillo (ver anexo N°4) tan diferente a los extractos correspondientes a hojas. Al realizar el cromatograma (fig. N°18) solo se observan la mancha (d y f), de 6 manchas que presenta ST1 esta muestra solo presenta 2 por lo cual se puede decir que el nivel de adulteración de esta muestra es grande y que cualquier persona que la consuma seguramente no le hará el efecto deseado y peor aún se puede llegar a que el problema de salud se vea agravado por no estar consumiendo lo que se necesita.

La muestra F5 se observa en la figura N° 18 que para ser muestra encapsulada no presenta el tamaño de partícula adecuado del molido ya que se observaron pedazos de hojas y ramitas fraccionadas, solo trituradas como aserrín, sin embargo al realizar el análisis cromatográfico, las manchas en el cromatograma aparecen bastantes similares al ST1, solamente faltó la mancha a y b, el vendedor del mercado comentó que se trataba de una muestra que procedía de

Estados Unidos cierto o no en el análisis se ve similitud con el estándar en las manchas c-d-e-f aun a pesar de las condiciones inadecuadas de molido, las cuales no son observables a simple vista sino cuando se vierte su contenido, aunque químicamente se diga que es bastante similar al estándar no quiere decir que la eficacia de estas muestras a la hora de consumirse sea buena pues como es sabido, el principio activo que se tiene en una cápsula debe de cumplir ciertas condiciones para su elaboración entre ellas la del tamaño de partícula y en este caso de la muestra F5 esta condición no se cumple, es decir las Buenas Prácticas de Manufactura no son adecuadas a este tipo de producto. Con respecto a la muestra F6 de semillas es similar al estándar ST2 con las características completas de sus manchas cuando fue revelada la placa.

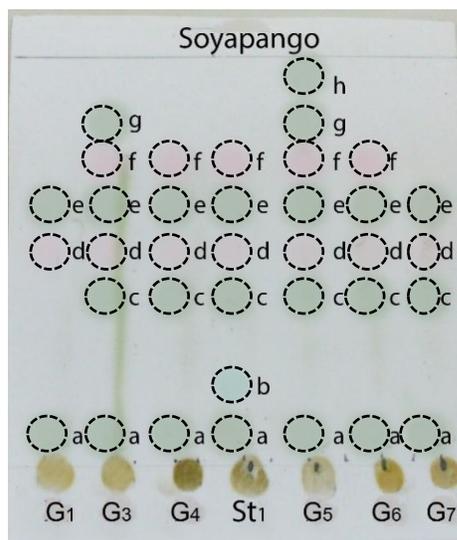


Figura. N° 20. Cromatografía de capsulas a granel y hojas mercado de Soyapango.

Tabla N°14. Resultados obtenidos de la muestra en capsulas granel y hoja en el mercado de Soyapango.

Mercado	Código de muestra	Muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
Soyapango	G1	capsulas a granel de hojas	polvo fino color verde	X		
	G3	capsulas a granel de hojas	polvo triturado con pedacitos de palito	X		
	G4	capsulas a granel de hojas	hojas molidas con pedazos de palitos	X		
	G5	capsulas a granel de hojas	hojas molidas con pedazos de palitos	X		
	G6	hojas	hojas secas de color verde, café y presentan pedacitos de palitos	X		
	G7	capsulas a granel de hojas	hojas molidas con pedazos de palitos	X		

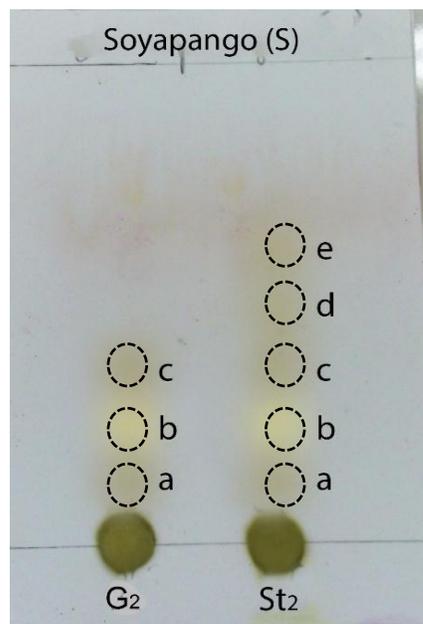


Figura. N° 21. Cromatografía de semillas del mercado de Soyapango

Tabla N°15. Resultados obtenidos de la muestra en semillas del mercado de Soyapango.

Mercado	Código de muestra	muestra	Observaciones	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
Soyapango	G2	semillas	semillas color café claro	X		

El mercado de Soyapango al igual que el mercado Central son lugares de mucha afluencia de compradores por lo que existen muchos puestos de venta de plantas medicinales y productos a base de ellas, debido a ello es que en este mercado se colectaron 7 muestras distribuidos así: una de semilla (G2) una de hojas (G6) y las 5 restantes son cápsulas a granel de hojas.

La muestra (G1) de cápsulas a granel solamente presento las manchas a-d-e faltando las manchas b-c-f y en la muestra (G7) no aparece la mancha b ni la f

por lo que ambas se consideran adulteradas, ambas muestras tienen en común que cuando fueron compradas se encontraban en cestas destapadas junto a otras capsulas (ver cuadro N°4) por lo cual podría considerarse que dichas condiciones de almacenamiento están influyendo en su calidad.

La muestra (G5) no aparece la mancha b pero aparecen 2 manchas cerca del frente del solvente que no las tiene el (ST1), esto podría considerarse como un agregado posiblemente de otra planta o quizás que en lugar de hojas haya sido agregada otro órgano vegetal de la misma *Moringa* como por ejemplo corteza del tallo lo cual reduce la dosis del principio activo que para el caso son las hojas y en consecuencia no ejercerá efecto deseado por el agregado de otra cosa diferente, por tener las manchas (g y h) diferentes al estándar, esta muestra se considera adulterada.

Observando la cromatografía capa fina (fig. N°20) y comparando el resultado de (ST1) con las muestras (G3 - G4 - G6) estas presentan las manchas (a-c-d-e-f) no así la mancha (b) por lo cual se consideraron como adulterados y en el caso de G3 aparece una mancha (g) que no la tiene el ST1, puede deberse a un contaminante o al igual que la muestra (G5) podría haberse agregado corteza de la planta es de hacer notar que las adulteraciones están presentes ya sea en cápsulas o como droga cruda, lo cual puede indicar que la recolección y secado del material vegetal no ha sido el adecuado, sumado al proceso de almacenamiento que les dan en el mercado, ya que para el caso (G6) fue comprada en un puesto de venta en el cual tenían muchas muestras en el suelo, de igual manera (G3 y G4) según la tabla N° 14 al comprarlas fueron sacadas con la mano de un frasco destapado Todas estas condiciones descritas anteriormente de las muestras no garantizan el buen estado de la especie vegetal por lo cual no debe ser utilizado como medicamento para las personas ya que ni químicamente ni microbiológicamente son aptas para ser ingeridas, de ser así las

personas no están consumiendo que necesitan y peor aún podría ocasionar problemas mayores a la salud de quienes lo consumen.

La muestra (G2) que corresponde a semillas al compararle con (ST2) no aparecen las manchas (d-e) por lo cual las causas de la adulteración podrían considerarse similar a las muestras de semillas del mercado Zacamil.

Cuadro N°5. Resumen de los resultados de adulteración y falsificación de de hojas, semillas y capsulas de *Moringa oleífera*

Mercado	Código de muestra	Muestra	Adulteración	Falsificación	Similar al estándar
San Martin	A1	hojas	x		
	A2	hojas	x		
Ciudad Delgado	B1	hojas	x		
	B2	hojas	x		
Zacamil	C1	semillas	x		
	C2	semillas	x		
	C3	semillas	x		
San Marcos	D1	hojas	x		
	D2	semillas	x		
San Miguelito	E1	cápsulas a granel	x		
	E2	hojas	x		
	E3	semillas	x		
Central	F1	hojas	x		
	F2	muestras en frasco	x		
	F3	muestras en frasco	x		
	F4	muestras en frasco	x		
	F5	muestras en frasco	x		
	F6	semillas			x
Soyapango	G1	cápsulas a granel	x		
	G2	semillas	x		
	G3	cápsulas a granel	x		
	G4	cápsulas a granel	x		
	G5	cápsulas a granel	x		
	G6	hojas	x		
	G7	cápsulas a granel	x		

Cuadro N°6. Comparación de las 25 muestras analizadas de hojas, semillas y cápsulas de Moringa oleífera.

Muestra	Adulteradas	Falsificadas	Similar al estandar
En frasco (4)	4	0	0
Cápsulas a granel (6)	6	0	0
Hojas (8)	8	0	0
Semillas (7)	6	0	1
Total (25)	24	0	1

En el cuadro N° 6 se resumen los resultados de los análisis de cromatografía en capa fina de las 25 muestras de Moringa, de 24 muestras (6 de semillas, 8 de hojas, 6 de cápsulas a granel de hojas y 4 de cápsulas en frasco de hojas) resultaron adulteradas y solamente 1 muestra de semilla resultó similar al estándar. Ninguna muestra resultó falsificada, este resultado podría justificarse en el sentido de que la planta de Moringa es conocida y ha sido cultivada en algunos lugares del país desde hace muchos años con fines nutricionales como fuente de proteínas, vitaminas y minerales, ya que las hojas, flores, frutos y semillas son comestibles, preparados con esos órganos vegetales diferentes comidas. Dada las investigaciones últimas sobre su utilidad en la medicina natural es que ha cobrado auge su utilización como planta medicinal.

El alto número de muestras adulteradas, observando las muestras cuando se compraron, posiblemente se debe a condiciones de recolección y secado de la planta, pero en mayor porcentaje por condiciones inadecuadas de almacenamiento ya que en los mercados se observa mucha insalubridad, humedad, calor, falta de ventilación etc. Los cuales son causantes del deterioro de la calidad de las plantas y por ende su eficacia y seguridad en el consumo.

Cuadro N° 7. Comparación de la información que rotula cada muestra
contra los usos reportados de actividad biológica

Mercado	Muestra a utilizar	Usos según etiqueta	Usos reportados de actividad biológica(12)(15)(16)(18)
San Martín	Hojas (A1)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Hojas (A2)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
CIUDAD DELGADO	Hojas (B1)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Hojas (B2)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.

Cuadro N° 7. Comparación de la información que rotula cada muestra
contra los usos reportados de actividad biológica

Mercado	Muestra a utilizar	Usos según etiqueta	Usos reportados de actividad biológica(12)(15)(16)(18)
ZACAMIL	Semillas (C1)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Semillas (C2)	Es una planta que cura 300 enfermedades, diabetes, artritis, presión alta, psoriasis, fatiga, anemia, desnutrición infantil, hígado crecido, enfermedades del corazón, inmunológico, cáncer, insuficiencia renal, asma, bronquitis y muchas vitaminas.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Semillas (C3)	Enfermedades que cura son antibacteriano, anti inflamatorios y antioxidantes, diabetes, hepatitis, ulcera, cáncer, colon, diarrea, bronquitis, gastritis, hígado, riñones, hinchazón de los pies, triglicéridos, cálculos biliares, hernia, quistes.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.

Cuadro N° 7. Comparación de la información que rotula cada muestra
contra los usos reportados de actividad biológica

Mercado	Muestra a utilizar	Usos según etiqueta	Usos reportados de actividad biológica(12)(15)(16)(18)
San Marcos	Hojas (D1)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Semillas (D2)	Es una planta que cura 300 enfermedades, diabetes, artritis, presión alta, psoriasis, fatiga, anemia, desnutrición infantil, hígado crecido, enfermedades del corazón, inmunológico, cáncer, insuficiencia renal, asma, bronquitis y muchas vitaminas.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
SAN MIGUELITO	Capsulas a granel de hojas (E1)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.

Cuadro N° 7. Comparación de la información que rotula cada muestra
contra los usos reportados de actividad biológica

Mercado	Muestra a utilizar	Usos según etiqueta	Usos reportados de actividad biológica(12)(15)(16)(18)
SAN MIGUELITO	Hojas (E2)	Es una planta que cura 300 enfermedades, diabetes, artritis, presión alta, psoriasis, fatiga, anemia, desnutrición infantil, hígado crecido, enfermedades del corazón, inmunológico, cáncer, insuficiencia renal, asma, bronquitis y muchas vitaminas.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Semillas (E3)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran que las hojas y semillas poseen propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
CENTRAL	Hojas (F1)	Es una planta que cura 300 enfermedades, diabetes, artritis, presión alta, psoriasis, fatiga, anemia, desnutrición infantil, hígado crecido, enfermedades del corazón, inmunológico, cáncer, insuficiencia renal, asma, bronquitis y muchas vitaminas.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar se realmente tienen esta actividad biológica mencionada.

Cuadro N° 7. Comparación de la información que rotula cada muestra
contra los usos reportados de actividad biológica

Mercado	Muestra a utilizar	Usos según etiqueta	Usos reportados de actividad biológica(12)(15)(16)(18)
CENTRAL	Capsulas en frasco (hojas) (F2)	Enfermedades que cura son antibacterianos, anti inflamatorios y antioxidantes, diabetes, hepatitis, ulcera, cáncer, colon, diarrea, bronquitis, gastritis, hígado, riñones, hinchazón de los pies, triglicéridos, cálculos biliares, hernia, quistes.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Capsulas en frasco (hojas) (F3)	Pure moringa presenta un contenido alto de proteínas, vitaminas. Minerales, como calcio, cobre, hierro, magnesio, potasio, zinc y una cantidad excepcional de antioxidante que le confieren cualidades sobresalientes en la nutrición y salud humana.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar se realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Capsulas en frasco (hojas) (F4)	Este producto está indicado para personas que desean hacerse una limpieza	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.

Cuadro N° 7. Comparación de la información que rotula cada muestra
contra los usos reportados de actividad biológica

Mercado	Muestra a utilizar	Usos según etiqueta	Usos reportados de actividad biológica(12)(15)(16)(18)
CENTRAL	Capsulas en frasco (hojas) (F5)	Acción curativa: diabetes, problemas del hígado, problemas del colon, problemas de los riñones, presión arterial, artritis, ayuda a adelgazar.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Semillas (F6)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
SOYAPANGO	Capsulas a granel de hojas (G1)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica.

Cuadro N° 7. Comparación de la información que rotula cada muestra
contra los usos reportados de actividad biológica

Mercado	Muestra a utilizar	Usos según etiqueta	Usos reportados de actividad biológica(12)(15)(16)(18)
SOYAPANGO	Semillas (G2)	Es una planta que cura 300 enfermedades, diabetes, artritis, presión alta, psoriasis, fatiga, anemia, desnutrición infantil, hígado crecido, enfermedades del corazón, inmunológico, cáncer, insuficiencia renal, asma, bronquitis y muchas vitaminas.	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar si realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Capsulas a granel de hojas (G3)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria,
	Capsulas a granel de hojas (G4)	No aplica	antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacocinéticos podrían revelar se realmente tienen esta actividad biológica mencionada.
	Capsulas a granel de hojas (G5)	No aplica	antihipertensivo y antimicrobiana. Estos ensayos se han realizado en ratones y los ensayos futuros, tales como estudios farmacéuticos.
	Hojas (G6)	No aplica	Varios ensayos clínicos realizados en los últimos 5 años demuestran las propiedades medicinales en las enfermedades respiratorias, cardiovasculares gastrointestinales, endocrinas, en el sistema nervioso central, en el sistema inmunológico y como antibacteriano. Poseen actividad antioxidante, hipoglucemiante, antiinflamatoria, antihipertensivo y antimicrobiana.

Análisis de las Etiquetas de las Muestras.

Con respecto al cumplimiento de las normas del Reglamento Técnico Centroamericano RTCA (Ver anexo N° 7) que se refiere al etiquetado de Productos Naturales Medicinales Para Uso Humano, mínima que debe tener el etiquetado.

Al comparar las etiquetas del producto Moringa con los requisitos del RTCA. Se puede decir que no cumple con las especificaciones.

Cuadro N°8 Comparación según requisitos RTCA con etiquetas de *Moringa oleífera* (Moringa).

Etiqueta según RTCA	Etiqueta Moringa
Nombre del producto	Si cumple
Forma farmacéutica	Algunas etiquetas lo dicen
Indicaciones	Si cumple, pero son populares.
Modo de empleo	No cumple
Composición cualicuantitativa	No cumple
Número de registro	No cumple
Nombre del laboratorio fabricante y país de origen	No cumple
Cantidad del producto terminado	Algunas etiquetas lo dicen
Número de lote	No cumple
Condiciones de almacenamiento	No cumple
Fecha de vencimiento	Algunas etiquetas lo dicen, pero no son ciertas, difícil de realizar estabilidad.
contraindicaciones	No cumple
Leyendas generales	No cumple
Dosis	Algunas etiquetas lo dicen, pero son iguales todas.
Vía de administración.	No cumple

Observaciones encontradas en las etiquetas:

1. En algunas etiquetas aparece fecha de fabricación y fecha de vencimiento; y seguramente a ninguno de estos productos se les ha realizado controles de calidad y mucho menos estudio de estabilidad que es prueba necesaria de realizar para colocar esa información. Posiblemente se lleno esa información para llenar un requisito y para que las personas lo lean cualicuantitativa.
2. En la mayoría de las etiquetas no aparece la formulación que indique la composición química de las capsulas.
3. La mayor parte de los usos o indicaciones que se presentan en las etiquetas habla de curar 300 enfermedades del ser humano cosa que no es cierta

Por lo tanto, no se puede garantizar que *Moringa oleífera* cure 300 enfermedades porque se necesita realizar la fase preclínica y clínica los cuales ya son estudios realizados en humanos pero que llevan de 5 a 12 años para ser ya utilizados y comercializados.

Se trata entonces de un atentado a la salud ya que quienes acuden a los mercados a comprar estos productos, confían en que están adquiriendo lo que necesita para su problema de salud.

En cuanto a los usos reportados en las etiquetas de Moringa, se puede apreciar que los proveedores de estos productos se movilizan en todos los mercados como ocurre en el mercado de San Marcos (muestra D2), Zacamil (muestra C2) y Soyapango (muestra G2 y G6) en las cuales se observa la misma etiqueta y además ha sido utilizada indistintamente ya sea en muestra de semilla o de hoja (G2 y G6) indicando con esto la irresponsabilidad de estas personas en algo tan importante como es la salud de la población. Lo mismo ocurre con la etiqueta de la muestra E2 que corresponde al mercado San Miguelito que es copia textual de las etiquetas anteriores y que siendo muestra de hojas en la dosis dice “consumir una semilla...” aunque se trate de marcas diferentes, se observa que la

información presentada en las indicaciones siempre es igual o copia textual de otros.

Se observa además que la dosis recomendada en la etiqueta es la misma en todos los productos.

Llama la atención los precios que aparecen en algunas etiquetas que van desde \$23.40 hasta \$25.00 por 30 cápsulas, esto podría considerarse como una estafa porque denotan el negocio que hacen con la venta de estos productos sobre todo porque no cumplen ningún requisito para su consumo, que no va a presentar ninguna efectividad por lo adulterado que están y además atentan contra la economía de los Salvadoreños.

Pero tampoco existe hasta el momento una planta medicinal tan milagrosa que pueda curar 300 enfermedades del ser humano, lo cual indica un abuso para los pacientes haciéndoles creer tal acción, más bien denota que se hace con el fin meramente comercial y de lucro.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. De las 25 muestras analizadas, 24 muestras entre semillas y hojas que representan el 96% del total resultaron adulteradas, solamente una muestra de semilla del Mercado Central (4%) resultó ser similar al estándar por lo cual se consideran no aptos para el consumo humano.
2. De las 25 muestras analizadas ninguna resultó como falsificada, este resultado podría justificarse a que la *Moringa oleífera* (Moringa) es una especie vegetal muy conocida que se ha cultivado desde hace algunos años en el país, pero con fines nutricionales.
3. De los 7 mercados y especialmente aquellos en los cuales hay mayor cantidad de ventas de plantas medicinales y afluencia de consumidores, las muestras resultaron adulteradas lo que indica que la población está consumiendo productos que no garantizan calidad, efectividad y seguridad para su salud.
4. Las personas que venden *Moringa oleífera* (Moringa) no les interesa la salud de los consumidores sino más bien lucrarse con este tipo de negocio.
5. No existe hasta la fecha una planta medicinal milagrosa que cure más de 300 enfermedades del ser humano tal como lo aseveran las etiquetas de las muestras envasadas de *Moringa oleífera* (Moringa)
6. Los usos de la *Moringa oleífera* (Moringa) reportados en las etiquetas no aparecen descritos en la bibliografía científica.

7. Los factores que influyeron en la adulteración de las muestras son las condiciones de elaboración, conservación y almacenamiento de la especie vegetal y sus productos.

8. El 96% de muestras de *Moringa oleífera* (Moringa) no cumplen con los requisitos farmacognósticos exigidos para garantizar su calidad.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Por los resultados obtenidos, se sugiere no comprar en mercados públicos plantas medicinales mucho menos cuando son cápsulas porque no se conoce la procedencia de lo que ahí se comercializa.
2. La *Moringa oleífera* (Moringa), se cultiva en varios lugares del país, para consumirla es preferible conseguir la planta fresca que provenga de lugares conocidos y no arriesgarse a comprar productos adulterados.
3. Utilizar la técnica de cromatografía capa fina para la investigación de la falsificación y adulteración de plantas medicinales ya que su implementación es fácil, barata y con resultados reproducibles.
4. Dar a conocer estos resultados a los entes competentes tales como: Dirección Nacional de Medicamentos (DNM) para que tomen las medidas pertinentes en la fabricación y elaboración de este tipo de productos ya que se ha comprobado su adulteración.
5. La Dirección Nacional de Medicamentos (DNM) controle y supervise la elaboración y comercialización de estos productos para garantizar la calidad y asegurar la salud de la población.
6. Para aprobar los efectos medicinales de la *Moringa oleífera* (Moringa), se debe tener una base científica que lo compruebe mediante estudios clínicos.

BIBLIOGRAFIA

1. Alfaro, N. C., Martínez, W. (2008), Uso Potencial de la Moringa (*Moringa oleífera*, Lam) para la Producción de Alimentos Nutricionalmente Mejorados, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT), Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala.
2. Alfaro, N. C. (2008), Rendimiento y Uso Potencial de Paraíso Blanco, *Moringa oleífera* Lam en la Producción de Alimentos de Alto Valor Nutritivo para su Utilización en Comunidades de Alta Vulnerabilidad Alimentario-nutricional de Guatemala, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT), Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala.
3. Arias C, (2014). Estudio de las posibles zonas de introducción de la Moringa oleífera Lam. En la península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias.
4. Benitez W. (2012) Aprovechamiento poscosecha de la Moringa (*Moringa oleífera*). Hermosillo, Mexico.
5. Canavos G, Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos, primera edición en español, Mexico DF, McGraw Hill.
6. Chang, R. (2002), Química, Séptima edición en español, Mexico DF, McGraw Hill

7. Estrada, R. L. y otros, 2006, UES, “Análisis de posibles adulteración y falsificaciones en cinco especies vegetales de mayor comercialización en el país”.
8. Jung, L. (2015). Apotential oral anticancer drug candidate, *Moringa oleifera*. Republic of Korea. *Oncology letters*, (10), 1597-1604.
9. Kasolo J., Bimenya G., Ojok L, Ochieng J, Ogwal-Okeng J., (2010). Los fitoquímicos y usos de las hojas de *Moringa oleifera* en las comunidades rurales de Uganda.
10. Kuklinski, C. Farmacognosia “Estudios de las drogas y sustancia medicamentosa de origen natural”, España, Edición Omega, 2000.
11. Martin C. Martin G. Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Cuba. 2013
12. Mohammad, S. (2012) Preliminary Phytochemical Screening, in-vitro antioxidant and cytotoxic activity of five different extracts of *Moringa oleifera*. Bangladesh. *Revista science*, 2 (5), 65-68
13. Ruiz R., Rivera R. y Bolívar M., (2014). *Moringa oleifera* una opción saludable para el bienestar.
14. REDESMA (2008). Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. Disponible en: <http://revistavirtual>. (2015, 9 de Mayo).
15. Aspectos tóxicos más relevantes de *Moringa oleifera* y sus posibles daños. Disponible en: <http://www.biocetecnia.uson.mx/revistas> (2015, 5 de Mayo)

16. Aspectos tóxicos más relevantes de *Moringa oleífera* y sus posibles daños.
Disponible en: <http://www.biocetecnia.uson.mx/revistas> (2015, 5 de Mayo)
17. Cavallini, R. (2001) *La Moringa oleífera*, iL Materiali di ACRA –MILANO.
Disponible en: <http://www.desaprender.org>. (2015, 23 de Abril)
18. Cromatografía en capa fina disponible en: <http://www.textoscientificos.com/química/cromatografía/capa-fina>. (2016, 4 de Abril)
19. Cromatografía en placa fina. Disponible en <http://www.uam.es/docencia/jppi/documentos/practicas/actuales/guion-p6.pdf> (2015, 28 de mayo)
20. El Cultivo de los Arboles de *Moringa*. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/003550-04.pdf> (2015, 25 de Abril)
21. Formas farmacéuticas y vías de administración de fármacos. Disponible en <http://bscw.rediris.es/pub/bscw.cgi/d829269/Formas%20farmac%C3%a9.pdf>. (2016, 16 de Mayo)
22. *Moringa book/tres for life*. Disponible en <http://www.treesforlifr.org> (2015, 28 de Abril)

ANEXOS

ANEXO N°1
FOTOGRAFIAS DE MUESTRAS DE HOJAS DE *Moringa oleífera* de los
diferentes mercados.



Figura. N°22. Muestra de hojas (E2)
Mercado San Miguelito.



Figura. N°23. Muestra de hojas (A1)
Mercado San Martin.



Figura. N°24. Muestra de hojas
(F1) Mercado Central.



Figura. N°25. Muestra de hojas
(B1) Mercado Ciudad Delgado.

ANEXO N°2
FOTOGRAFIAS DE MUESTRAS DE SEMILLAS DE *Moringa oleífera* de
diferentes mercados



Figura. N°26. Muestra de semillas (C2) Mercado Zacamil



. Figura. N°27. Muestra de semillas (A3) Mercado San Miguelito



Figura. N°28. Muestra de semillas (F6) Mercado Central

ANEXO N°3
FOTOGRAFIAS DE MUESTRAS DE CAPSULAS Y SU CONTENIDO DE
Moringa oleífera de diferentes mercados



Figura. N°29. Muestra de cápsula
(F4) Mercado Central.



Figura. N°30. Muestra de cápsula
(F5) Mercado Central.



Figura. N°31. Muestra de cápsula
(G4) Mercado Soyapango.



Figura. N°32. Muestra de cápsula
(G7) Mercado Soyapango.

ANEXO N°4
FOTOGRAFIA DE EXTRACTOS DE MUESTRAS EN CAPSULA
DEL MERCADO CENTRAL



Figura. N°33. Extractos de las muestras en cápsulas. Mercado Central

ANEXO N°5
APARATO DE REFLUJO



Figura. N°34. Aparato de obtención de extractos de muestras y estándares por el método de reflujo.

ANEXO N°6
IMÁGENES DE ETIQUETAS DE MUESTRAS



Figura. N°37. Etiqueta de muestra semilla (C3). Mercado Zacamil.



Figura. N°36. Etiqueta de muestra semilla (C2). Mercado Zacamil.

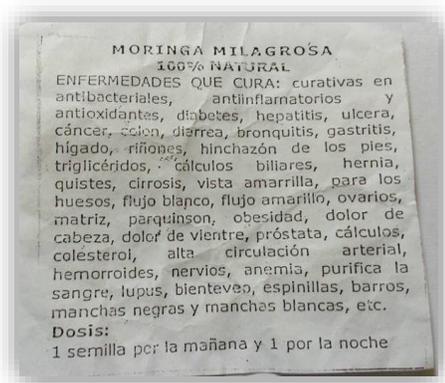


Figura. N°37. Etiqueta de muestra semilla (C3). Mercado Zacamil.



Figura. N°38. Etiqueta de muestra hojas (E2). Mercado San Miguelito.



Figura. N°39. Etiqueta de muestra de cápsulas (F2) Mercado Central.



Figura. N°40. Etiqueta de muestra de cápsulas (F3) Mercado Central.



Figura. N°41. Etiqueta de muestra de cápsulas (F4) Mercado Central.

Figura. N°37. Etiqueta de muestra de cápsula (F5)
Mercado Central.



Figura. N°43. Etiqueta de muestra
semilla (G2). Mercado
Soyapango.



Figura. N°44. Etiqueta de muestra
hojas (G6). Mercado
Soyapango.

ANEXO N°7
REGLAMENTO TECNICO CENTROAMERICANO (RTCA)

ANEXO 2 DE LA RESOLUCIÓN No. 270-2011 (COMIECO-LXI)

**REGLAMENTO RTCA 11.04.41:06
TECNICO
CENTROAMERICANO**

PRODUCTOS FARMACÉUTICOS.
PRODUCTOS NATURALES MEDICINALES PARA USO HUMANO.
REQUISITOS DE ETIQUETADO

CORRESPONDENCIA: Este Reglamento no tiene correspondencia con ninguna otra norma o reglamento internacional.

ICS 11.120.99 RTCA 11.04.41:06

Reglamento Técnico Centroamericano, editado por:
Ministerio de Economía, MINECO
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT
Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC
Secretaría de Industria y Comercio, SIC
Ministerio de Economía Industria y Comercio, MEIC

Derechos Reservados.
REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 11.04.41:06

INFORME

Los respectivos Comités Técnicos de Normalización y de Reglamentación Técnica a través de los Entes de Normalización y de Reglamentación Técnica de los Países de la Región Centroamericana y sus sucesores, son los organismos encargados de realizar el estudio o la adopción de los Reglamentos Técnicos. Están conformados por representantes de los sectores Académico, Consumidor, Empresa Privada y Gobierno.

Este documento fue aprobado como Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 11.04.41:06 Productos Farmacéuticos, Productos Naturales Medicinales para Uso Humano. Requisitos de Etiquetado, por el Subgrupo de Medicamentos y Productos Afines y el Subgrupo de Medidas de Normalización. La oficialización de este reglamento técnico, conlleva la ratificación por el Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO).

MIEMBROS PARTICIPANTES

Por Guatemala
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
Por El Salvador
Consejo Superior de Salud Pública y
Ministerio de Salud (MINSAL)
Por Nicaragua
Ministerio de Salud
Por Honduras
Secretaría de Salud
Por Costa Rica
Ministerio de Salud
REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 11.04.41:06

1. OBJETO

Establecer los requisitos que debe cumplir el etiquetado de productos naturales medicinales para uso humano, que se comercializan en los países Centroamericanos.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Aplica al Etiquetado de todos los productos naturales medicinales para uso humano, cualquiera que sea su modalidad de venta, expedición o suministro.

NOTA 1: No aplica a los productos que contengan sustancias activas de síntesis químicas o aisladas de material natural como responsable de la actividad farmacológica.

3. DEFINICIONES

Para la aplicación del presente Reglamento se entenderá por:

3.1 Acondicionador o empacador: empresa que realiza las operaciones necesarias para que un producto a granel llegue a ser un producto terminado.

3.2 Concentración: contenido de ingrediente natural, expresado en masa o volumen, en unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) y en función de la forma farmacéutica.

3.3 Dosis: cantidad de un producto natural medicinal que debe administrarse a un paciente, en un intervalo de tiempo determinado, para producir el efecto terapéutico.

3.4 Envase o empaque: Material empleado para proteger en su manejo, almacenamiento y transporte al producto natural medicinal.

3.5 Envase primario o empaque primario: recipiente o envase dentro del cual se coloca directamente el producto natural medicinal terminado.

3.6 Envase secundario o empaque secundario: envase definitivo de distribución y comercialización o material de empaque dentro del cual se coloca el envase primario que contiene el producto natural medicinal en su forma farmacéutica definitiva.

3.7 Etiquetado o rotulado: información obligatoria incluida en la etiqueta, rótulo, imagen, u otra materia descriptiva o gráfica que se haya escrito, impreso, estarcido, marcado en relieve, que se adhiere o incluye en el envase de un producto natural medicinal.

3.8 Excipiente o vehículo: sustancia sin acción farmacológica a la concentración utilizada, que determina o modifica la consistencia, forma, volumen o propiedades fisicoquímicas de las preparaciones de productos naturales medicinales.

3.9 Fecha de expiración o vencimiento: fecha establecida para cada lote colocada en el empaque primario y secundario hasta la cual se espera que el producto natural medicinal, almacenado adecuadamente cumpla las especificaciones de calidad.

3.10 Forma farmacéutica: forma física que se le da a un producto natural para su adecuada dosificación, conservación y administración.

3.11 Inserto, prospecto o instructivo: información técnico-científica que se adjunta al producto terminado, el cual debe contener los datos necesarios para el uso seguro y eficaz del producto natural medicinal.

3.12 Lote: cantidad de producto que se fabrica en un ciclo de producción. La característica esencial del lote es su homogeneidad.

3.13 Modalidad de venta: diferentes variantes por medio de las cuales pueden ser comercializados los productos naturales medicinales, siendo éstas las siguientes:

- a) Producto de venta bajo prescripción médica o producto de venta con receta médica;
- b) Producto de venta libre.

3.14 Nombre científico: nombre binario de la especie, formado por género y epíteto específico.

3.15 Nombre común: denominación con la cual se conoce popularmente a una planta, animal o en una región determinada.

3.16 Nombre comercial: nombre que distingue a un determinado producto natural medicinal, de propiedad exclusiva de un laboratorio.

3.17 Nombre del producto natural medicinal: denominación utilizada para la comercialización de un producto natural medicinal, que deberá ser un nombre científico, nombre común o nombre comercial. Cuando sea un nombre comercial no deberá prestarse a confusión con la denominación científica.

3.18 Número de lote: combinación de letras, números o símbolos que sirven para la identificación de un lote.

3.19 Producto natural medicinal: producto procesado, industrializado y etiquetado con propiedades medicinales; que contiene en su formulación ingredientes obtenidos de las plantas, animales, minerales o mezclas de éstos. Puede contener excipientes además del material natural.

Los productos naturales medicinales a los que se les adicione sustancias activas de síntesis química o aislada de material natural como responsables de la actividad farmacológica, no son considerados productos naturales medicinales.

3.20 Producto terminado: forma farmacéutica final que está en su envase o empaque definitivo, etiquetada y lista para ser distribuida y comercializada

3.21 Sustancia activa natural: sustancia definida químicamente o grupos de sustancias, cuya acción farmacológica se conoce y es responsable de efectos terapéuticos presentes en el producto natural medicinal. Cuando se desconocen las sustancias químicas citadas anteriormente, se considera sustancia activa a la droga natural o a la preparación natural.

3.22 Vía de administración: ruta mediante la cual se pone el producto natural en contacto con el ser humano receptor para que pueda ejercer acción local o acción sistémica.

4. CONDICIONES GENERALES DEL ETIQUETADO

La información de la etiqueta o rotulo en condiciones normales de manipulación del producto debe mantenerse fácilmente legible, estar redactada en idioma castellano/español. El uso simultáneo de otros idiomas será aceptado siempre y cuando la información sea la misma.

Las etiquetas podrán ser de papel o de cualquier otro material que pueda ser adherido a los envases o empaques o bien de impresión permanente sobre los mismos; siempre y cuando este proceso de impresión no altere la integridad del envase o empaque sobre el cual se realiza dicha impresión.

La impresión de las etiquetas que se adhieran al envase o empaque, podrá estar en el reverso de las mismas, siempre que sea claramente visible y legible a través del envase o empaque con su contenido.

Para efectos de etiquetado las burbujas, cunas, bandejas y otros aditamentos, no se consideran envase o empaque secundario.

Si el producto se va a comercializar sin el envase o empaque secundario, el etiquetado del envase o empaque primario debe cumplir con todos los requisitos indicados para el envase o empaque secundario.

5. ETIQUETADO DE PRODUCTOS NATURALES

5.1 Etiquetado del envase / empaque primario

La información que deberá llevar la etiqueta del envase o empaque primario del producto, cuando no tenga empaque o envase secundario, es la siguiente:

- a) Nombre del producto.
- b) Forma farmacéutica.
- c) Indicaciones.
- d) Modo de empleo.
- e) Composición cuali.cuantitativa de las sustancias activas naturales (incluyendo nombre científico), por forma dosificada
- f) Número de inscripción o registro.
- g) Nombre del laboratorio fabricante y país de origen. En caso de fabricación por terceros, se debe incluir nombre y país de origen de los laboratorios involucrados en los diferentes procesos de fabricación.
- h) Cantidad o volumen neto del producto terminado en el envase declarado en el Sistema Internacional de Unidades.
- i) Número de lote.
- j) Condiciones de almacenamiento
- k) Fecha de vencimiento.
- l) Contraindicaciones y advertencias si proceden.
- m) Leyendas generales.
- n) Leyendas especiales, si proceden.
- o) Dosis.
- p) Vía de administración

En caso de que el producto se dispense al usuario con su empaque o envase secundario o con inserto, la información indispensable que debe incluir en el envase o empaque primario debe ser:

- a) Nombre del producto.
- b) Número de lote.
- c) Fecha de vencimiento.
- d) Nombre o logotipo del laboratorio fabricante.

5.2 Etiquetado del envase / empaque secundario

La información que deberá llevar la etiqueta del envase o empaque secundario del producto, es la siguiente:

- a) Nombre del producto.
- b) Forma farmacéutica
- c) Indicaciones.
- d) Modo de empleo.
- e) Composición cuali.cuantitativa de ingredientes activos (incluyendo nombre científico) por forma dosificada.
- f) Número de inscripción o registro.
- g) Nombre del laboratorio fabricante y país de origen. En caso de fabricación por terceros, se debe incluir nombre y país de origen de los laboratorios involucrados en los diferentes procesos de fabricación.
- h) Cantidad o volumen neto del producto terminado en el envase declarado en el Sistema Internacional de Unidades.
- i) Número de lote.

- j) Condiciones de almacenamiento.
- k) Fecha de vencimiento.
- l) Contraindicaciones y advertencias (si proceden).
- m) Interacciones (si proceden).
- n) Efectos adversos (si proceden).
- o) Leyendas generales.
- p) Leyendas especiales, si proceden.
- q) Posología.
- r) Vía de administración
- s) Uso durante el embarazo, en el período de lactancia, en ancianos y niños menores de dos años. Si la totalidad de la información exigida en los numerales 5.1 y 5.2 no puede ser consignada en la etiqueta o empaque, debe incluirse utilizando inserto, instructivo o prospecto.

6. LEYENDAS GENERALES Y ESPECIALES

Las leyendas que deben figurar en el etiquetado del producto natural medicinal, se citan a continuación.

6.1 Leyendas generales:

6.1.1. Manténgase fuera del alcance de los niños.

6.1.2. Para modalidad de venta libre: Si los síntomas persisten consulte a su médico..

6.2 Leyendas especiales: cuando el producto lo requiera.

7. CONCORDANCIA

El presente documento no tiene concordancia con ningún otro reglamento o normativa internacional.

8. BIBLIOGRAFÍA

Para la elaboración del presente reglamento técnico se tomó en cuenta el documento siguiente:

- RTCA 11.01.02:03 Reglamento Técnico Productos Farmacéuticos. Etiquetado de productos farmacéuticos para uso humano.
- RTCA Productos Farmacéuticos. Productos naturales medicinales para uso humano. Registro sanitario.

9. VIGILANCIA Y VERIFICACIÓN

Corresponde la vigilancia y la verificación de este Reglamento Técnico a las Autoridades reguladoras de los Estados Parte de la Unión Aduanera Centroamericana.

FIN DEL REGLAMENTO.

ANEXO N°8
ARTICULOS CIENTIFICOS RELACIONADOS CON
Moringa oleifera.

Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica

Potential applications of Moringa oleifera. A critical review

C. Martín^{1,2}, G. Martín³, A. García¹, Teresa Fernández¹, Ena Hernández¹ y Jürgen Puls²

¹*Departamento de Química e Ingeniería Química, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Cuba*

Autopista Varadero km 3 ½. Matanzas, Cuba

²*Institute for Wood Technology and Wood Biology, Hamburg, Germany*

³*Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Ministerio de Educación Superior, Cuba*

E-mail: carlos.martin@umcc.cu

RESUMEN

Moringa oleifera es un árbol originario de la India al que se le atribuyen múltiples beneficios para el bienestar humano. Es de crecimiento rápido, de relativamente poca exigencia hacia el suelo y se cultiva en toda la franja intertropical. Uno de los principales usos de sus hojas y de la torta de prensado de su semilla es en la formulación de raciones para la alimentación animal. Sin embargo, prácticamente todas las partes del árbol tienen diversas aplicaciones, sobre lo cual existen testimonios que se remontan a la Antigüedad. En este trabajo se hace una revisión de la literatura disponible sobre la utilización de esta planta. Se presentan distintos campos de aplicación de *M. oleifera* a la luz del creciente interés científico que ha generado en los últimos lustros. El objetivo es presentar las evidencias aportadas por la literatura científica que confirman y explican las propiedades y aplicaciones de la moringa, las cuales se distancian de versiones sin confirmar aportadas por la literatura popular y la publicidad.

Palabras clave: alimentación, *Moringa oleifera*, tratamiento de aguas residuales.

ABSTRACT

Moringa oleifera is a tree from India to which many benefits for human welfare are ascribed. It grows fast, is little demanding on the soil and is cultivated throughout the inter-tropical strip. One of the main uses of its leaves and the seed press cake is in the formulation of rations for animal feeding. However, practically all the parts of the tree have diverse applications, about which there are testimonies since ancient times. This work reviews the available literature about the utilization of this plant. Different application fields of *M. oleifera* are presented in the light of the increasing scientific interest it has generated in recent years. The objective is to show the evidence contributed by the scientific literature which confirms and explains the properties and applications of *M. oleifera*, which are far from unconfirmed versions provided by popular literature and publicity.

Key words: feeding, *Moringa oleifera*, treatment of residual waters.

INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera, árbol perteneciente a la familia *Moringaceae*, es nativo de las estribaciones meridionales del Himalaya y en la actualidad se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales, subtropicales y semiáridas del mundo. Puede crecer en condiciones de escasez de agua, pero su cultivo intensivo, con irrigación y fertilización, aumenta los rendimientos de biomasa hasta superar las 100 toneladas por hectárea (Foidl, Makkar y Becker, 2001). Se conoce por diferentes nombres vernáculos, tales como: marango, moringa, resedá, árbol de rábano, árbol de la baqueta, ángela, árbol de los espárragos, árbol de las perlas, árbol "ben", árbol de la vida y árbol de los milagros (Fuglie, 2001). Este último nombre es una medida de la importancia de esta planta para solucionar problemas de salud que, de otra manera, podrían considerarse incurables.

Desde hace milenios, prácticamente todas las partes de *M. oleifera* han sido utilizadas por el hombre. Las hojas, las flores, los frutos y las raíces son apreciados por su valor nutritivo y pueden ser usados tanto en la alimentación humana como en la animal. Las hojas son excepcionalmente ricas en vitaminas y diferentes aminoácidos, por lo que se recomiendan para tratar problemas de malnutrición en niños (Fuglie, 2001). También se emplean como forraje, biopesticida y para la producción de biogás (Fahey, 2005). Las semillas se utilizan en la alimentación, la medicina, el tratamiento de aguas y como fertilizantes (Foidl *et al.*, 2001). La corteza del tronco es útil en la adsorción de metales

pesados (Reddy, Ramana, Seshaiyah y Reddy, 2011), así como para la fabricación de cuerdas y alfombras (Ramachandran, Peter y Gopalakrishnan, 1980). El aceite se usa en la industria de perfumería y la de cosméticos como lubricante, en la alimentación humana y en la producción de biodiesel (Rashid, Anwar, Moser, y Knothe, 2008). Las cascarillas de las semillas sirven de materia prima para la producción de carbón activado y de intercambiadores aniónicos. La planta también se emplea como cerca viva o cortina rompevientos, 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).

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. Algunos usos aun no han sido confirmados científicamente y requieren de investigación futura. La presente reseña está dirigida a presentar las evidencias aportadas por la literatura científica que confirman y explican las propiedades de la moringa; este trabajo no ignora lo publicado en la literatura general y popular, aunque lo toma con cautela.

***M. oleifera* en la alimentación animal**

Las características nutricionales de *M. oleifera* son excelentes, por lo que es usada como forraje a gran escala en varios países africanos y en Nicaragua. 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). Sus hojas y la torta de prensado de sus semillas pueden ser utilizadas en la formulación de raciones para la alimentación animal (Pérez, Sánchez, Armengol y Reyes, 2010). Las hojas se pueden emplear tanto de manera directa como después de extracción con etanol. En una investigación realizada en el Instituto de Producción Animal en los Trópicos y Subtrópicos (en Hohenheim, Alemania), se demostró que la composición de aminoácidos de las hojas de moringa es comparable con la de la soya, y se comprobó que el índice de proteína digerible de sus hojas en los intestinos (PDI) es superior al de varios suplementos proteínicos convencionales, como las tortas de coco y las semillas de algodón, maní, sésamo y girasol (Makkar y Becker, 1996).

Los altos niveles de proteína cruda y de PDI hacen de las hojas de moringa un buen suplemento proteínico para el ganado vacuno de alta productividad. Por su parte, las hojas extraídas con etanol son aun mejores ingredientes para piensos; pues, además de su alto contenido de proteínas, no contienen taninos, lectinas, inhibidores de tripsina

ni factores de flatulencia, y sus niveles de saponinas y fitatos son bajos (Makkar y Becker, 1996). En Nicaragua se han obtenido buenos resultados con la utilización de mezclas de hojas de *M. oleifera* con melazas y paja de caña de azúcar (Radovich, 2011). También se han reportado pruebas del uso de hojas de esta planta en la piscicultura y en la lombricultura (Cova, García, Castro y Medina, 2007).

La torta desgrasada de moringa, por su alto contenido de proteínas, es una materia prima de interés para la alimentación animal. En una investigación reciente se compararon seis plantas oleaginosas no tradicionales que crecen en Cuba, y *M. oleifera* resultó la de mayor contenido de proteína (68,6 % del peso seco) en la torta de prensado (Martín *et al.*, 2010). La evaluación de dicha torta como aditivo en la dieta de ganado ovino ha sido objeto de estudios recientes. En una investigación con 24 corderos, que fueron alimentados con heno *ad libitum* y cantidades controladas de harina de soya y torta de *M. oleifera* durante 45 días, se demostró que la adición de la torta resultó en una mejor fermentación ruminal y en una ganancia de peso directamente proporcional a la dosis suministrada (Ben Salema y Makkar, 2009). Adicionar esta torta, la cual tiene un mayor contenido de proteína cruda y menor contenido de fibra neutra que la harina de soya, no afectó la ingesta de heno ni su digestibilidad ni el balance de nitrógeno. Por otra parte, se demostró que las proteínas presentes en las tortas tienen efecto antibiótico (Makkar, Francis y Becker, 2007), y que las desgrasadas totalmente no contienen la mayoría de los metabolitos secundarios de las plantas, tales como: taninos, saponinas, alcaloides e inhibidores de tripsina y de amilasas (Makkar y Becker, 1997).

***M. oleifera* en la alimentación humana**

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). 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 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. A partir de las raíces se preparan salsas que, por su sabor, recuerdan al rábano picante; por ello la moringa en algunos sitios se conoce como el árbol del rábano.

Las hojas de esta especie presentan un elevado contenido de vitaminas, provitaminas y minerales (Palada y Chang, 2003). Además, se ha demostrado que contienen todos los aminoácidos esenciales para la vida, incluyendo algunos como la arginina y la histidina, que se encuentran generalmente en proteínas de origen animal y que son muy importantes para el desarrollo de los infantes. Por esta razón, 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). No obstante, debe señalarse que algunas fuentes en Internet reportan números exagerados para comparar esta planta con diferentes frutas y vegetales en cuanto al contenido de nutrientes.

El aceite de moringa es rico en ácido oleico y en tocoferoles (Anwar, Ashraf y Bhangar, 2005). Excepto por su menor contenido de ácido linoleico, dicho aceite presenta composición química y propiedades físicas que lo asemejan al de oliva. Se utiliza en el aderezo de ensaladas en Haití y otras islas del Caribe (Foidl *et al.*, 2001), sin que se hayan reportado casos de efectos adversos, alergias o toxicidad (Ghazali y Mohammed, 2011).

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* (Martín *et al.*, 2010); por eso, la adición de este a otros aceites permite obtener mezclas con propiedades mejoradas para el uso culinario sin que se afecten las propiedades nutricionales.

Usos medicinales de *M. oleifera*

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.

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 aun 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. A continuación se discuten algunas de sus propiedades curativas que sí están confirmadas en la literatura científica.

Justificación fitoquímica de los efectos terapéuticos

Recientemente se ha demostrado la presencia, en *M. oleifera*, de importantes fitoquímicos responsables de sus propiedades curativas. En uno de los primeros estudios exhaustivos sobre la composición química de esta especie se reveló que es rica en varias sustancias muy peculiares, como glucosinolatos, isotiocianatos, flavonoides, antocianinas, proantocianidinas y cinamatos (Benett *et al.*, 2003); también se incluyó la distribución de fitoquímicos en las distintas partes del árbol.

Varios de los compuestos identificados pueden considerarse nutraceuticos, ya que son útiles tanto en la nutrición como en la salud humana. Por ejemplo, el 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el 4-(α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el isotiocianato de bencilo y el 4-(α -L-ramnopiranosiloxi)-glucosinolato de bencilo presentan actividad anticancerígena, hipotensiva y antibacteriana (Fahey, 2005). El alto contenido de vitaminas, minerales y otros fitoquímicos como vainillina, ácidos grasos omega, carotenoides, ascorbatos, tocoferoles, β -sitosterol, ácido octacosanoico, moringina, moringinina y fitoestrógenos también es un factor importante en los efectos terapéuticos de *M. oleifera* (Fuglie, 2001; Fahey, 2005; Singh *et al.*, 2009).

Actividad antimicrobiana

El uso de *M. oleifera* para el control de diversas infecciones provocadas por microorganismos es bien conocido, y en años recientes se han generado resultados científicos que confirman su actividad antimicrobiana. Estudios *in vitro* han comprobado la actividad de diferentes partes de la planta sobre los microorganismos patógenos. La inhibición del crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* por extractos acuosos de las hojas fue demostrada por científicos guatemaltecos (Cáceres *et al.*, 1991). Por otra parte, Chuang *et al.* (2007) demostraron la actividad

antifúngica de aceites esenciales de las hojas y de extractos alcohólicos de las semillas y las hojas contra dermatofitos como *Trichophyton rubrum* y *Trichophyton mentagrophytes*. Además, se logró identificar 44 componentes de los aceites esenciales de las hojas que pueden ser utilizados en el desarrollo futuro de fármacos para el tratamiento de enfermedades cutáneas típicas de las áreas tropicales.

Estudios bacteriológicos demostraron la actividad antimicrobiana de los extractos de semillas de moringa, los cuales flocculan bacterias Gram positivas y Gram negativas del mismo modo que lo hacen con los coloides del agua. Su acción bacteriostática consiste en la disrupción de la membrana celular por inhibición de enzimas esenciales (Suárez, Entenza y Doerries, 2003). El principal ingrediente responsable de dicha actividad es el 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocionato de bencilo, el cual tiene acción bactericida sobre varias especies patógenas, incluyendo aislados de *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Legionella* resistentes a antibióticos. La potencia de los isotiocianatos como antibióticos también quedó demostrada en un estudio con *Helicobacter pylori*, que es el causante de úlceras gástricas y duodenales (Fahey, 2005).

En una investigación muy reciente realizada en Kenya se demostró la actividad antimicrobiana de extractos de semillas de *M. oleifera* sobre las bacterias *Salmonella typhii*, *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli*, causantes de la fiebre tifoidea, el cólera y la gastroenteritis, respectivamente (Walter, Peter y Joseph, 2011). Los autores de la presente reseña consideran que ese resultado puede tener un gran impacto, ya que se trata de agentes antimicrobianos naturales que constituyen un método barato y sostenible para el control de enfermedades y para mejorar la calidad de vida en comunidades pobres. Debe tenerse en cuenta que en muchas regiones rurales de los países subdesarrollados, debido al alto costo del cloro y otros desinfectantes, no se les practica ningún tratamiento a las aguas, lo que genera enfermedades provocadas por los microorganismos contaminantes.

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 inhibidora del 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocionato 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).

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 (Iqbal y Bhanger, 2006). 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.

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).

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 (Ezeamuzie, Ambadederomo, Shode y Ekwebelem, 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 (Ezeamuzie *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 (Ezeamuzie *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).

Actividad hipoglucemiante y antihipertensiva

En la medicina tradicional india, *M. oleifera* es usada para el tratamiento de la diabetes y la hipertensión arterial. El anecdotario popular en naciones africanas también reporta varios casos de cura milagrosa de diabetes e hipertensión usando remedios preparados a partir de esta planta. La incipiente investigación científica al respecto ya ha obtenido evidencias convincentes de muchos de esos casos, aunque la confirmación de otros requiere mayores pesquisajes. En años recientes, en diferentes

países se han realizado investigaciones encaminadas a evaluar el potencial hipoglucemiante, antidiabético e hipotensivo de la moringa usando ensayos bioclínicos, farmacológicos y bioquímicos. En la India se investigaron 30 plantas medicinales, a las que los sistemas de medicina Ayurveda, Unani y Siddha les atribuían actividad hipoglucemiante (Kar, Choudhary y Bandyopadhyay, 2003); el estudio confirmó que 24 de ellas provocaban una disminución en la concentración de glucosa en la sangre de ratas albinas, y una de las especies con mayor efecto hipoglucemiante resultó ser *M. oleifera*.

Las hojas de moringa presentan actividad hipoglucemiante e hipotensiva, entre otras varias actividades biológicas (Murakami *et al.*, 1998; Iqbal y Bhangar, 2006). Se han obtenido evidencias sobre su potencial para aliviar disfunciones del sistema endocrino, como trastornos de la tiroides (Tahiliani y Kar, 2000) y de la secreción de insulina (Jaiswal *et al.*, 2009).

Varios fitoquímicos contenidos en las hojas y los frutos de *M. oleifera* han revelado su potencial para el control de la diabetes y de la hipertensión arterial. Francis, Jayaprakasam, Olson, y Nair (2004) lograron aislar y purificar a partir de frutos de esta planta ocho compuestos biológicamente activos, de los cuales un tiocarbamato, dos carbamatos y un fenilglucósido estimularon la secreción de insulina en células pancreáticas β de ratas (Francis *et al.*, 2004). Por otra parte, en un estudio realizado por científicos pakistaníes se demostró que la responsabilidad por la actividad antihipertensiva de la moringa recae en glucósidos de tiocarbamato y de isotiocianato, así como en el β -sitosterol y el p-hidroxibenzoato de metilo (Faizi *et al.*, 1998). Ese resultado coincide con un reporte previo que reveló la actividad antihipertensiva de los glucósidos de tiocarbamato aislados de *M. oleifera* (Jansakul, Wun-Noi, Croft y Byrne, 1997).

El alto contenido de vitaminas en la moringa es esencial en su uso para la terapia de la diabetes. La vitamina D es fundamental para el funcionamiento correcto del páncreas y la secreción de insulina. La presencia de β -caroteno reduce el riesgo de ceguera en diabéticos. La vitamina B-12 es útil en el tratamiento de la neuropatía diabética y la vitamina C previene la acumulación de sorbitol y la glicosilación de las proteínas, dos factores muy importantes en el desarrollo de complicaciones diabéticas como las cataratas.

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.

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.

***M. oleifera* en el tratamiento de aguas**

El uso de *M. oleifera* en el tratamiento de aguas con el fin de purificarlas es una práctica antigua. En algunas fuentes de literatura popular se dice que este uso está recogido en el siguiente pasaje del Antiguo Testamento: "...no pudieron beber las aguas de Mara, porque eran amargas (...) 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). Independientemente de los atributos de la moringa y del valor teológico del mencionado pasaje bíblico, los argumentos para relacionarlos carecen de fundamento científico. Del mismo modo que no existen evidencias que demuestren que: "el árbol de la vida, que produce doce cosechas al año (...) sus hojas son para la salud de las naciones..." (Apocalipsis 22:2-3) sea otra mención a la moringa en las Sagradas Escrituras. Lo que sí es cierto es que sus semillas han sido utilizadas desde hace siglos en distintas regiones de Asia y África como un coagulante natural para la clarificación de aguas turbias (Jahn, 1988; Foidl *et al.*, 2001).

Purificación de agua potable

La efectividad de las semillas de *M. oleifera* para la remoción de materias en suspensión contenidas en aguas turbias ha sido convincentemente demostrada (Jahn, 1988; Muyibi y Evison, 1995; Ndabigengesere *et al.*, 1995). Además, se ha comprobado que la moringa no solo tiene propiedades coagulantes, sino también acción bactericida (Folkard y Sutherland, 1996), lo que avala su uso en la potabilización de agua. En una investigación realizada con aguas turbias del Nilo, en dos horas de tratamiento se logró hasta un 99,5 % de reducción de la turbidez y la eliminación de hasta el 99,99 % de las bacterias (Madsen, Schlundt y El Fadil, 1987).

Asimismo, se ha indicado que la acción coagulante es realizada por determinadas proteínas floculantes que han sido extraídas de las semillas de *M. oleifera* y caracterizadas por diferentes autores (Bhuptawat, Folkard y Chaudhari, 2007; Santos *et al.*, 2009). Se trata de proteínas catiónicas divalentes con una masa molar de 13 kDa y puntos isoeléctricos entre 10 y 11 (Ndabigengesere *et al.*, 1995). El mecanismo de coagulación está vinculado a la adsorción y neutralización de las cargas coloidales.

En opinión de los autores, el uso de las semillas de moringa para la purificación de agua es una opción económicamente atractiva para los países subdesarrollados,

teniendo en cuenta el alto costo de muchos coagulantes químicos. Además, algunos de ellos como el sulfato de aluminio (alumbre) pueden tener efectos adversos en la salud humana (Mendoza, Fernández, Ettiene y Díaz, 2000). La aplicación de la semilla al tratamiento de aguas genera menores volúmenes de lodo, en comparación con el alumbre (Ndabigengesere *et al.*, 1995).

La dosis de extractos de semilla requerida es similar a la de alumbre que normalmente se utiliza, pero si el tratamiento se realiza con proteínas purificadas y no con el extracto total, el efecto coagulante es mucho mayor. Teniendo en cuenta además que la moringa es biodegradable, no es tóxica, no afecta el pH ni la conductividad del agua, y el lodo producido por la coagulación es inocuo y poco voluminoso, puede considerarse un sustituto viable del alumbre. Aunque la no toxicidad de las semillas está confirmada, Santos *et al.* (2009) sugieren tratar térmicamente el agua purificada para desnaturalizar la proteína lectina, que es un reconocido factor antinutricional.

Además de las investigaciones a nivel de laboratorio también se han realizado pruebas exitosas a escala piloto e industrial (Folkard, Sutherland y Grant, 1992). Sin embargo, no ha sido posible generalizar la aplicación debido a la fuerte competencia de los coagulantes comerciales. Por otra parte, el estricto control sanitario existente en muchos países restringe el uso de nuevos productos en el agua potable. Por eso, un primer paso en la generalización de los resultados podría ser la aplicación de extractos de semilla de *M. oleifera* en el tratamiento de aguas residuales (Bhuptawat *et al.*, 2007).

Tratamiento de aguas residuales

Existen experiencias sobre la aplicación de *M. oleifera* en el tratamiento de aguas residuales procedentes de diferentes fuentes. Su uso se ha reportado en el tratamiento de albañales (Bhuptawat *et al.*, 2007) y de efluentes industriales (Ndabigengesere y Narasiah, 1998; Bhatia, Othman y Ahmad, 2007; Krishna Prasad, 2009; Morales, Méndez y Tamayo, 2009).

La evaluación a escala de laboratorio de un extracto acuoso de semillas de moringa en el tratamiento de aguas albañales resultó en una disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) superior al 50 %. La combinación de dosis de 100 mg/L de extracto con 10 mg/L de alumbre aumentó la remoción de la DQO a 64 %. La sencillez del procedimiento y el bajo costo del extracto avalan el tratamiento para su aplicación a mayores escalas (Bhuptawat *et al.*, 2007).

En el tratamiento de efluentes de matadero con polvo de semillas de *M. oleifera* se logró una reducción de la absorbancia de 25 % para agua residual de fosa, con menor cantidad de materia orgánica suspendida, y un 82 % de reducción para agua residual de laguna, con mayor cantidad de sólidos suspendidos (Morales *et al.*, 2009). La extracción de las proteínas de las semillas con soluciones salinas y su posterior uso en vinazas de destilería resultó en una remoción de 53-64 % del color inicial (Krishna

Prasad, 2009). El uso de torta desgrasada de moringa en plantas de extracción de aceite de palma permitió eliminar el 95 % de los sólidos en suspensión y disminuir la DQO en un 52,2 %. En combinación con un coagulante comercial, la remoción de sólidos superó el 99 % (Bhatia *et al.*, 2007).

M. oleifera también puede ser útil en el control de vectores en aguas estancadas. Recientemente se demostró que los extractos de semillas evitan la adaptación de las larvas de *Aedes aegypti* a los medios de control utilizados en la lucha antivectorial. La actividad larvívora se atribuye a la lectina hidrosoluble contenida en los extractos, la cual promueve el retardo en el crecimiento de las larvas y su mortalidad (Coelho *et al.*, 2009).

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. oleifera* tiene la capacidad de eliminar iones de calcio, magnesio y otros cationes divalentes (Muyibi y Evison, 1995). Esa propiedad se descubrió accidentalmente en un estudio de clarificación que reveló una reducción del 60-70 % de la dureza del agua después de coagulación y dos horas de sedimentación (Sani, 1990). Posteriormente, Muyibi y Evison (1995), 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.

Adsorción de metales pesados

Durante la última década, el uso de biosorbentes ha ganado aceptación para la adsorción de metales pesados, cuya toxicidad hacia el organismo humano es ampliamente reconocida. La creciente popularidad de los biosorbentes se debe a que las tecnologías usadas actualmente para la remoción de metales tóxicos no son efectivas ni económicas (Reddy *et al.*, 2011). Ellos pueden ser preparados a partir de residuos agrícolas y agroindustriales, los cuales presentan una alta capacidad adsorbtiva debido a la presencia de grupos funcionales polares que forman complejos de coordinación con los iones metálicos en disolución. Además de su bajo costo, los biosorbentes presentan otras ventajas como su alta eficiencia, poca generación de lodos, alto nivel de regeneración y la posibilidad de recuperar el metal.

Recientemente se descubrió que tanto las semillas como la corteza de moringa pueden ser utilizadas para la adsorción de metales pesados como el cadmio, el plomo y el níquel (Reddy *et al.*, 2011). Teniendo en cuenta los altos costos de las principales técnicas utilizadas para la remoción de metales tóxicos, los autores del presente trabajo consideran que el descubrimiento de la capacidad adsorptiva de esta especie tiene gran importancia para los países subdesarrollados. Adicionalmente, la corteza de *M. oleifera* permite un alto grado de recuperación de los metales adsorbidos, llegando a la desorción del 98 % del níquel adsorbido de soluciones acuosas (Reddy *et al.*, 2011).

La efectividad del polvo de corteza de moringa para ser utilizado como biosorbente en varios ciclos de adsorción/desorción fue confirmada en un estudio cinético de la adsorción y una rigurosa caracterización físico-química, utilizando microscopía electrónica, espectroscopía infrarroja, difusión de rayos X y análisis elemental. También se demostró la efectividad del material para la remoción de plomo, aun en presencia de otros cationes metálicos, como Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ (Reddy *et al.*, 2011).

Usos no comestibles del aceite de *M. oleifera*

Usos tradicionales

El aceite representa entre el 22 y el 40 % del peso de las semillas de *M. oleifera* (Abdulkarim *et al.*, 2005) y contiene alrededor de un 70 % de ácido oleico (Martín *et al.*, 2010). Además de los usos comestibles discutidos anteriormente, su aceite conocido comúnmente como "aceite de ben" recibe diversos usos no comestibles, muchos de los cuales se remontan a las civilizaciones clásicas de la Antigüedad y están relacionados con sus particulares propiedades físicas y químicas.

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). Durante mucho tiempo fue muy bien valorado como lubricante de relojería y maquinaria de precisión (Ramachandran *et al.*, 1980), y también se ha reportado su uso en la iluminación debido a que arde sin humo.

Producción de biodiesel

M. oleifera, por ser 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).

Investigaciones recientes han demostrado el potencial del aceite de moringa para la producción de biodiesel (Rashid *et al.*, 2008; 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).

Utilización de las cascarillas de las semillas y las vainas secas de *M. oleifera*

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 las cascarillas como las vainas secas del fruto de moringa son objeto de estudio por parte de los autores del presente trabajo. Se ha observado que su contenido de polisacáridos es relativamente alto y los glucanos representan el 28 % en las cascarillas (Martín *et al.*, 2010) y el 32 % en las vainas (Martín, C. y Puls, inédito). El alto contenido de glucanos, comparable con el de otros biorrecursos lignocelulósicos (Martín, 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 (Martín *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.

Consideraciones finales

El análisis crítico de la bibliografía disponible sobre la utilización de *M. oleifera* revela que, aunque todavía quedan puntos por aclarar, una parte considerable de los beneficios que se le atribuyen están confirmados científicamente. Según los autores del presente artículo, esta especie es un biorrecurso de mucho interés para su explotación en Cuba, por lo cual proponen las siguientes estrategias:

A corto plazo: el empleo de las hojas y los frutos tiernos en la alimentación humana y animal, y en la extracción de sus principios activos para posibles usos médico-farmacéuticos.

A largo plazo: la utilización de los frutos secos en la producción de aceite para posibles usos alimenticios y no alimenticios. Esta variante generaría tortas de prensado, vainas y cascarillas.

De las tortas podrían extraerse proteínas para la purificación del agua y principios activos para usos médico-farmacéuticos. El resto de la torta podría dirigirse a la alimentación animal.

Las vainas resultan de interés para la producción de etanol, aunque se requiere más investigación.

Las cascarillas podrían emplearse en la producción de carbón activado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al apoyo financiero de la Fundación Alexander von Humboldt (Bonn, Alemania), la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) (Berna, Suiza), la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) (Estocolmo, Suiza), la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPCW) (La Haya, Países Bajos) y la Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) (Matanzas, Cuba).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdulkarim, S.M. *et al.* Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food Chem.* 93:253. 2005.
2. Anwar, F.; Ashraf, M. & Bhangar, M.I. Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. *J. Am. Oil Chemists Soc.* 82:45. 2005.

3. Ben Salema, H. & Makkar, H.P.S. Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 150:27. 2009.
4. Bharali, R.; Tabassum, J. & Azad, M.R.H. 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. 2003.
5. Bhatia, S.; Othman, Z. & Ahmad, A.L. Pretreatment of palm oil mill effluent using *M. oleifera* seeds as natural coagulant. *J. Hazardous Mat*. 145:120. 2007.
6. Bhuptawat, H.; Folkard, G.K. & Chaudhari, S. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *M. oleifera* seed coagulant. *J. Hazardous Mat*. 142:477. 2007.
7. Cáceres, A. *et al*. Pharmacological properties of *M. oleifera*. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. *J. Ethnopharmacology*. 33:213. 1991.
8. Chuang, P.H. *et al*. Anti-fungal activity of crude extracts and essential oil of *Moringa oleifera* Lam. *Bioresource Technology*. 98:232. 2007.
9. Coelho, J.S. *et al*. Effect of *M. oleifera* lectin on development and mortality of *A. aegypti* larvae. *Chemosphere*. 77:934. 2009.
10. Cova, L.J.; García, D.E.; Castro, A.R. & Medina, María G. Efecto perjudicial de *Moringa oleifera* (Lam.) combinada con otros desechos agrícolas como sustratos para la lombriz roja (*Eisenia* spp.). *Interciencia*. 32:769. 2007.
11. Deon, M.G. Historia de la cosmética natural. *Revista Crecimiento Interior*. 94:2. 2006.
12. Ezeamuzle, I.C.; Ambadederomo; A.W.; Shode, F.O. & Ekwebelem, S.C. Anti-inflammatory effects of *M. oleifera* root extract. *Int. J. Pharmacognosy*. 34:207. 1996.
13. Fahey, J. *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. *J. Trees for Life*. 1:5. 2005.
14. Faizi, S. *et al*. Hypotensive constituents from pods of *Moringa oleifera*. *Planta Medica*. 3:957. 1998.
15. Flora, S.J.S. & Pachauri, V. *Moringa (Moringa oleifera)* seed extract and the prevention of oxidative stress. In: *Nuts & seeds in health and disease prevention*. Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands. p. 776. 2011.
16. Foidl, N.; Makkar, H.P.S. & Becker, K. The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: *The miracle tree: The multiple attributes of Moringa*. (Ed. J. Lowell Fuglie). CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. p. 45. 2001.

17. Folkard, G.K. & Sutherland, J.P. *Moringa oleifera*-a tree and a litany of potential. *Agroforestry Today*. 8:5. 1996.
18. Folkard, G.K.; Sutherland, J.P. & Grant, W.D. Natural coagulants at pilot scale. In: Water, environment and management. Proceedings of the 18th WEDC Conference. (Ed. J. Pickford). Loughborough University Press. Kathmandu, Nepal. p. 51. 1992.
19. Forbes, R.J. Cosmetics and perfumes in antiquity. Studies in ancient technology. Vol. III. E.J. Brill Publishing. Leiden, The Netherlands. 86 p. 1955.
20. Francis, J.A.; Jayaprakasam, B.; Olson, L.K. & Nair, M. Insulin secretagogues from *Moringa oleifera* with cyclooxygenase enzyme and lipid peroxidation inhibiting activities. *Helvetica Chimica Acta*. 87:317. 2004.
21. Fuglie, L.J. Combating malnutrition with Moringa. In: The miracle tree: the multiple attributes of Moringa. (Ed. L.J. Fuglie). CTA Publication. Wageningen, The Netherlands. p. 117. 2001.
22. Ghazali, H.M. & Mohammed, A.S. Moringa (*Moringa oleifera*) seed oil: composition, nutritional aspects, and health attributes. In: Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention. (Eds. V.R. Preedy, R. Ross and V.B. Patel). Elsevier Inc. Amsterdam, The Netherlands. p. 787. 2011.
23. Guevara, A.P.; Vargas, C. & Sakurai, H. An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. *Mutat. Res.* 440:181. 1999.
24. Guevara, A.P.; Vargas, C. & Uy, M. Anti-inflammatory and antitumor activities of seed extracts of malunggay, *M. oleifera* L. (*Moringaceae*). *Philippine J. Sc.* 125:175. 1996.
25. Gupta, R.; Dubey, D.K.; Kannan, G.M. & Flora, S.J.S. Concomitant administration of *Moringa oleifera* seed powder in the remediation of arsenic-induced oxidative stress in mouse. *Cell Biology International*. 31:44. 2007.
26. Hernández, E. *et al.* Dilute-acid pretreatment and enzymatic saccharification of *Moringa oleifera* pods for ethanol production. Proceedings of the 11th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp. (Ed. J.H. von Thünen) Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries. Hamburg, Germany. p. 169. 2010.
27. Iqbal, S. & Bhangar, M.I. Effect of season and production location on antioxidant activity of *M. oleifera* leaves grown in Pakistan. *J. Food Comp. Analysis*. 19:544. 2006.
28. Jahn, S.A.A. Using Moringa seeds as coagulants in developing countries. *J. Am. Water Works Assoc.* 80:43. 1988.

29. Jaiswal, D. *et al.* Effect of *Moringa oleifera* Lam. leaves aqueous extract therapy on hyperglycemic rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 123:392. 2009.
30. Jansakul, C.; Wun-Noi, A.; Croft, K. & Byrne, L. Pharmacological studies of thiocarbamate glycosides isolated from *Moringa oleifera*. *J. Sci. Soc. Thailand*. 23:335. 1997.
31. Kar, A.; Choudhary, B.K. & Bandyopadhyay, N.G. Comparative evaluation of hypoglycaemic activity of some Indian medicinal plants in alloxan diabetic rats. *J. Ethnopharmacol.* 84:105. 2003.
32. Kibazohi, O. & Sangwan, R.S. 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. 2011.
33. Kirtikar, K.R. & Basu, B.D. *Moringa oleifera*. In: Indian medicinal plants. Vol. 1. (Eds. D. Dun, B. Singh and M.P. Singh). Bishen Singh Mahendrapal Singh Publishers. *Dehra Dun, India*. p. 676. 1975.
34. Kleiman, K.; Ashley, D.A. & Brown, J.H. Comparison of two seed oils used in cosmetics, moringa and marula. *Ind. Crops Prod.* 28:361. 2008.
35. Krishna Prasad, R. Color removal from distillery spent wash through coagulation using *Moringa oleifera* seeds: Use of optimum response surface methodology. *J. Hazardous Mat.* 165:804. 2009.
36. Madsen, M.; Schlundt, J. & El Fadil E.O. Effect of water coagulated by seeds of *Moringa oleifera* on bacterial concentrations. *J. Trop. Med. Hygiene*. 90:101. 1987.
37. Mahajan, S.G. & Mehta, A.A. Effect of *M. oleifera* Lam. seed extract on ovalbumin-induced airway inflammation in guinea pigs. *Inhalation Toxicology*. 20:897. 2008.
38. Makkar, H.P.S. & Becker, K. Nutritional value and whole and ethanol antinutritional components of extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology*. 63:211. 1996.
39. Makkar, H.P.S. & Becker, K. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *J. Agric. Sci. Cambridge*. 128:311. 1997.
40. Makkar, H.P.S.; Francis, G. & Becker, K. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential application in livestock and aquaculture production systems. *Animal*. 1:1371. 2007.

41. Martín, C.; López, Y.; Plasencia, Y. & Hernández, E. Characterisation of agricultural and agro-industrial residues as raw materials for ethanol production. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 20:443. 2006.
42. Martín, C. *et al.* 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. Universidade do Minho. Guimarães, Portugal. 2008.
43. Martín, C. *et al.* Fractional characterisation of jatropha, neem, moringa, trisperma, castor and candlenut seeds as potential feedstocks for biodiesel production in Cuba. *Biomass and Bioenergy.* 34:533. 2010.
44. Mehta, A. & Agrawal, B. Investigation into the mechanism of action of *Moringa oleifera* for its anti-asthmatic activity. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine.* 8:24. 2008.
45. Mendoza, I.; Fernández, N.; Ettiene, G. & Díaz, A. Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas. *Ciencia.* 8:235. 2000.
46. Morales, F.D.; Méndez, R. & Tamayo, M. Tratamiento de aguas residuales de rastro mediante semillas de *Moringa oleifera* Lam como coagulante. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 10:523. 2009.
47. Murakami, A. *et al.* 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.* 64:319.1998.
48. Muyibi, S.A. & Evison, L.M. *Moringa oleifera* seeds for softening hard water. *Water Res.* 29:1099. 1995.
49. Ndabigengesere, A.; Narasiah, K.S. & Talbot, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Res.* 29:703. 1995.
50. Ndiaye, M. *et al.* Contribution a l'etude de l'activite anti-inflammatoire de *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Dakar Med.* 47:210. 2002.
51. Nijveldt, R.J. *et al.* Flavonoids: a review of probable mechanism of action and potential applications. *Am. J. Clinical Nutrition.* 74:418. 2001.
52. Ogbunugafor, H.A. *et al.* Physico-chemical and antioxidant properties of Moringa oleifera seed oil. *Pakistan Journal of Nutrition.* 10:409. 2011.
53. Orlando, U.S. *et al.* Chemical properties of anion-exchangers prepared from waste natural materials. *Reactive & Functional Polymers.* 55:311. 2003.

54. Palada, M.C. & Chang, L.C. Suggested cultural practices for moringa. AVRDC International Cooperators' Guide. AVRDC Pub. 03-545. Shanhua, Taiwan. 2003.
55. Pérez, A.; Sánchez, Tania; Armengol, Nayda & Reyes, F. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*. 33:1. 2010.
56. Pollard, S.J.T.; Thompson, F.E. & McConnachie, G.L. Microporous carbons from *M. oleifera* husks for water purification in less developed countries. *Wat. Res.* 29:337. 1995.
57. Radovich, T. Farm and forestry production and marketing profile for Moringa (*Moringa oleifera*). In: Specialty crops for Pacific island agroforestry. (Ed. C.R. Elevitch). Permanent Agriculture Resources (PAR). Holualoa, Hawai. 2011.
58. Ramachandran, D.; Peter. K.V. & Gopalakrishnan, P.K. Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Economic Botany*. 34:276. 1980.
59. Rashid, U. *et al.* Application of response surface methodology for optimizing transesterification of Moringa oleifera oil: Biodiesel production. *Energy Conversion and Management*. 52:3034. 2011.
60. Reddy, D.H.K.; Ramana, D.K.V.; Seshaiyah, K. & Reddy, A.V.R. Biosorption of Ni(II) from aqueous phase by *M. oleifera* bark, a low cost biosorbent. *Desalination*. 268:150. 2011.
61. Rashid, U.; Anwar, F.; Moser, B.R. & Knothe, G. *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. *Biores. Technol.* 99:8175. 2008.
62. Sani, M.A. The use of Zogale seeds for water treatment. B Eng. Final year project report. Bayero University. Kano, Nigeria. 1990.
63. Santos, A.F.S *et al.* Isolation of a seed coagulant *M. oleifera* lectin. *Process. Biochem.* 44:504. 2009.
64. Singh, B.N. *et al.* Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. *Food Chem. Toxicol.* 47:1109. 2009.
65. Suárez, M.; Entenza, J.M. & Doerries, C. Expression of a plant-derived peptide harboring water-cleaning and antimicrobial activities. *Biotechnol. Bioeng.* 81:13. 2003.
66. Tahiliani, P. & Kar, A. Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats. *Pharmacological Research*. 41:319. 2000.

67. Verma, A.R.; Vijayakumar, M.; Mathela, C.S. & Rao, C.V. In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. *Food Chem. Toxicol.* 47:2196. 2009.

68. Walter, A.; Samuel, W.; Peter, A. & Joseph, O. Antibacterial activity of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala* methanol and n-hexane seed extracts on bacteria implicated in water borne diseases. *African J. Microbiol. Res.* 5:153. 2011.

69. Warhurst, A.M.; McConnachie, G.L. & Pollard, S.J.T. Characterisation and applications of activated carbon produced from *Moringa oleifera* seed husks by single-step steam pyrolysis. *Wat. Res.* 31:759. 1997.

70. Warner, K. & Knowlton, S. Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. *J. Am. Oil Chemists Soc.* 74:1317. 1997.

Recibido el 15 de agosto del 2011

Aceptado el 12 de octubre del 2012

Central España Republicana, CP 44280, Perico, Matanzas, Cuba

A potential oral anticancer drug candidate, *Moringa oleifera* leaf extract, induces the apoptosis of human hepatocellular carcinoma cells

IL LAE JUNG¹, JU HYE LEE¹ and SE CHAN KANG²

¹Department of Radiation Biology, Environmental Radiation Research Group, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon; ²Department of Life Science, Gachon University, Seongnam, Gyeonggi, Republic of Korea

Received June 28, 2014; Accepted June 23, 2015

Abstract. It has previously been reported that cold water-extracts of *Moringa oleifera* leaf have anticancer activity against various human cancer cell lines, including non-small cell lung cancer. In the present study, the anticancer activity of *M. oleifera* leaf extracts was investigated in human hepatocellular carcinoma HepG2 cells. By the analysis of apoptotic signals, including the induction of caspase or poly(ADP-ribose) polymerase cleavage, and the Annexin V and terminal deoxynucleotidyl transferase-mediated dUTP nick end labeling assays, it was demonstrated that *M. oleifera* leaf extracts induce the apoptosis of HepG2 cells. In the hollow fiber assay, oral administration of the leaf extracts significantly reduced (44-52%) the proliferation of the HepG2 cells and A549 non-small cell lung cancer cells. These results support the potential of soluble extracts of *M. oleifera* leaf as orally administered therapeutics for the treatment of human liver and lung cancers

Introduction

Plants have been used for millennia in traditional medicine to treat diseases and to supplement various nutrients (1-3). Recently, studies showing that extracts from various types of plants are useful in the medical industry has encouraged the development of novel types of natural products that are effective in various types of diseases, and which may function as antitumor, antioxidant, antiobesity and antimicrobial molecules (3). The widely cultivated and fast-growing *Moringa oleifera* (also known as Moringa or drumstick tree) is cultivated in tropical and sub-tropical locales, such as the sub-Himalayan region, Oceania, Latin America, Africa and Asia. *M. oleifera* has been regarded as a 'miracle tree', as it is a significant source of fats, proteins, β -carotene, vitamin C, iron, potassium and other nutrients, and is also effective in the treatment of numerous diseases (4-13). The flowers, roots, leaves and bark of *M. oleifera* have long been used by the public as nutritional supplements and foods, as well as in the manufacture of perfume, skin oil and other products (12,14-19). Certain parts of *M. oleifera* (leaf, stem and root) have been demonstrated to produce various biological activities, including antiatherosclerotic (20), immune-boosting (21), anticardiovascular disease (22), antiviral (1,23-25), antioxidant (2,26-28), antimicrobial (27), anti-inflammatory (29) and tumor-suppressive effects (30). Due to its long history of

usage and various biological effects, *M. oleifera* has long been the subject of research interest. A previous study reported on the therapeutic potential of the water-soluble extract from *M. oleifera* leaves (MOL) in the treatment of various types of cancers, including lung, breast and skin cancers (30).

The majority of studies that describe the preparation of bioactive compounds from natural plants have utilized solvent extraction, in which the water insoluble extracts have been typically obtained using methanol and ethanol, in addition to hot water and buffers (1,26,27,31,32). Solvents are widely used, as they allow for effective extraction of a broad range of different phytochemicals, such as bioactive but water insoluble phenolic compounds found in plants. However, these water insoluble compounds may be difficult to orally administer to human patients, and additional efforts to enhance the bioavailability or absorption rates are often required (26). This solvent extraction technique has also been used to extract useful compounds from *M. oleifera* by a number of research groups; however, they have not reported on the effects of the water-soluble extract of *M. oleifera*. In our previous study, the effectiveness of a cold water (4°C)-soluble extract of MOL in lung cancer prevention was reported (30).

Generally, anticancer drug candidates have bulky hydrophobic groups within their chemical structures that render them water-insoluble and may lead to formulation problems

Energy Research Institute, Yuseong-gu, Daejeon 305-353, Republic of Korea

E-mail: ex-jil7147@kaeri.re.kr

Key words: *Moringa oleifera*, anticancer drug, apoptosis, lung cancer, hepatocellular carcinoma cells

and serious therapeutic challenges, including serious complications such as embolism and respiratory system failure due to the precipitation of the drug in the case of intravenous administration (33-35). For these reasons, increasing the water solubility of anticancer agents and developing soluble bioactive compounds with strong anticancer activities is vital. Compared with parenteral injections, the continued development of oral anticancer therapies has been fueled by their ease of administration, lack of requirement for hospitalization or clinic visits, acceptable disease outcomes, patient satisfaction, reduced interference in work and social activities, and the paradigm shift that views cancer as a chronic condition. However, orally administered drugs may be degraded by metabolic processes prior to arriving at their target sites (36-38). To address this disadvantage, the development of oral medications with high bioavailability has received much attention in anticancer therapy research.

In the present study, a water-soluble MOL extract was prepared and its anticancer activity was tested against hepatocellular carcinoma cells. Furthermore, its efficacy as an orally administered therapeutic agent in mice with lung and liver cancer was investigated.

Materials and methods

Sample preparation. The leaves of *M. oleifera* (MOL), cultivated in Chiangmai, Thailand, were purchased from Moringa Korea Co. (Milyang, Gyeongsangnam, South Korea). The dried MOL (150 mg) were suspended in 1 ml of cold water (4°C), vigorously and continuously vortexed for 30 sec, and allowed to stand in the refrigerator (4°C) for 10 min. After another vigorous vortexing of the MOL extract for 1 min, the water soluble supernatants were collected by centrifugation (13,000 x g for 10 min, twice) and then membrane-filtered (0.2-µm filter). The filtrated MOL extracts were lyophilized at -50°C for 2 days using a freeze dryer (FD5505; Ilshin Biobase Co., Ltd., Seoul, Korea) then stored at -20°C. For the experiments, the lyophilized MOL extracts were resuspended in distilled water (DW) at a final concentration of 20 mg/ml of protein.

Cell cultivation. Human non-small cell lung cancer A549 and human hepatocellular carcinoma HepG2 cells were purchased from the American Type Culture Collection (Manassas, VA, USA). The cells were seeded at an initial density of 1x10⁵ cells in a 6-well plate containing RPMI-1640 medium (for A549) or DMEM (for HepG2) (GE Healthcare, Pittsburgh, PA, USA) supplemented with 10% fetal bovine serum (GE Healthcare) and 1% penicillin-streptomycin, and incubated at 37°C.

Flow cytometric analysis. Prior to MOL extract treatment, the HepG2 cells (1x10⁵) were seeded in a 6-well culture plate and were incubated for 1 day. Following another 2-day incubation, the cells were collected, fixed with 70% ethanol at 4°C for 2 h and stained with propidium iodide (PI; 50 µg/ml) for 30 min at room temperature. A FACScan system (EPICS XL Flow Cytometry, Beckman Coulter Counter; Beckman Coulter, Inc., Indianapolis, IN, USA) was used to measure the DNA content. The proportion of cells in each cell cycle stage was determined using the Phoenix Multicycler Software (Phoenix Flow System, San Diego, CA, USA) and the numbers in the images indicate the percentages of the total that were sub-G1 cells.

Cell proliferation assay (MTT assay) and colony forming assay. A cell proliferation assay using tetrazolium salt (MTT) was performed to measure the viability of the HepG2 cells (24). The cells were adjusted to a density of 3x10³ cells in each well of a 96-well plate and incubated for 1 day. Various concentrations of MOL extracts (0-200 µg/ml) were added, and the cells were incubated for another 2 days. Cell proliferation was measured by Cell Counting Kit-8 (cat. no. CK04, Dojindo Laboratories, Kumamoto, Japan). The percentage ratio is the relative proportion of viable cells compared with the control group (non-MOL extract-treated group).

Colony-forming assay. Clonogenicity was examined by the colony-forming assay, as previously described (30). Briefly, the cells were seeded at an initial density of 1x10³ HepG2 cells/well in 6-well culture plates, incubated for 1 day prior to the addition of the MOL extract, and then incubated for a further 7-14 days. Finally, the cells were stained with 0.1% crystal violet (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) and images were captured with a Canon digital camera (PowerShot S45; Canon, Inc., Seoul, Korea). Representative images are presented.

Annexin V binding assay. The A549 cells were cultured for 1 day and treated with MOL extract, after which they were incubated for another 2 days. The Annexin V-fluorescein

isothiocyanate (FITC)/PI flow cytometric assay kit was purchased from Roche Diagnostics (cat. no. 1185877700; Basel, Switzerland) and used to determine the proportion of apoptotic cells in each MOL-treated group. Briefly, harvested cells were resuspended in incubation buffer at a concentration of 10⁴ cells/ml, followed by incubation with Annexin V-FITC for 20 min and subsequent incubation with PI for 5 min in the dark. At least 10,000 stained cells from each sample were analyzed by Cytomics FC 500 (model 175487-FC500; Beckman Coulter Inc., Indianapolis, IN, USA). Data were analyzed with CELL Quest software (BD Biosciences, San Jose, CA, USA).

Terminal deoxynucleotidyl transferase-mediated dUTP nick end labeling (TUNEL) assay. Apoptosis was also assessed by utilizing the TUNEL assay to detect DNA strand breaks during apoptosis using an *in situ* cell death detection kit (cat. no. 11684795910; Roche, Basel, Switzerland) according to the manufacturer's instructions. Briefly, the HepG2 cells were treated with different concentrations of MOL extracts (0-300 µg/ml) for 2 days, fixed with freshly prepared 4% paraformaldehyde in phosphate-buffered saline (PBS; pH 7.4) for 20 min, and incubated in permeabilization solution with 0.3% Triton X-100 for 5 min at room temperature. Subsequent to being washed three times with PBS buffer, the cells were incubated with TUNEL reaction mixture for 60 min at 37°C and analyzed under a fluorescence microscope (model nos. BX53F and U-RFL-T; Olympus Corporation, Tokyo, Japan), through which images ONCOLOGY LETTERS 10: 1597-1604, 2015

of representative fields were captured. The HepG2 cells were also fixed in 4% paraformaldehyde and incubated in 0.5 µg/ml 4,6-diamidino-2-phenylindole solution for 30 min in the dark at room temperature for counterstaining.

Western blot analysis. Prior to adding the MOL extract, the HepG2 cells (1x10⁵) were seeded in a 6-well culture plate for 1 day. After 2 days of additional incubation, the proteins were collected and their concentrations were determined by the Bradford method (Protein Assay Dye Reagent Concentrate, cat. no. 500-0006; Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA). Proteins were then loaded in equal amounts (20 µg) onto an 8-12% SDS polyacrylamide gel and stained with Coomassie Brilliant Blue. The antibodies [polyclonal rabbit anti-β-actin, cat. no. 4967; polyclonal rabbit anti-poly(ADP-ribose) polymerase (PARP), cat. no. 9542; monoclonal rabbit B-cell lymphoma-extra large (Bcl-xL), cat. no. 2764; polyclonal rabbit caspase-3, cat. no. 9662; and polyclonal rabbit anti-cleaved caspase-3, cat. no. 9661] for western blot analysis were purchased from Cell Signaling Technology Inc. (Danvers, MA, USA).

Hollow fiber assay (HFA). An HFA was performed following the standard procedures set by the National Cancer Institute (NCI; Bethesda, MD, USA; <https://dtp.cancer.gov/branches/btb/hfa.html>) (39-42). Briefly, the two tumor cell lines, A549 and HepG2, were cultured in 75-cm² culture flasks. The media were flushed into 1-mm (internal diameter) polyvinylidene fluoride hollow fibers (HFs) with a molecular.

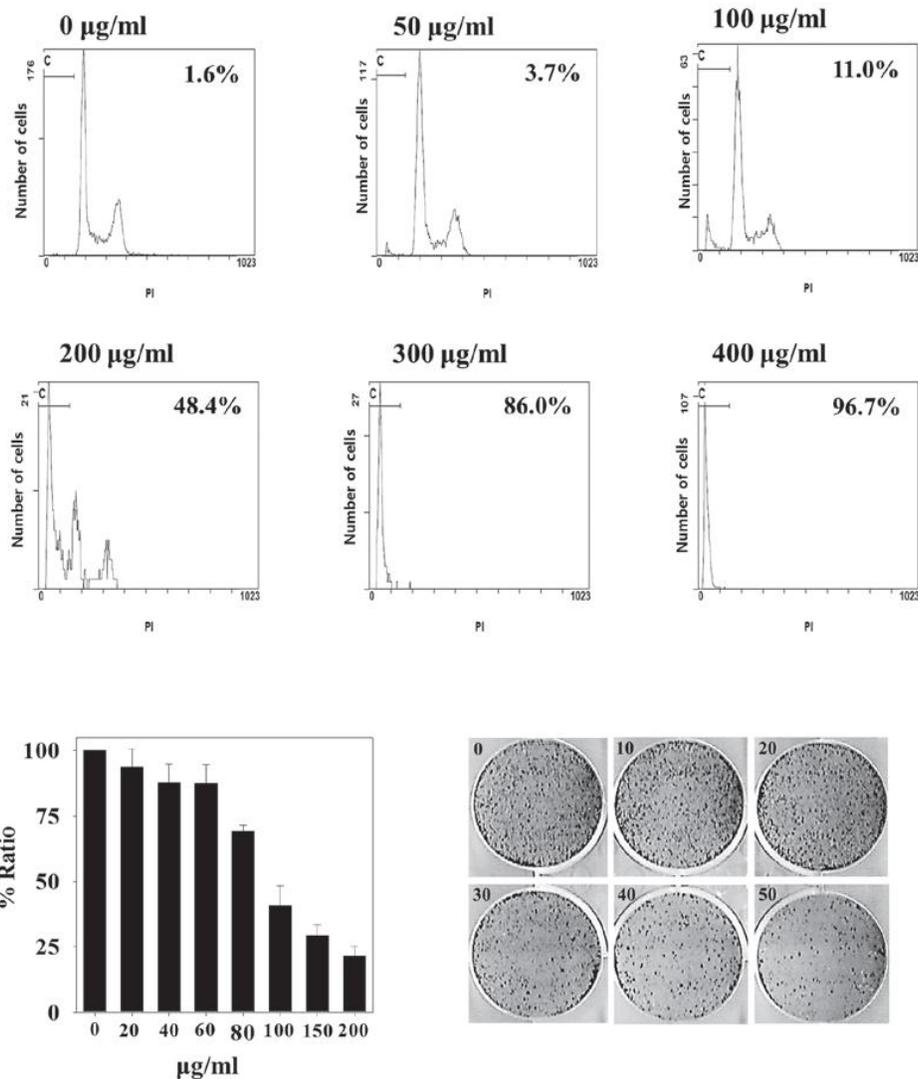


Figure 1. Effects of *Moringa oleifera* leaf extract on cell cycle and cell proliferation. (A) Flow cytometric analysis. Cells (1×10^5 /well) were seeded and incubated for 1 d prior to treatment with MOL extract (0-400 $\mu\text{g/ml}$). After incubation for 2 d, the cells were collected and analyzed using the FACScan system. The numbers in the figures indicate the percentages of sub G1 cells. (B) MTT assay. Cells (3×10^3 /well) were seeded in 96-well plates and incubated for 1 d. Following treatment with various concentrations of MOL extract (0-200 $\mu\text{g/ml}$), the cells were incubated for 2 d. The percentage ratio was calculated as the relative proportion of viable cells compared with the control group (non-MOL extract treated group). (C) Colony forming assay. Cells (1×10^3 /well) were seeded in 6-well plates and incubated for 1 d followed by treatment with various concentrations of MOL extract (0-50 $\mu\text{g/ml}$) and subsequent incubation for 7-14 d. PI, propidium iodide. JUNG *et al.*: ANTICANCER ACTIVITY OF *Moringa oleifera* 1600

Laboratories, Houston, TX, USA) and then the HFs were loaded with cells (5×10^5 cells/ml). Each HF was heat-sealed with a hot smooth-jawed needle holder every 1.5 cm along its length and cut into segments with 2-mm tails for ease of handling; at the highest seeding density, each HF was 1.5 cm long. Each HF segment contained $\sim 1 \times 10^5$ cells. The fibers were placed into 6-well culture plates containing cell culture medium and were incubated for 1 day prior to surgical implantation in 6-week-old male immunodeficient nude mice (Harlan Laboratories, Horst, Netherlands). All mice were housed under 12-h light-dark cycles in an air-conditioned room with unrestricted access to water and food (Purina 5001 Rodent Chow; Purina, St. Louis, MO, USA). The mice were anesthetized with Zoletil (tiletamine/zolazepam; Virbac Korea Co., Ltd., Seoul, South Korea) and Rompun (xylazine; Bayer, Seoul, South Korea), and then HFs were implanted at subcutaneous sites and the incisions closed using skin staples. The mice were orally administered different concentrations of MOL extract, or were intravenously injected with doxorubicin (cat no. D1515-10MG; Sigma-Adrich) as a control, starting on day 3 following the fiber implantation (each dose of MOL extract and doxorubicin were administered daily for 4 days). After 7 days, the fibers were collected and subjected to the trypan blue exclusion assay. Internationally recognized guidelines on animal welfare were followed and the experiments were approved by the Gachon University Institutional Animal Care and Use Committee (approval no. GIACUC-L2014001).

Statistical analysis. Statistical analysis was performed using SigmaPlot software (version 7.0; Systat Software, Inc., San Jose, CA, USA). A Student's t-test was used to analyze differences in cell viability. $P < 0.05$ indicated a statistically significant difference.

Results

Effect of MOL extract on HepG2 hepatocellular carcinoma cells. Dried MOL was extracted with cold DW (4°C) and the resulting water soluble extract was used in this study. Human hepatocellular carcinoma HepG2 cells were treated with the MOL extract for 2 days, and then analyzed by FACScan. As presented in Fig. 1A, cell cycle analysis demonstrated that MOL at 50, 100, 200, 300 and 400 $\mu\text{g/ml}$ resulted in a concentration-dependent accumulation of HepG2 cells in the sub-G1 phase, which indicated apoptotic cells, as compared to the control (non-MOL extract-treated group). In particular, the HepG2 cells treated with 400 $\mu\text{g/ml}$ of MOL extract showed a sub-G1 fraction of up to 96% compared with the control group.

The cytotoxic inhibitory effect of MOL extract on HepG2 cell proliferation was further verified using the MTT assay (Fig. 1B). Cells treated with different concentrations of MOL extract (0-200 $\mu\text{g/ml}$) for 2 days were subjected to the MTT assay. The results demonstrated that cell proliferation was significantly inhibited in a concentration-dependent manner by MOL extract ($P < 0.05$), and treatment with 200 $\mu\text{g/ml}$ of MOL extract produced inhibition ratios of up to 80%.

The impact of the MOL extract on the clonogenic growth of the HepG2 cells was also examined (Fig. 1C). The cells were seeded onto 6-well plates and treated with MOL extract, and then stained with crystal violet after an incubation period of 7 days. The data showed that the control cells (not treated with MOL extract) formed colonies that were uniformly distributed in the plate (0 μg). By contrast, the cells treated with MOL extract demonstrated an up to 70% reduction in the number of colonies (50 $\mu\text{g/ml}$ of MOL). In

conclusion, clonogenic growth was inhibited by MOL extract in a dose-dependent manner.

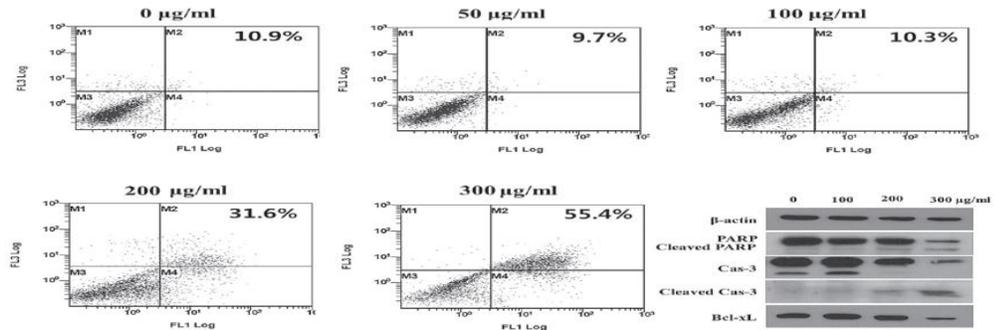


Figure 2. Apoptosis and western blot assays. (A) The number of apoptotic cells was detected and analyzed using flow cytometry. (B) Examination of the levels of proteins associated with the cell cycle and apoptosis. PARP, poly(ADP-ribose) polymerase; Bcl-xL, B-cell lymphoma-extra large; Cas, caspase. ONCOLOGY LETTERS 10: 1597-1604, 2015 1601

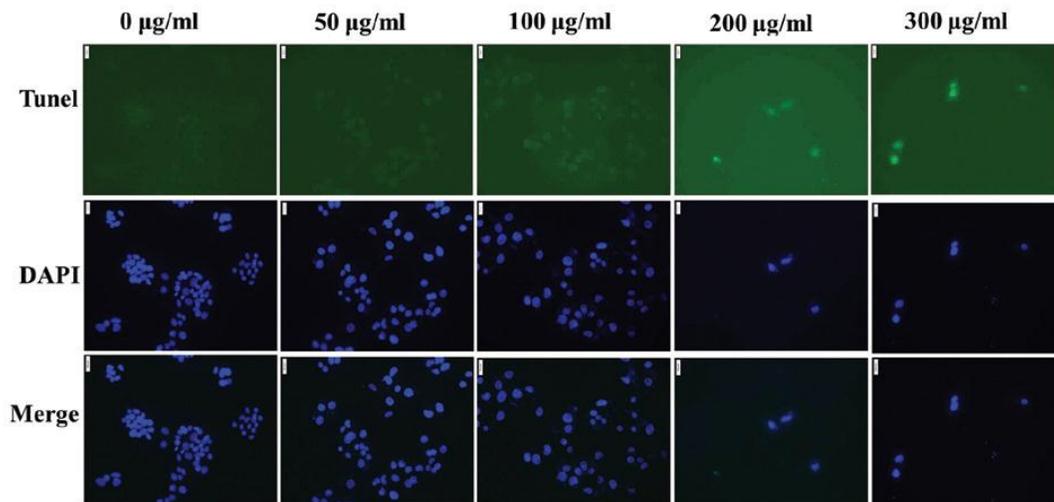


Figure 3. TUNEL assay. HepG2 cells were treated with different concentrations of *Moringa oleifera* leaf extract for 2 days and stained with TUNEL and DAPI. Images of morphological changes in nuclear chromatin were captured with a fluorescence microscope (x100 magnification). TUNEL, terminal deoxynucleotidyl transferase-mediated dUTP nick end labeling; DAPI, 4,6-diamidino-2-phenylindole.

the G0/G1 peak during cell cycle analysis, as well as a reduction in cell viability and the inhibition of clonogenic growth, the apoptotic state of the cells was investigated. In order to detect and quantify apoptosis, the Annexin V-FITC/PI double staining method was used to stain HepG2 cells treated with MOL extract. The cells were collected following 2 days of treatment with MOL extract at different concentrations (0-300 $\mu\text{g/ml}$), then double-stained and subjected to FACS analysis. The increased dot plots in the late and early apoptotic region demonstrate a dose-dependent effect (Fig. 2A). Subsequent to MOL extract treatment, ~55.4% of cells were in either the early (stained only by Annexin V-FITC) or late (stained by Annexin V-FITC and PI) apoptotic stage. The apoptotic cell ratio of the cells treated with MOL extract at a concentration of 300 $\mu\text{g/ml}$ was 5 times higher than that of the control cells.

Apoptosis in the HepG2 cells was further elucidated by western blotting. As presented in Fig. 2B, the expression of certain apoptotic markers, including cleaved PARP and cleaved caspase-3, were increased by treatment with MOL extract. The antiapoptotic Bcl-xL protein was downregulated by MOL extract treatment, indicating that the MOL extract inhibited cell proliferation (Fig. 2B).

The TUNEL assay is a common method for detecting the DNA fragmentation that results from apoptotic signaling, which allows apoptotic cells with DNA fragmentation to be detected by fluorescence microscopy. In the present

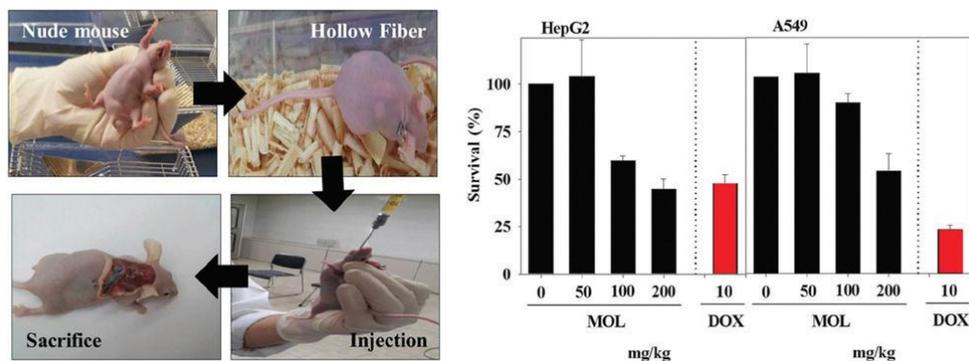


Figure 4. Hollow fiber assay. (A) Experimental procedures. (B) Each fiber for different tumor cell types was implanted, and 3 different concentrations of the MOL extract were orally administered. Doxorubicin was used as a control treatment and was intravenously injected. The average of 3 independent experiments is shown, and the variation within each set of experiment was <20%. The cell preparations were analyzed for viable cell masses by a stable-endpoint MTT assay. DOX, doxorubicin; MOL, *Moringa oleifera* leaf. JUNG *et al*: ANTICANCER ACTIVITY OF *Moringa oleifera* 1602

study, TUNEL staining was performed to detect apoptotic morphology alteration in individual HepG2 cells. The presence of TUNEL-positive cells with fragmented DNA in their nuclei was indicated by a green fluorescence signal, indicating that DNA strand breaks had occurred, and that MOL extract induced apoptosis in the HepG2 cells (Fig. 3).

HFA. Considering the *in vitro* results demonstrating that the MOL extract inhibited cancer cell proliferation, an *in vivo* study was crucial to evaluate whether MOL inhibits cancer cell progression. To test this hypothesis, nude mice were implanted with hollow fibers filled with HepG2 or A549 cells. After 2 days, different concentrations of MOL extract were orally administered to the MOL-treated mice, and doxorubicin was intravenously administered to the control mice. On day 5 after administration, the animals were sacrificed and the fibers were collected, and the trypan blue exclusion assay was performed (Fig. 4A). A gradual reduction in cell viability was observed for the HepG2 cells, while a similar kinetic profile was observed for the A549 cells (Fig. 4B). Notably, the effective concentrations of MOL extract in the HFA assay, which inhibited cancer cell proliferation, were similar to those that were effective in the *in vitro* cell-based assay (Fig. 1B) (30), indicating that MOL extract was effectively delivered to the target site via oral administration. As compared to that observed in A549 cells, significantly stronger cytotoxicity was produced by MOL extract in the HepG2 cells, and the rate of cytotoxicity in these cells was higher compared with that produced by doxorubicin (control) treatment ($P < 0.05$). Studies involving the administration of higher concentrations of MOL should now be performed.

Discussion

M. oleifera, of the monogeneric family Moringaceae, is distributed worldwide and has been known by a number of different names, including the horseradish tree (English), Soanjna (Hindi), Shobhanjana (Sanskrit), Saragvo (Gujarati), Sajna (Bengali), Munanga (Telugu) and Murangai (Tamil) (43). For millennia, various parts of *M. oleifera* have been used as nutritional supplements (as a rich source of vitamins A and C, iron, calcium, and protein) (44,45), and for their antibiotic (46-49), antihyperlipidemic (50), antidiabetic (51,52), wound healing (53) and antiulcer properties (54). The edible parts of the plant have also been employed traditionally for skin diseases, rheumatism, anemia, cholera and other ailments (53). Previous studies have shown that *M. oleifera* has potential anticancer activities (44,54,55) In particular, it was previously demonstrated that the water-soluble fraction of MOL induced apoptosis in lung cancer cells, and is therefore a novel type of potential anticancer candidate compound (30).

Solvent extraction methods have been widely utilized to obtain extracts from plants, as solvents such as methanol and ethanol effectively extract polar and non-polar bioactive compounds (1,26,27,31,32). However, non-polar compounds are not well absorbed in the body, although they are bioactive. In contrast to the solvent extraction method, compounds obtained via water extraction are often more easily absorbed into the body, although the extraction efficiency and the range of extracted compounds are normally inferior to those that result from the solvent extraction method. Despite these disadvantages, water extraction methods are considered, as the resulting extracts are easily absorbed and offer the possibility of oral administration.

In previous studies, a cold water-soluble extract was prepared from MOL and its anticancer activity was confirmed in human lung cancer A549 cells. In the present study,

as a part of an ongoing effort, the anticancer activity of MOL extract against human hepatocellular carcinoma HepG2 cells was investigated to evaluate its potential as an oral medication for lung and liver cancer treatment. The results of the present study showed that MOL extract was effective in the HepG2 cells, in addition to the A549 lung cancer cells. In addition, the oral administration of MOL was effective in the mice with either lung or liver cancer cells, indicating that the cold water MOL extract could be a potential oral anticancer candidate agent.

Recent preclinical studies of anticancer drugs using mice have tended to use parenteral administration methods, including the intravenous or subcutaneous routes. However, for clinical studies, these drugs require further study in order to increase the absorption efficiency, decrease the possible side-effects and reduce the inconvenience to patients. In particular, subcutaneous injection, utilized by a number of studies in the field of anticancer drug development, does not target particular types of cancer, and is thus a poor predictor of the efficacy of its clinical utility, although the candidate agents administered by this method may show efficacy in lab-scale experiments. The present study examined whether a water-soluble MOL extract may be used as an oral medication. As presented in Fig. 4, the oral administration of MOL extract greatly inhibited cancer cell proliferation, indicating that the MOL extract used in the present study is potentially suitable as an oral medication against cancer, although the detailed mechanisms are yet to be elucidated. Future pharmacogenetic and pharmacokinetic studies must be performed in order to further evaluate the clinical potential of MOL extract, in addition to any chronic and acute toxicity.

Although *in vitro* cell-based assays are useful for screening drug candidates and examining their mechanisms of action, further *in vivo* assays are usually necessary prior to clinical testing. For this purpose, researchers developed the traditional xenograft assay, which has been used worldwide. However, the cost of the traditional xenograft assay is high, and it takes a substantial period of time due to the large number of animals required. The *in vivo* HFA in immunodeficient nude mice was designed at the NCI to try to bridge the gap between *in vitro* cell-based assays and human tumor models; the goal of the assay was to predict which compounds would be active in a subsequent xenograft system (56-59). In the HFA, proliferating cancer cells containing hollow fibers with pores, which are small enough to retain the cancer cells, but large enough to permit potential chemotherapeutic drugs to enter, are transplanted into the peritoneum or under the skin of the host mice. Next, test drug candidates are administered to the mice, and the fibers are then retrieved for analysis of any viable cell masses (56). The HFA is similar to the xenograft assay, but is a time- and cost-saving method. For these reasons, the finding that MOL had anticancer activity in the ONCOLOGY LETTERS 10: 1597-1604, 2015 1603

Acknowledgements

The present study was supported by funds from the Korea Atomic Energy Research Institute Creativity Project (grant no. 527240-14).

References

1. Khalafalla MM, Abdellatef E, Dafalla HM, *et al*: Active principle from *Moringa oleifera* lam leaves effective against two leukemias and a hepatocarcinoma. *Afr J Biotechnol* 9: 8467-8471, 2010.
2. Iqbal S and Bhanger MI: Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. *J Food Compos Anal* 19: 544-555, 2006.
3. Wood M: The book of herbal wisdom: Using plants as medicine. 1st edition. North Atlantic Books, Berkeley, CA, USA, pp 374, 1997.
4. Oliveira JTA, Silveira SB, Vasconcelos KM, Cavada BS and Moreira RA: Compositional and nutritional attributes of seeds from the multiple purpose tree *Moringa oleifera* Lamarck. *J Sci Food Agric* 79: 815-820, 1999.
5. Fahey JW: *Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life Journal* 1: 5, 2005.
6. Fuglie LJ: The Miracle Tree: *Moringa oleifera*: Natural Nutrition for the Tropics. Church World Service, Dakar. Revised in 2001 and published as The Miracle Tree: The multiple attributes of *Moringa*, pp68 and 172, 1999.
7. Mukunzi D, Nsor-Atindana J, Xiaoming Z, Gahungu A, Karangwa E and Mukamurezi G: Comparison of volatile profile of *Moringa oleifera* leaves from Rwanda and China using HS-SPME. *Pak J Nutrit* 10: 602-608, 2011.
8. Faizi S, Siddiqui BS, Saleem R, Siddiqui S, Aftab K and Gilani AH: Fully acetylated carbamate and hypotensive thiocarbamate glycosides from *Moringa oleifera*. *Phytochemistry* 38: 957-963, 1995.
9. Kooltheat N, Sranujit RP, Chumark P, Potup P, Laytragoon-Lewin N and Usuwanthim K: An ethyl acetate fraction of *Moringa oleifera* Lam. Inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke. *Nutrients* 6: 697-710, 2014.
10. Mahmood KT, Mugal T and Haq IU: *Moringa oleifera*: A natural gift-A review. *J Pharm Sci Res* 2: 775-781, 2010.
11. Anwar F, Latif S, Ashraf M and Gilani AH: *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytother Res* 21: 17-25, 2007.
12. Olusola ATE: The miracle tree: *Moringa oleifera* (drumstick). In: *Archive Vibrant Health with Nature. Keep Hope Alive Series*. Unijos Consultancy Limited Press, Jos, Nigeria, pp120-136, 2006.
13. Ijarotimi OS, Adeoti OA and Ariyo O: Comparative study on nutrient composition, phytochemical, and functional characteristics of raw, germinated, and fermented *Moringa oleifera* seed flour. *Food Sci Nutr* 1: 452-463, 2013.
14. Moyo B, Oyedemi S, Masika PJ and Muchenje V: Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake. *Meat Sci* 91: 441-447, 2012.
15. Busani M, Masika PJ, Hugo A, *et al*: Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Afr J Biotechnol* 10: 12925-12933, 2011.

16. Waldron KW, Parker ML and Smith AC: Plant cell wall and food quality. *J Sci Food Technol* 2: 109-110, 2003.
17. Tetteh ONA: Effects of blanching and dehydration methods on the quality of *Moringa* leaf powder used as herbal green tea (unpublished Master's thesis). Kwame Nkrumah University, Ghana, 2008.
18. Fuglie LJ: Combating malnutrition with *Moringa*. In: *The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa*. Fuglie LJ (ed). CTA Publication, Wageningen, The Netherlands, pp117-136, 2001.
19. Ayotunde EO, Fagbenro OA and Adebanyo OT: Toxicity of aqueous extract of *Moringa oleifera* seed powder to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Int Res J Agric Sci* 1: 142-150, 2011.
20. Chumark P, Khunawat P, Sanvarinda Y, *et al*: The in vitro and ex vivo antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera* Lam leaves. *J Ethnopharmacol* 116: 439-446, 2008.
21. Miyoshi N, Takabayashi S, Osawa T and Nakamura Y: Benzyl isothiocyanate inhibits excessive superoxide generation in inflammatory leukocytes: implication for prevention against inflammation-related carcinogenesis. *Carcinogenesis* 25: 567-575, 2004.
22. Faizi S, Siddiqui BS, Saleem R, Siddiqui S, Aftab K and Gilani AH: Isolation and structure elucidation of new nitrile and mustard oil glycosides from *Moringa oleifera* and their effect on blood pressure. *J Nat Prod* 57: 1256-1261, 1994.
23. Waiyaput W, Payungporn S, Issara-Amphorn J and Panjaworayan N: Inhibitory effects of crude extracts from some edible Thai plants against replication of hepatitis B virus and human liver cancer cells. *BMC Complement Altern Med* 12: 246-252, 2012.
24. Lipipun V, Kurokawa M, Suttisri R, Taweechoatipatr P, Pramyothin P, Hattori M and Shiraki K: Efficacy of Thai medicinal plant extracts against herpes simplex virus type 1 infection in vitro and in vivo. *Antiviral Res* 60: 175-180, 2003.
25. Murakami A, Kitazono Y, Jiwajinda S, Koshimizu K and Ohigashi H: Niaziminin, a thiocarbamate from the leaves of *Moringa oleifera*, holds a strict structural requirement for inhibition of tumor-promoter-induced Epstein-Barr virus activation. *Planta Med* 64: 319-323, 1998.
26. Sultana B, Anwar F and Ashraf M: Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules* 14: 2167-2180, 2009.
27. Kumar V, Pandey N, Mohan V and Singh RP: Antibacterial and antioxidant activity of extract of *Moringa oleifera* leaves-An in vitro study. *Int J Pharm Scis Rev Res* 12: 89-94, 2012. JUNG *et al*: ANTICANCER ACTIVITY OF *Moringa oleifera* 1604

ANEXO 9
ENTREVISTA.

ENTREVISTA

Investigación de la Adulteración y Falsificación de la *Moringa oleífera* (Moringa) en capsula y material vegetal seco comercializada en siete mercados en el municipio de San Salvador.

Objetivo:

Conocer cual es la actividad medicinal de la Moringa según los vendedores de los siete mercados de San Salvador en estudio.

Nombre y/o número del puesto: _____

Muestra a utilizar. _____

1. ¿Para qué sirve la moringa?
2. ¿Como me la puedo tomar?
3. ¿Por cuanto tiempo me la puedo tomar?