

**Caracterización de tres extractos de *Moringa oleífera* y evaluación de sus condiciones de infusión en sus características fisicoquímicas**

**Juan Ramón Guevara Medina  
Moisés Germán Rovira Quintero**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2012

ZAMORANO  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Caracterización de tres extractos de *Moringa oleífera* y evaluación de sus condiciones de infusión en sus características fisicoquímicas**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Juan Ramón Guevara Medina**  
**Moisés Germán Rovira Quintero**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2012

# **Caracterización de tres extractos de *Moringa oleífera* y evaluación de sus condiciones de infusión en sus características fisicoquímicas**

Presentado por:

Juan Ramón Guevara Medina  
Moisés Germán Rovira Quintero

Aprobado:

---

Flor de María Nuñez, M.Sc.  
Asesora principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria Alimentaria

---

Francisco Javier Bueso, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Guevara Medina, J.R, Rovira Quintero, M.R. 2012. Caracterización de extractos de *Moringa oleífera* Lam y evaluación de sus condiciones de infusión en sus características fisicoquímicas. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 28 p.

La *Moringa oleífera* (Lam), arbusto originario de la India, ha gozado una creciente popularidad por sus beneficios nutricionales y funcionales. A pesar de su cultivo en Honduras, existen investigaciones limitadas sobre su caracterización. El objetivo del estudio fue caracterizar tres extractos de moringa y evaluar sus condiciones de infusión. El estudio se dividió en dos fases: La primera fase utilizó un diseño completamente al azar evaluando tres extractos y tres repeticiones. Se realizó un análisis proximal, perfil de ácidos grasos, actividad de agua, color y polifenoles totales. En la segunda fase se utilizó un diseño completo al azar evaluando tres condiciones de infusión (65°C/30min, 75°C/20min y 95°C/10min) del mejor extracto. Se evaluó pH, claridad y polifenoles totales. Se realizó un análisis de varianza y una separación de medias Tukey ( $P < 0.05$ ). Se realizó un análisis sensorial evaluando concentraciones de infusión. El mejor extracto mostró contenidos de proteína de 23.9%, grasa de 5.32% y cenizas de 9.85%. Los extractos presentaron una actividad de agua de 0.5 y diferencias significativas en color (entre verde-amarillo y rojo-azul). Se seleccionó el EMO-1 por su valor proteico y grasas poli insaturadas. Las infusiones 75 °C/20 min y 65 °C/30 min no mostraron diferencias en sus características. La infusión a 95°C/10 min presentó menor claridad y menor contenido de polifenoles (84% de recuperación). Las infusiones con mayor concentración fueron más aceptadas en color, aroma y sabor. Los extractos presentan potencial como posible fuente nutritiva. Se recomienda realizar perfiles de amino ácidos y vitaminas; así como estudiar compuestos anti nutricionales.

**Palabras clave:** Análisis bromatológico, análisis sensorial, polifenoles, tramitancia.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4 CONCLUSIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>5 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>6 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>20</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Análisis químicos realizados a los extractos de moringa como caracterización. ...	4
2. Análisis proximal de tres extractos de hojas secas de <i>Moringa oleífera</i> .....	8
3. Análisis proximal de tres extractos de hojas de <i>M. oleífera</i> .....	10
4. Valores de actividad de agua para las extractos de <i>M. oleífera</i> .....	11
5. Valores de color en unidades L a b para las fuentes de <i>Moringa oleífera</i> . ....	12
6. Perfil de ácidos grasos realizados a tres muestras de <i>Moringa oleífera</i> .....	12
7. Perfil de ácidos grasos encontrados en el extracto EMO-1 de <i>Moringa oleífera</i> . ..	14
8. Polifenoles totales en tres extractos de moringa en base seca. ....	14
9. Valores de polifenoles en infusión de moringa expresados como ppm (mg/L). ....	15
10. Valores de pH para <i>M. Oleífera</i> a diferentes condiciones de temperatura y tiempo	15
11. Valores de claridad para <i>M. Oleífera</i> a diferentes condiciones de temperatura y tiempo. ....	16
12. Resultados del análisis sensorial para el extracto EMO-1 en infusión. ....	17
Figura	Página
1. Resultados del perfil de ácidos grasos para los tres extractos. ....	13
Anexos	Página
1. Comparación química de <i>M. oleífera</i> , espinaca, soya, maíz y frijol. ....	24
2. Curva de calibración para fenoles totales. ....	24
3. Hoja de evaluación sensorial con estala hedónica de 9 puntos.....	25
4. Etiqueta nutricional <i>Moringa oleífera</i> Lam. ....	26
5. Perfil de ácidos grasos encontrados en el extracto EMO-2. ....	26
6. Perfil de ácidos grasos encontrados en el extracto EMO-3.....	27
7. Compendio de resultados estadísticos.....	27
8. Compendio de resultados estadísticos para los atributos evaluados en el análisis sensorial. ....	28

9. Perfil de amino acidos para hojas secas en polvo de <i>M. oleífera</i> .....	28
10. Composición de ácidos grasos para los extractos de moringa y los reportados por literatura.....	28

## 1. INTRODUCCIÓN

El árbol de la moringa (*Moringa oleífera* Lam.), de la familia Moringaceae, es la más importante de las trece especies conocidas del género moringa. Se conoce también como árbol de los espárragos, árbol de rábano (horseradish tree) o árbol de las perlas. Es un árbol de tamaño pequeño y crecimiento acelerado, que alcanza generalmente entre diez y doce metros de alto, con copa esparcida y hojas pinadas en tres, valorado actualmente por sus hojas, raíces, tallos, flores y semillas que contienen aceite comestible (Parrotta 1993).

Todas las partes de la planta son consumidas por ser un alimento completo, generalmente no tienen mal sabor y se consumen frescas. Los frutos o vainas verdes o inmaduros, se cosen y saben a habichuelas; las semillas son consumidas tostadas y son muy nutritivas y las hojas verdes son preparadas como potajes y ensaladas. Además tienen un alto valor comercial en la India, donde son exportadas enlatadas. También se comercializan otros derivados como el aceite, extractos de sus hojas como polvos e infusiones (Gopalan 1994).

Los principales aportes hechos por la moringa en términos de macro y micronutrientes, se encuentran en las hojas, que al igual que las vainas frescas y los frutos muestran un valor considerable de vitamina A en forma de  $\beta$ -carotenos, minerales (hierro, potasio y calcio) y vitamina C. Además las hojas secas y molidas presentan hasta un 30% de proteínas en base seca, razón por la que se conoce que las hojas presentan mayores fuentes de nutrientes que las vainas. Las semillas pueden contener hasta un 30-42% de aceite, pero además la torta sobrante contiene un 60% de proteínas (Alfaro 2008).

Las hojas de la *Moringa oleífera* Lam., son las partes más aprovechadas por su alto valor proteico. Además son ricas en componentes antioxidantes, entre los que sobresalen los isotiocianatos que figuran como uno de los principales portadores de propiedades anti cancerígenas y antibióticas. Los alimentos servidos en infusión son los más utilizados debido a la cultura que se tiene en América latina como las sopas, atoles o refrescos (Alfaro, 2008). Los contenidos de componentes anti nutricionales en sus hojas como taninos, lecitinas e inhibidores de proteasas son insignificantes, por esta razón son comestibles en su totalidad, al mismo tiempo contienen un perfil de aminoácidos esenciales balanceados y son una fuente importante de vitaminas A, C y antioxidantes (Olson y Fahey 2011).

Una vez cosechadas las hojas de mayor calidad son seleccionadas, y lavadas con una solución con cloro (1:100), se dejan secar (colgadas en bandejas o en racimos desde el techo o sobre una tela dentro de un recinto) en un área protegida de la luz para disminuir las pérdidas de vitaminas. En caso de alta humedad se recomienda usar hornos, secadores



o abanicos para acelerar el secado, finalmente las hojas secas son molidas mediante un mortero manual, molino de harinas, molino de granos o frotando las hojas con un cedazo. Luego se tamizan para eliminar los tallos. Deben almacenarse protegidas del polvo, la luz y la humedad a una temperatura promedio de 24 °C (Doerr y Cameron 2005).

En Honduras, la Secretaría de Agricultura y Ganadería en conjunto con la organización Bioplanet han iniciado un proyecto llamado “El Proyecto Moringa”, con el propósito de difundir la *Moringa oleífera* a nivel de las comunidades hondureñas como una posible fuente de alimentación. Además el proyecto cuenta con la ayuda y patrocinio de la empresa privada. Todo ello como una respuesta al plan “Objetivos del milenio” y a la Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutrición que propone el gobierno nacional. Sin embargo, en Honduras se cuenta con muy poca información de plantaciones, procesamiento y consumo de la moringa.

Es necesario separar el verdadero potencial que tiene la planta con respaldo por la ciencia de aquellos que no cuentan con validez científica ni fundamentos y dedicar más y mayores esfuerzos en investigación aplicada alrededor de esta planta, dado que las investigaciones científicas son pocas. Actualmente se desconocen las dosis indicadas para producir efectos lo suficientemente positivos en humanos, pero considerando que los componentes nutricionales lo ameritan y que los componentes anti nutricionales son muy escasos, tampoco existen argumentos que rotundamente prohíban el consumo de la misma (Olson y Fahey 2011).

Como objetivos del estudio se estableció:

- Determinar las características fisicoquímicas de tres extractos de moringa *Moringa oleífera*.
- Evaluar las características físico-químicas del mejor extracto en tres condiciones de infusión.
- Determinar la aceptación sensorial de tres concentraciones del mejor extracto en infusión.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Km 30 vía Danlí, Francisco Morazán, Honduras en el Laboratorio de análisis de alimentos (LAAZ), para la caracterización fisicoquímica. También se contó con el laboratorio de análisis de suelos para el análisis de minerales. El análisis sensorial se desarrolló en las instalaciones de la Planta de Innovación de Alimentos (PIA) y en el laboratorio de análisis sensorial de la misma.

### Materiales y equipos

Hojas pulverizadas de *Moringa oleífera*.  
Agua des ionizada.

Materiales:

Crisoles de porcelana.  
Desecador de sílica gel.  
Probeta de 25, 100 y 1000.  
Pipetas volumétricas de 1, 5, y 10 ml.  
Agitador magnético.  
Filtros de 0.2  $\mu\text{m}$  de Nylon.  
Viales de 2 ml color ámbar.  
Jeringas graduadas de 10  $\mu\text{l}$  y 50  $\mu\text{l}$ .  
Beakers (40, 80, 100, 250 y 500ml).  
Erlenmeyer (100, 250 y 500).  
Pipetas (1, 2, 5 y 10 ml).  
Matraces volumétricos (25, 50 y 100ml).

Equipo:

Balanza Analítica (Metler AE 2000).  
Colorímetro Colorflex Hunter Lab.  
Destilador Macro Kjeldahl (Labconco).  
Horno 106°C. (Fisher Scientific).  
Incinerador (Mufla Siybron hermolyne modelo FA1730).  
Micro pipeta 1000 $\mu\text{L}$ .  
Cromatógrafo líquido (Marca Agilent, modelo 1100, software: Chemstation).  
Espectrofotómetro absorción atómica (Genesys 5).  
Cámara de extracción de gases (Marca Labconco).  
Aqualab (Model series 3TE).  
Soxtex<sup>tm</sup> Modelo 2050.

Cromatógrafo de gases (GC system 7890A Agilent technologies).

### **Reactivos.**

Carbonato de sodio anhidro en polvo JT Baker.  
 Reactivo Folin-Ciocalteu 2N Sigma Aldrich.  
 Solución indicadora verde bromocresol.  
 Solución indicadora rojo de metilo.  
 Ácido clorhídrico.  
 Hidróxido de sodio.  
 Ácido bórico.  
 Sulfato de cobre pentahidratado.  
 Sulfato de potasio.  
 Ácido nítrico.  
 Cloruro de lantano.  
 Hidróxido de potasio.  
 Ácido sulfúrico.  
 Éter de petróleo.  
 Celite 454®.

**Metodología para la obtención de extractos de *Moringa oleífera*.** Se obtuvieron tres muestras de extracto en polvo de *Moringa oleífera* producidas en Honduras: el (EMO-1) extracto de moringa uno de un agricultor local en la zona de Talanga, Francisco Morazán, el EMO-2 de un mercado local en Comayagüela, Tegucigalpa y el EMO-3 de un mercado local en Tegucigalpa, Honduras.

**Primera fase de caracterización de extractos de *Moringa oleífera*.** En la primera fase del estudio se realizó un análisis químico proximal junto con un análisis de ácidos grasos, actividad de agua, color y polifenoles totales. El Cuadro 1 incluye los métodos aprobados por la AOAC para realizar los análisis químicos. Para ello se utilizaron los manuales adaptados por el laboratorio de análisis de alimentos.

Cuadro 1. Análisis químicos realizados a los extractos de moringa como caracterización.

Parámetro	Método AOAC
Proteína total	2001.11
Extracto etéreo	991.36
Cenizas	923.03
Humedad	952.08
Fibra cruda	962.09
Extracto libre de nitrógeno	21CFR101.9

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño completamente al azar y tres extractos de *Moringa oleífera* Lam., con tres repeticiones. Se trabajó con un total de nueve unidades experimentales. Se utilizaron las variables de proteína, calcio, hierro, para determinar la mejor fuente de *Moringa oleífera* de manera estadística con una separación de medias por el método de Tukey ( $P < 0.05$ ), por medio del programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.1.).

**Proteína.** El análisis de proteínas se realizó por medio del método de la AOAC 2001.11 y los resultados fueron reportados en porcentaje para cada 100 gramos de extracto de moringa. Se calculó la cantidad de nitrógeno por la ecuación de Kjeldahl [1].

---

[1]

Del resultado obtenido (ecuación 1) se multiplicó por un factor de conversión de 6.25 para obtener el porcentaje de proteína.

**Extracto etéreo.** El análisis de extracto etéreo se llevó a cabo mediante el método de la AOAC 991.36, se los resultados fueron reportados en porcentaje de cada 100 gramos de extracto de moringa. Se determinó la cantidad de grasa en 3 g de muestra con 3 g de celite utilizando éter de petróleo y dedales de celulosa.

**Cenizas.** El análisis de cenizas se llevó a cabo de acuerdo con el método de la AOAC 923.03, se hizo por triplicado para cada unidad experimental. Los resultados fueron reportados en porcentaje de cada 100 gramos de extracto de moringa.

**Humedad.** La determinación de humedad se llevó a cabo de acuerdo con el método de la AOAC 952.08 y los resultados fueron reportados en porcentaje para cada 100 gramos de extracto de moringa, usando la siguiente fórmula para obtener el resultado final [2].

---

[2]

PC: peso crisol; PM: peso muestra; PCS: peso crisol y muestra seca.

**Fibra cruda.** El análisis de fibras se realizó de acuerdo con el método de la AOAC 962.09, se hizo por triplicado para cada unidad experimental y los resultados fueron reportados en porcentaje de cada 100 gramos de extracto de moringa, Se realizaron dos digestiones en 5 g de muestra con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio.

**Extracto libre de nitrógeno.** El análisis de extractos libres de nitrógeno se llevó a cabo de acuerdo con el método de la AOAC 21CFR101.9 y los resultados fueron reportados en porcentaje de cada 100 gramos de extracto de moringa. El extracto libre de Nitrógeno se asocia con el contenido de carbohidratos digeribles presentes, este dato se obtuvo a través de la ecuación. [3]

[3]

**Actividad de agua.** Las mediciones de actividad de agua se hicieron por triplicado utilizando el Aqualab<sup>®</sup>.

**Análisis físicos.** Se realizó un análisis de color utilizando el Colorflex Hunterlab<sup>®</sup> midiendo los valores en unidades de L, a y b.

**Análisis de ácidos grasos.** Se utilizó el cromatógrafo de gases para la obtención de un perfil completo de ácidos grasos en las fuentes de *Moringa oleífera* utilizando el método AOAC 996.06. Se reportaron los valores de lípidos saturados, mono insaturados y poli insaturados.

**Polifenoles totales.** Se realizó un análisis de polifenoles totales en base seca para cada uno de los extractos de moringa, por medio del método de Folin-Ciocalteu adaptado por Talcott (2004) se realizó una curva con ácido gálico a partir de la cual se hizo una regresión lineal para obtener la ecuación y estandarizarla. Los valores fueron reportados como partes por millón Equivalentes de Ácido Gálico (EAG).

**Segunda fase de evaluación de la infusión de *Moringa oleífera*.** A partir del mejor extracto se prepararon tres infusiones en las que se evaluaron distintas combinaciones de tiempo y temperatura para evaluar su efecto en las propiedades del extracto de *Moringa oleífera* tomando como referencia a Alfaro (2008). El objetivo de las distintas condiciones de infusión fue simular condiciones de tiempo y temperatura aplicados durante la cocción de matrices alimenticias.

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos (65°C/30min, 75°C/20min, 95°/10min). Se realizaron tres repeticiones para un total de doce unidades experimentales. Las variables evaluadas en la infusión fueron pH, claridad, y polifenoles totales.

**Análisis de polifenoles totales.** Se realizó un análisis de polifenoles totales en infusión para cada uno de los extractos de moringa, por medio del método de Folin-Ciocalteu, Se hizo una curva con ácido gálico a partir de la cual se hizo una regresión lineal para

obtener la ecuación y estandarizarla, los valores fueron reportados como partes por millón Equivalentes de Ácido Gálico (EAG) Comisión Europea (2010).

**pH.** Se midió pH de acuerdo al método de la AOAC 943.02, por triplicado para cada unidad infusión. Para el mismo se utilizó un potenciómetro con un electrodo estandarizado por una solución buffer a pH 4.01.

**Claridad.** Se utilizó el espectrofotómetro Genesys, donde se mide el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nanómetros para cada una de las infusiones de moringa, adaptado por el método de Craig *et al.* (1998).

**Análisis sensorial exploratorio.** Se evaluaron tres concentraciones de moringa (1, 2 y 3 gr) en infusión. Las muestras fueron endulzadas levemente con sacarosa en igual proporción con moringa, ya que el consumo de infusiones o té en Honduras se realiza con azúcar.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Primera fase de caracterización de extractos de *Moringa oleífera*.** En el cuadro 2 se resumen los resultados de los análisis proximales de proteína, grasa y cenizas realizados a los extractos de *Moringa oleífera*. Se encontraron diferencias significativas en todas las variables a excepción de humedad. El EMO-1 sobresalió con un contenido de proteína de 23.92%, seguido por los EMO-2 y EMO-3 con 22.6 y 14.23%, respectivamente.

Cuadro 2. Análisis proximal de tres extractos de hojas secas de *Moringa oleífera*.

Extractos <sup>1</sup>	Proteína (%) Media ± DE <sup>2</sup>	Grasa (%) Media ± DE	Cenizas (%) Media ± DE
EMO-1	23.92 ± 0.36 <sup>a</sup>	5.32 ± 0.41 <sup>b</sup>	9.85 ± 0.08 <sup>b</sup>
EMO-2	22.65 ± 0.28 <sup>b</sup>	5.41 ± 0.07 <sup>b</sup>	10.81 ± 0.02 <sup>a</sup>
EMO-3	14.23 ± 0.02 <sup>c</sup>	6.30 ± 0.01 <sup>a</sup>	9.38 ± 0.31 <sup>b</sup>
C.V. (%)	0.88	4.52	1.76

<sup>1</sup>Valores expresados en base seca (g/100 g).

<sup>2</sup>DE= Desviación estándar.

<sup>abc</sup>Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

Estas variaciones entre extractos en cuanto a contenidos proteicos pueden deberse a las condiciones edafológicas y climáticas en las que fueron crecidas las plantas. El estado vegetativo o la madurez fisiológica de las mismas y también a la fracción de la planta de donde fue obtenido el extracto llegan a variar la composición química de los extractos. Por ejemplo, un alto contenido de nitrógeno en el suelo producto de la adición de estiércol, aumenta el contenido proteico a nivel de las hojas y demás partes de la planta Songsak *et al.* (2010).

Oduro (2008) y Fuglie (2001) reportaron porcentajes de 27% de proteína en extractos secos de hojas de moringa en base seca. Sin embargo, Olson y Fahey (2011) reportaron valores de 30% de proteína en extractos de hojas deshidratadas de moringa. Los valores obtenidos de proteína en este estudio pueden ser comparados con los obtenidos para el frijol de 23%. Algunas hojas como la yerbamora contienen 34% (Morales 2008) y la espinaca un 29% (INCAP 2008). Se han reportado análisis de hojas de moringa con 30% de proteína, donde la mayor parte parece ser asimilable, muy similares a los de la leche en polvo con un 35%, (Olson y Fahey 2011).

La ventaja de la moringa radica en que su contenido proteico se encuentra en las hojas mientras que para alimentos de alto contenido proteico como frijoles y soya, hay que esperar el desarrollo de sus frutos para poder contar con esta proteína, esta puede ser cosechada cada 40 días, secadas y procesadas por tener a esta edad su mayor contenido proteico, dado que después de los 50 días se comienza a producir más fibras y disminuye la cantidad de proteínas (Becker y Makkar 2001).

El programa de investigación agrícola BIOMASA en Nicaragua reportó un incremento en el peso de carne y vacas lecheras de 30% cuando la dieta contenía 40-50% de hojas de moringa. Sin embargo por su alto contenido proteico el consumo de moringa debe ser balanceado con otros alimentos concentrados. La ingesta excesiva de proteína en ganado puede llegar a causar complicaciones en el hígado y los riñones (Escalona *et al.* 2007).

En cuanto a los porcentajes de grasa mostrado (Cuadro 2), el EMO-3 fue superior con un 6.30% de grasa. Las variaciones encontradas entre los tres extractos y sus respectivos porcentajes de grasa se deben, según Lambert (2011), a las condiciones en las que creció la planta, porque cuando una planta u organismo recibe energía asimilable en exceso del alimento o de su actividad fotosintética, éste puede almacenarla en forma de grasa, la cual podrá usar más tarde para la producción de energía, justo cuando el organismo lo necesite.

A medida que la planta crece y comienza a producir semillas, algunos de sus carbohidratos comienzan a convertirse en grasas y aceites más concentrados, que pueden aportar más energía y que pueden ser también almacenados (Lambert 2011). Otros estudios en extractos de moringa reportan 2.23% según Oduro *et al.* (2008). Fuglie (1999) reporta valores de 2.29% obtenidos a partir de extractos de hojas secas mientras que Songsak (2010) reporta 2.47% a partir de hojas. Las variaciones de contenido de lípidos entre plantas de la misma familia o especies, se deben a condiciones externas como humedad, nutrientes, luz, temperaturas o condiciones internas como la edad, que influyen en el desarrollo de los procesos fisiológicos de las plantas (García 1997).

La yerbamora tiene 5.3% de grasa según Morales (2008), mientras que las hojas de espinacas tienen un 4.6% según INCAP (2008), valores similares a los obtenidos en este estudio. Se puede deducir que el extracto con mayor contenido graso en sus tejidos vino de una planta que estaba en un estadio vegetativo donde necesitaba acumular más grasas fabricadas a partir de sus carbohidratos (Lambert 2011).

Según el cuadro 2 se encontró 10.81% de cenizas para el EMO-2 a nivel de las hojas secas, mientras que el resto obtuvo valores menores; confirmando que las hojas de moringa son una posible fuente importante de minerales, entre ellos el hierro, calcio y potasio como menciona Fuglie (2001), con valores de 8.78%. Morales (2008), reportó 12% en hojas de yerbamora y reportó 19.7% en hojas de espinacas. Sin embargo, se notan variaciones entre los mismos extractos objeto de este estudio, las que pueden deberse a las condiciones climáticas donde creció la planta, edad de la planta y sobre todo al tejido o parte de la planta de donde se obtuvo el extracto (Songsak *et al.* 2010). Los extractos de hojas de moringa también aportan calcio en 2.71 g/100 g. Las fuentes importantes de calcio son el frijol (0.83 g/100 g), la soya (2.06 g/100 g) y las hojas verdes como la espinaca (2000g/100 g) según INCAP (2012).



De acuerdo al Cuadro 3 el menor contenido de humedad lo presentó el EMO-1 con un 8.33%, mientras que el resto de los extractos fueron estadísticamente iguales entre ellos y obtuvieron mayores valores con respecto al EMO-1. Algunos autores dicen que estas variaciones en contenido de humedad entre extractos o entre las distintas partes de la planta pueden deberse al tratamiento de secado usado durante su procesamiento, condiciones de almacenamiento y tipos de empaques (Doerr y Cameron 2005).

Cuadro 3. Análisis proximal de tres extractos de hojas de *M. oleífera*.

Extractos <sup>1</sup>	Humedad (%)	Fibra cruda (%)	Carbohidratos (%)
	Media $\pm$ DE <sup>2</sup>	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
EMO-1	8.33 $\pm$ 0.28 <sup>b</sup>	7.54 $\pm$ 0.73 <sup>b</sup>	52.58 $\pm$ 1.25 <sup>b</sup>
EMO-2	11.36 $\pm$ 0.75 <sup>a</sup>	11.91 $\pm$ 1.91 <sup>a</sup>	49.77 $\pm$ 1.84 <sup>c</sup>
EMO-3	9.13 $\pm$ 0.88 <sup>ab</sup>	10.10 $\pm$ 1.01 <sup>a</sup>	60.96 $\pm$ 1.50 <sup>a</sup>
CV (%)	8.39	7.42	1.33

<sup>1</sup>Valores expresados en base seca (g/100g).

<sup>2</sup>DE: desviación estándar.

<sup>abc</sup>Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

Oduro *et al.* (2008) reportó valores de 10% y Songsak (2010) valores de hasta 12.5% respectivamente. Los extractos de moringa se ubican dentro de la clasificación que hace el *Codex alimentarius* para las harinas y polvos, en donde se colocan las harinas hasta un máximo de 15% de humedad, al igual que la leche en polvo con un máximo de 10% y las especias secas con un rango de 10-15% de humedad como máximo.

En los resultados de fibra cruda, EMO-2 presentó el mayor valor con un (11.91%), las variaciones pueden deberse a la edad de las plantas usadas para obtener el extracto. Otras razones son el estado vegetativo, lo cual aumenta el contenido de fibras y disminuye el contenido proteico (Becker y Makkar 2001), los altos contenidos de fibras son preferibles para la alimentación animal. Otros autores como Songsak (2010) han reportado valores hasta de 23.89%, mientras que Oduro (2008) y Fuglie (1999) obtuvieron valores de 19.2%. Se encontró hasta un 11% de fibras en hojas de yerbamora (Morales 2008). El contenido de fibras de moringa puede tener aplicación, tanto para alimentación animal como para otras aplicaciones (Parrotta 1993).

La moringa es usada en India como una fuente importante de fibras: por su excelente aptitud papelera, por su importancia en la alimentación animal y también a nivel del sistema digestivo de los humanos, donde ayuda a eliminar residuos y toxinas además de reducir el colesterol, previniendo enfermedades en el intestino delgado Matos y Chambilla (2010).

Los resultados obtenidos para carbohidratos (Cuadro 3) muestran que el EMO-3 obtuvo el mayor contenido con un 60.96%. Estas diferencias en carbohidratos pueden deberse a la falta o exceso de agua durante el crecimiento de la planta, lo cual puede producir disminución en los contenidos de materia seca; además un régimen moderado de riego puede llevar a la planta a producir un mayor contenido de carbohidratos, dependiendo del

estadio vegetativo. Pérez-Guisado (2009), reportó 30% de carbohidratos en hojas de moringa. Además demostró que la moringa es una fuente importante desde el punto de vista técnico y económico como un cultivo extensivo para alimentación animal en territorios con condiciones ambientales propias de los trópicos.

**Actividad de agua.** El Cuadro 4 muestra los valores obtenidos para la actividad de agua de los extractos de moringa, los mismos que se son indiferentes entre ellos y se encuentran por debajo de 0.6 como límite inferior para todos los microorganismos. La actividad de agua por sí sola no representa una barrera contra el crecimiento microbiano, pero sí contra la actividad enzimática (Odar 2009).

Los niveles de actividad de agua de los extractos varían dependiendo del tratamiento térmico durante el manejo post cosecha. Productos similares como las hojas secas de menta tienen valores de 0.43 y las hojas de orégano tienen valores de 0.45 (Borja 2011). Los extractos de moringa al presentar estos valores de actividad de agua pueden ser incluidos dentro de la clasificación del *Codex Alimentarius* para las harinas de trigo, leche en polvo y especias.

Cuadro 4. Valores de actividad de agua para los extractos de *M. oleífera*

Extractos de Moringa oleífera	Media $\pm$ DE <sup>1</sup>
EMO-1	0.49 $\pm$ 0.03 <sup>a2</sup>
EMO-2	0.53 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
EMO-3	0.54 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
C.V. (%)	4.20

<sup>1</sup>DE: Desviación estándar.

<sup>a</sup>Letras iguales indican que no hubo diferencias (P>0.05).

**Color.** El Cuadro 5 muestra diferencias significativas entre los tres extractos, de los cuales el extracto EMO-1 obtuvo la mayor valoración en luminosidad, una coloración más verde y una tonalidad amarilla baja. El extracto EMO-3 mostró la luminosidad más baja, menor coloración verde y la tonalidad amarilla más baja dentro de las muestras, dejando al extracto EMO-2 con una coloración entre los otros dos extractos. Debido a que se desconoce el método de procesamiento específico para cada extracto, se infiere que el extracto EMO-3 pasó por un proceso de deshidratación más prolongado, ya que a medida que el proceso de deshidratación es más largo mayor es la pérdida de pigmentos (Cañizares *et al.* 2007).

Los principales pigmentos en plantas son las clorofilas que se caracterizan por su coloración verde, mientras que las pigmentaciones amarillas se deben a los carotenos (Mancilla *et al.* 2012). La importancia de la pigmentación en la moringa se debe a su potencial como fuente de antioxidantes naturales como ácido ascórbico, flavonoides, y carotenos (Anwar *et al.* 2005). Debido a que el extracto EMO-1 mostró la mayor coloración verde se le atribuye una mayor cantidad de cloroplastos y por ende mayor

cantidad de compuestos clorofílicos, los cuales han sido relacionados con sus propiedades funcionales y contenido de antioxidantes como lo reportó Broin (2006).

El contenido total de clorofila en moringa es de 6890 mg/kg para las hojas en polvo de moringa (Becker y Makkar 2001).

La tonalidad más amarilla en el extracto EMO-1 puede atribuirse a una mayor proporción de carotenoides. Becker y Makkar (2001) reportaron un contenido de 1,508 mg/kg en polvo de hojas de moringa. El contenido de carotenos en compuestos vegetales es importante debido a su relación con los beta carotenos los cuales son precursores de la vitamina A, donde estudios en moringa presentan 113 mg/100g de vitamina A en hojas secas Moyo *et al.* (2011).

Cuadro 5. Valores de color en unidades L a b para las fuentes de *Moringa oleífera*.

Extractos <sup>1</sup>	L	a	B
	Media $\pm$ DE <sup>2</sup>	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
EMO-1	44.75 $\pm$ 0.15 <sup>ab3</sup>	-4.85 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>	18.97 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>
EMO-2	42.77 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	-0.87 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	18.40 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>
EMO-3	35.99 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	3.65 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	15.53 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>
C.V. (%)	0.29	17.38	0.63

<sup>1</sup>Resultados expresados en base seca con (P<0.05).

<sup>2</sup>DE= Desviación estándar.

<sup>abc</sup>Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

**Perfil de ácidos grasos.** Se observó en los resultados (Cuadro 6) que EMO-2 presentó una mayor cantidad de grasas saturadas; mientras que EMO-1 presentó más grasas poliinsaturadas, de grasas monoinsaturadas el EMO-3 presentó el mayor contenido. Hoffman y Wiklund (2006) mencionaron que dentro de un perfil de ácidos grasos es preferible tener un mayor contenido de ácidos poli insaturados sobre saturados.

Cuadro 6. Perfil de ácidos grasos realizados a tres muestras de *Moringa oleífera*

Extractos <sup>1</sup>	Grasa	Grasa	Grasa
	Saturada (%)	Mono insaturada (%)	Poli insaturada (%)
	Media $\pm$ DE <sup>2</sup>	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
EMO-1	39.80 $\pm$ 0.91 <sup>b3</sup>	6.79 $\pm$ 0.70 <sup>b</sup>	53.41 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>
EMO-2	50.45 $\pm$ 1.21 <sup>a</sup>	4.91 $\pm$ 0.67 <sup>b</sup>	44.63 $\pm$ 1.88 <sup>b</sup>
EMO-3	43.09 $\pm$ 0.70 <sup>b</sup>	10.77 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	46.14 $\pm$ 0.90 <sup>b</sup>
C.V.%	8.83	9.19	5.15

<sup>1</sup>Valores expresados en relación a 5 gramos de muestra.

<sup>2</sup>DE: Desviación estándar

<sup>abc</sup>Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

Los extractos analizados en este estudio presentaron nueve ácidos grasos (Figura 1). Freiberg (1998) reportó en su perfil de hojas de *Moringa oleífera* seis ácidos grasos,

Moyo *et al.* (2011) reportaron diecisiete aminoácidos para las hojas secas de moringa, mientras que Sanchez-Machado *et al.* (2009), encontraron catorce amino ácidos. La diferencia en perfiles grasos puede ser atribuida a diferentes condiciones agroclimáticas y principalmente al estadio vegetativo de la planta (Lambert 2011). Dentro de los perfiles mencionados, el palmítico, esteárico, oleico, linoléico son los ácidos grasos que se mantienen en común dentro de todos los perfiles en cantidades similares.

El perfil de ácidos grasos puede mostrar distintos componentes dependiendo de la edad de cosecha de las hojas, condiciones climáticas y tipos de suelos en el que fueron cultivadas; afectando el contenido de los distintos ácidos grasos en las hojas de la planta (Moyo *et al.* 2011).

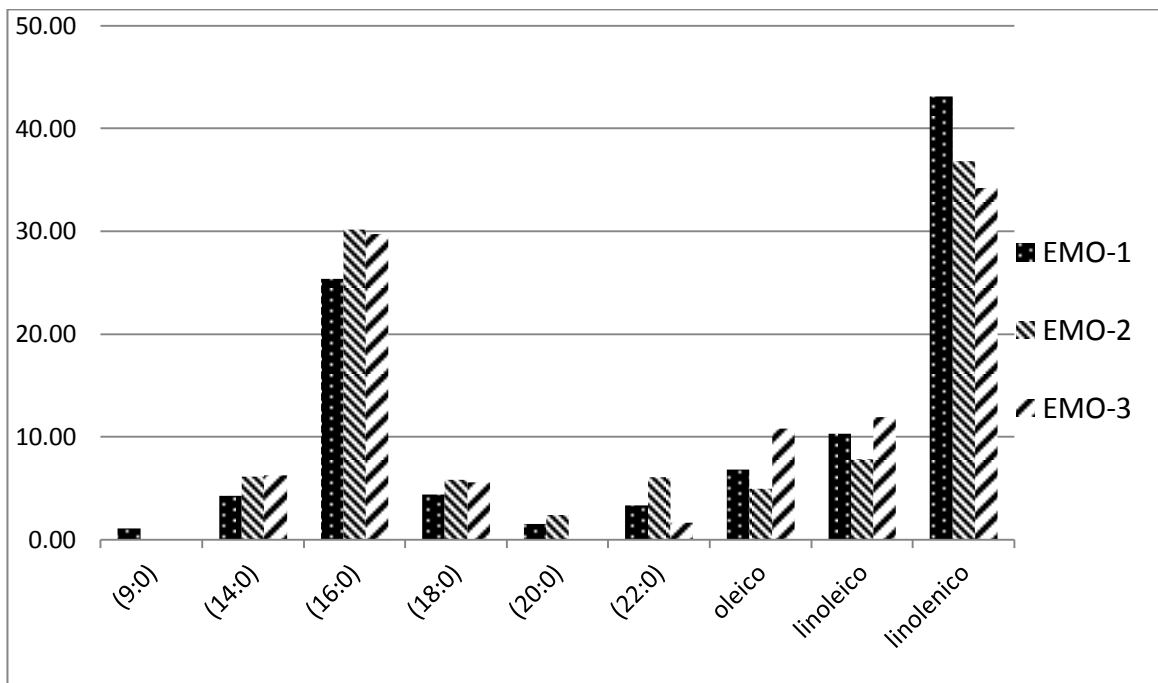


Figura 1. Resultados del perfil de ácidos grasos para los tres extractos.

Moyo *et al.* (2011) y Sánchez-Machado (2009) reportaron leves variaciones en sus resultados para la composición de alpha-linolenico con 44.57% y 56.87% respectivamente, mientras que en este estudio se obtuvieron valores similares en composición con 43.14% de  $\alpha$ -linolenico (Cuadro 7).

El extracto EMO-1 mostró 5.32% de grasa en el análisis proximal (Cuadro 2) del cual 2.3% consiste en  $\alpha$ -linolenico. Al compararlo con otras fuentes de omega 3, Baylin (2006) reportó que el aceite de maíz contiene 1.35% y el aceite de oliva 0.73%, mientras que la soya mostró valores superiores de 5.96%. La importancia de los compuestos omega 3 radica en su relación con la reducción de agregación de plaquetas, viscosidad de la sangre, funciones cerebrales y con la reducción de enfermedades del corazón (Simopoulos 2002).

Cuadro 7. Perfil de ácidos grasos encontrados en el extracto EMO-1 de *Moringa oleífera*.

Ácidos Grasos	Media ± DE
Total grasa saturada	39.80±0.91
Ácido pelargónico (9:0)	1.07±0.02
Ácido mirístico (14:0)	4.21±0.28
Ácido palmítico (16:0)	25.35±0.01
Ácido esteárico(18:0)	4.36±0.20
Ácido araquídico (20:0)	1.51±0.18
Ácido behénico (22:0)	3.30±0.22
Total grasa mono insaturada	6.79±0.70
Ácido oleico (18:1n9c cis-9)	6.79±0.70
Total grasa poli insaturada	53.41±0.20
Ácido alfa-linoleico (18:2n6 cis - 9,12)	10.27±0.05
Ácido linolénico (18:3n3 cis - 9,12,15)	43.14±0.25

<sup>1</sup>DE: Desviación estándar

**Polifenoles totales en base seca.** El Cuadro 8 muestra los valores de polifenoles totales obtenidos para los extractos de *Moringa oleífera*. Se puede observar que no hubo diferencias significativas entre los tres extractos. Siddhuraju y Becker (2003) reportaron que los mayores compuestos bioactivos en la moringa son los flavonoides, de los cuales la quercetina y el kaempferol son los principales compuestos, también presentes en té negro y cebollas. Estos compuestos constituyen alrededor de un 2-3% del extracto hidrosoluble del té (Balentine *et al.* 1997). La cantidad de polifenoles totales en moringa consistió en 2.03%, similar a lo reportado por Moyo *et al.* (2011), con 2.02% en base seca. Sin embargo, según Mariana (2011), el contenido de polifenoles en hojas secas de un té negro puede alcanzar valores hasta de 36% en base seca.

Cuadro 8. Polifenoles totales en tres extractos de moringa en base seca.

	EMO-1 Media ± DE	EMO-2 Media ± DE	EMO-3 Media ± DE	C.V. (%)
Polifenoles (ppm EAG <sup>1</sup> )	18,865 ± 1,489.6 <sup>a2</sup>	18,480 ± 280.2 <sup>a</sup>	20,348 ± 1,334.9 <sup>a</sup>	4.18

<sup>1</sup>EAG= Equivalentes de ácido gálico (mg/L).

<sup>abc</sup>Letras iguales dentro de la misma fila no indica diferencias significativas (P<0.05).

**Segunda fase de evaluación de polifenoles en infusión.** En el cuadro 9, se observa que a 75 °C/20 minutos y 65 °C/30 minutos se obtuvo la mayor tasa de recuperación de polifenoles con respecto a los resultados obtenidos en base seca (Cuadro 8). Hubo una

recuperación de 99.33% cuando la condición de infusión fue 65 °C/30 minutos. Las demás condiciones de infusión demostraron ser menos efectivas a medida que se aumentaron las temperaturas y disminuyeron los tiempos, con 92.99% y 84.21% respectivamente. Demostrando que a mayor tiempo de infusión existió una mayor liberación de polifenoles.

Los compuestos fenólicos demuestran que fueron sensibles a las condiciones de temperatura a las que fueron sometidas, dado que a más severo el tratamiento, mayor era la disminución de polifenoles. Según Balentine *et al.* (1997) la cantidad de polifenoles presentes en un té negro en base seca es de 30% de los cuales un 49% pasa a la infusión, en contraste con los resultados encontrados en este estudio.

Cuadro 9. Valores de polifenoles en infusión de moringa expresados como ppm (mg/L).

Extracto <sup>1</sup>	95 °C / 10 min Media ± DE <sup>2</sup>	75 °C / 20 min Media ± DE	65 °C / 30 min Media ± DE	CV (%)
EMO-1	15,885.9 ± 561.14 <sup>b3</sup>	17,542.6 ± 489.80 <sup>a</sup>	18,745 ± 489.80 <sup>a</sup>	3.17

<sup>1</sup>Datos en base a 3 g/ 240ml.

<sup>2</sup>Desviación estándar.

<sup>abc</sup>Letras distintas dentro de la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05).

**pH.** Los valores mostrados en el Cuadro 10, demuestran que hubo diferencias significativas entre las tres condiciones de infusión. Se puede notar que la condición de infusión con la mayor temperatura y menor tiempo (95°C/10 min) obtuvo el mayor pH. El pH disminuyó en la medida en que se disminuía la temperatura y se aumentaba el tiempo, para cada condición de infusión.

Las condiciones de infusión con tiempos prolongados, provocaron mayor degradación de compuestos presentes en las vacuolas y citoplasma, que dan como resultado una mayor liberación de compuestos acidificantes, razón por la que para las condiciones de infusión (75 °C/20 minutos y 95 °C/10 minutos) los valores de pH fueron menos ácidos. Calvo (2011) asegura que debido a que los vegetales son siempre ácidos, los tratamientos térmicos prolongados causan mayor liberación de ácidos y de compuestos presentes en las células vegetales, los cuales que pueden modificar los valores de pH.

Cuadro 10. Valores de pH para *Moringa oleífera* a diferentes condiciones de temperatura y tiempo.

Condición (Temperatura/tiempo)	Media ± DE <sup>1</sup>
95° / 10 min	5.89 ± 0.01 <sup>a2</sup>
75° / 20 min	5.67 ± 0.03 <sup>b</sup>
65° / 30 min	5.52 ± 0.04 <sup>c</sup>
CV (%)	0.60

<sup>1</sup>DE= Desviación estándar.

<sup>abc</sup>Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

**Claridad.** El Cuadro 11 muestra los resultados de claridad, en donde las condiciones de 75 °C/20 min y 65 °C/30 min resultaron ser las más claras e indiferentes entre ellas. Las variaciones en claridad pueden atribuirse a la cantidad de sólidos disueltos en el té. Según Wright (2007), la cantidad de sólidos disueltos que se presentan en un té son alrededor de 136 mg/L, dependiendo de las condiciones de temperatura y pH. Es posible que el choque térmico que refiere a la condición 95 °C/10 min, dañó más las células del extracto EMO-1 causando que pigmentos de color sean liberados más fácilmente de la base seca a la solución, debido a que la membrana celular es dañada y los cloroplastos son solubles en agua (Lallana 2003).

Cuadro 11. Valores de claridad para *Moringa oleífera* a diferentes condiciones de temperatura y tiempo.

Condición (Temperatura/tiempo)	Tramitancia (%) Media $\pm$ DE <sup>1</sup>
95 °C / 10 min	75.93 $\pm$ 5.22 <sup>b2</sup>
75 °C / 20 min	84.37 $\pm$ 0.76 <sup>a</sup>
65 °C / 30 min	89.90 $\pm$ 2.93 <sup>a</sup>
C.V. (%)	2.70

<sup>1</sup>DE: Desviación estándar.

<sup>abc</sup>Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

**Análisis sensorial.** En el Cuadro 12 se muestran los resultados obtenidos en el análisis sensorial exploratorio de aceptación para las infusiones hechas con distintas concentraciones del extracto EMO-1. Los panelistas no mostraron preferencia marcada sobre una concentración y mostraron un grado de aceptación con una valoración de “Me gusta poco” de manera general.

Claridad y aceptación general mostraron la misma aceptación entre los panelistas con una valoración en general de “Me gusta poco”. Estudios similares realizados por Alfaro (2008) reportan que la adición de moringa, independientemente de la matriz de alimento a la que se le adicione, no modifica su sabor ni aroma. Sin embargo los panelistas no mostraron la misma aceptación en color y sabor con la concentración uno. Al evaluar los comentarios hechos por los panelistas se encontraron repetidas observaciones en cuanto al grado de astringencia presente en las infusiones. En análisis de polifenoles en infusiones de té verde se han reportado presencia de flavonoides como catequinas, las cuales también están presentes en la *Moringa oleífera* (Von Staszewski 2011). Estos compuestos hidrosolubles están relacionados con otros compuestos que imparten amargor y astringencia (Balentine *et al.*, 1997).

Cuadro 12. Resultados del análisis sensorial para el extracto EMO-1 en infusión.

TRT	Color Media $\pm$ DE <sup>1</sup>	Claridad Media $\pm$ DE	Aroma Media $\pm$ DE	Sabor Media $\pm$ DE	Acept. Gral. Media $\pm$ DE
C1	5.48 $\pm$ 1.81 <sup>b</sup>	5.55 $\pm$ 1.81 <sup>a</sup>	5.03 $\pm$ 1.82 <sup>ab</sup>	5.17 $\pm$ 2.20 <sup>b</sup>	5.45 $\pm$ 1.89 <sup>a</sup>
C2	6.13 $\pm$ 1.68 <sup>a</sup>	5.97 $\pm$ 1.75 <sup>a</sup>	5.87 $\pm$ 1.84 <sup>a</sup>	6.02 $\pm$ 2.10 <sup>a</sup>	6.12 $\pm$ 1.77 <sup>a</sup>
C3	5.77 $\pm$ 1.93 <sup>ab</sup>	5.73 $\pm$ 1.77 <sup>a</sup>	5.62 $\pm$ 1.76 <sup>b</sup>	5.55 $\pm$ 2.17 <sup>ab</sup>	5.73 $\pm$ 2.06 <sup>a</sup>
C.V. (%)	24.8	26.9	27.1	34	28.87

<sup>1</sup>DE: Desviación estándar.

<sup>abc</sup>Medias con letras distintas dentro de la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05).



## 4. CONCLUSIONES

- Los extractos de moringa presentaron contenidos importantes de proteína, grasas, minerales y polifenoles, mostrándose como una fuente potencial de nutrientes y antioxidantes.
- El EMO-1, con una coloración verde-amarilla similar a las hojas frescas, obtuvo los mejores valores de proteína y el mayor contenido de ácidos grasos poli insaturados.
- Las infusiones 75 °C/20 min y 65 °C/30 min no mostraron diferencias en sus características fisicoquímicas. Sin embargo, la infusión a 95°C/10 min presentó una menor claridad y un menor contenido de polifenoles.
- Las infusiones con mayor concentración (2 y 3 g moringa/240 ml agua) fueron las más aceptadas sensorialmente.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar un análisis microbiológico al polvo de moringa
- Realizar un estudio cuantificando el contenido de vitaminas A, C y E, un perfil de amino ácidos y la determinación de la calidad de la proteína en los extractos de moringa.
- Evaluar los posibles componentes anti nutricionales tanto en las partes más aprovechables de la planta.
- Realizar un estudio comparativo de las características físico-químicas de extractos de moringa utilizando flores, tallos y raíces en diferentes proporciones.
- Desarrollar nuevos productos incorporando extractos de moringa en alimentos tradicionales.

## 6. LITERATURA CITADA

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. INCAP Guatemala, CONCYT, SENACYT, FONACYT. No. 26-2006. 135 páginas.

Anwar F., M. Ashraf y M.I. Bhangar. 2005. Variación en la composición de aceite de semilla de *Moringa oleífera* de Pakistán. *J Am Oil Chem Soc* 82: 45–51

Balentine, D.A., S.A. Wiseman y L.C.M. Bouwens. 1997. The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 693-704.

Baylin A., X. Sile, A. Donovan-Palmer, X. Fernández y H. Campos. 2006. Fatty Acid Composition of Costa Rica foods including trans fatty acid content. *Journal of Food Chemists*.

Becker y Makkar 2001. The potencial of *Moringa oleífera* for agricultural and industrial uses. Managua, Nicaragua.

Borja, M. 2011. Determinación de las condiciones óptimas para deshidratación de dos plantas aromáticas (menta y orégano). Imbabura, Ecuador. pp 30-65

Broin, M. 2010. The nutritional value of *Moringa oleífera* Lam. leaves. Scientific assistant, Moringanews

Calvo, S. 2011. Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes y evaluación de la capacidad antioxidante y componentes fenólicos totales. Sociedad española de dietética y ciencias de la alimentación.

Cañizares, A., O. Bonafine y D. Laverde. Diciembre 2007. Deshidratación de productos vegetales. INIA, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado de Monagas.

Codex alimentarius norma CAC/RCP 42-1995. Código de prácticas de higiene para especias y plantas aromáticas desecadas. Pag. 1-15. Julio, 1995.

Comisión Europea. 2010. Comunicaciones que proceden de las instituciones, órganos y organismos de la Unión Europea. Contenidos en la semilla de la Vid (*Vitis vinífera* L.). Universidad Nacional del Cuyo-Facultad de Ciencias Agrarias.

Craig, A.S.S., C.C. Maninguat, P.A. Seib y R.C. Hosney. 1998. Starch paste clarity. American Association of Cereal Chemists, Inc. 66(3):173-182

Doerr, B. y L. Cameron. 2005. El polvo de hoja de morango. North Fort Myers, Florida, Estados Unidos

Escalona, R.; P. Ramírez; G. Barzaga. 2007. Intoxicación por urea en rumiantes. Facultad de medicina veterinaria, Universidad de Granma.

Fahey, J.W. 2005. *Moringa oleifera* a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic and prophylactic properties. Part 1. Trees for life journal.

Fuglie, L.J. 2001. The Miracle Tree-The Multiple Attributes of Moringa. Dakar, Senegal: Church World Service.

García, M. 1997. Biosíntesis y acumulación de lípidos de reserva en las plantas oleaginosas. Instituto de la grasa y sus derivados de Sevilla, España.

Gopalan, C. 1994, Nutritive Value of Indian Foods, Instituto Nacional de Nutrición, India.

Guamuch, M. 2003. INCAP: Programas de salud pública de fortificación de alimentos en Centro América. Nota técnica 032.1-3pp

Hoffman L.C. y Wiklund E. 2006. Game and venison-meat for the modern consumers. Meat Sci., 74: 197-208.

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP 2012), Organización Panamericana de la Salud (OPS). Tabla de composición de alimentos de Centro América.

Lallana, V.H. y Ma. Del C. Lallana. 2003. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal - Edición digital pp. 13-16.

Lambert (2011). "Inhibition of Key Digestive Enzymes by Cocoa Extracts and Procyanidins". Journal of Agricultural and Food Chemistry, pp 5305-5311.

Mancilla, C.G.E., C.R. Castrejón, T.M. Rosas, E.Z. Blanco y S.L.J. Pérez. 2012. Extracción y separación de pigmentos vegetales. Universidad del Valle de México, Chapultepec.

Morales Alfaro, W. J. 2008. Efecto de la cocción en la composición física y química de las hojas de yerbamora (*Solanum americanum*). Tesis ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 38 p.

Matos, A. y E. Chambilla. 2010. Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. Revista de investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Moyo B., P. Masika, A. Hugo y V. Muchenje. 5 octubre 2011. Caracterización nutricional de hojas de Moringa (*Moringa oleífera* lam.). African Journal of Biotechnology Vol. 10(60), pp. 12925-12933,

Nutrinet. 2012. Para erradicar el hambre y la desnutrición en América Latina y el Caribe: Honduras contra el hambre y la desnutrición (en línea). Tegucigalpa, Honduras. Consultado el 12 septiembre 2012. Disponible en: <http://honduras.nutrinet.org/noticias/1/1-honduras-contra-el-hambre-y-la-desnutricion>

Odar R. 2009. Implementación de sistemas HACCP en la industria alimentaria. Lima, Perú.

Oduro, I. 2008. Nutritional potencial of two leafy vegetables: *Moringa oleífera* and *Ipomoea batatas* leaves. University of science and technology, Ghana.

Olson, M.E. 2001. Introducción to the Moringa family. In the Miracle tree; the multiples attributes of Moringa, L. J. Fuglie (Ed.). Technical centre for Agricultural cultural and rural cooperation, Wageningen/Church world service.

Olson, M.E. 2003. Ontogenetic origins of floral bilateral symmetry in Moringaceae. American journal of botany.

Olson, M.E. y S. Carlquist. 2001. Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematic in Moringa (Moringaceae). Botanical Journal of the Linnean Society.

Olson, M.E. y J.W. Fahey. 2011. *Moringa oleífera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1071-1082

Paladino, S. y C. Zuritz. 2003. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos

Parrotta, J.A. 1993. *Moringa oleífera* Lam. Resedá, árbol de rábano. Familia del árbol de rábano (Moringaceae). Departamento de Agricultor y servicio forestal, Nueva Orleans, LA.

Perez-Guisado, J. 2009. Importancia del momento en que se realiza la ingestión de los alimentos. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 9 (33) pp. 14-24.

Saint Sauveur, A. y B. Mélanie. Mayo 2010. Growing and processing moringa leaves: Moringa news/Moringa Association of Ghana. France, MAG. Imprimerie Horizon, Gémenos.

Sanchez-Machado, D.I., J.A. N. Gastelum, C.R. Moreno, B. Ramirez-Wong y J. Lopez-Cervantes. 2009. Nutritional Quality of edible Parts of *Moringa oleífera*. Food Anal Method DOI 10.1007/s1261-009-9106-Z.

Siddhuraju, P. y K. Becker. 2003.”Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro climatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves”. Journal of Agriculture and Food Chemistry.

Simopoulos, A.P. 2002 “The importance of the ratio omega -6/omega-3 essential fatty acids”. “The Center for Genetics, Nutrition and Health”, 2001. Volumen 56, edición 2002, pp 365–379.

Songsak, T., S, Bunrathep. 2010. Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa oleifera* cultivated in Tailand. Departament of Pharmaceutical Chemistry. Tailandia.

Von Staszewski, M. 2011. Impacto de la interacción entre polifenoles de té verde y proteínas del lacto suero sobre las propiedades biológicas y funcionales de las mezclas Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires p. 249.

## 7. ANEXOS

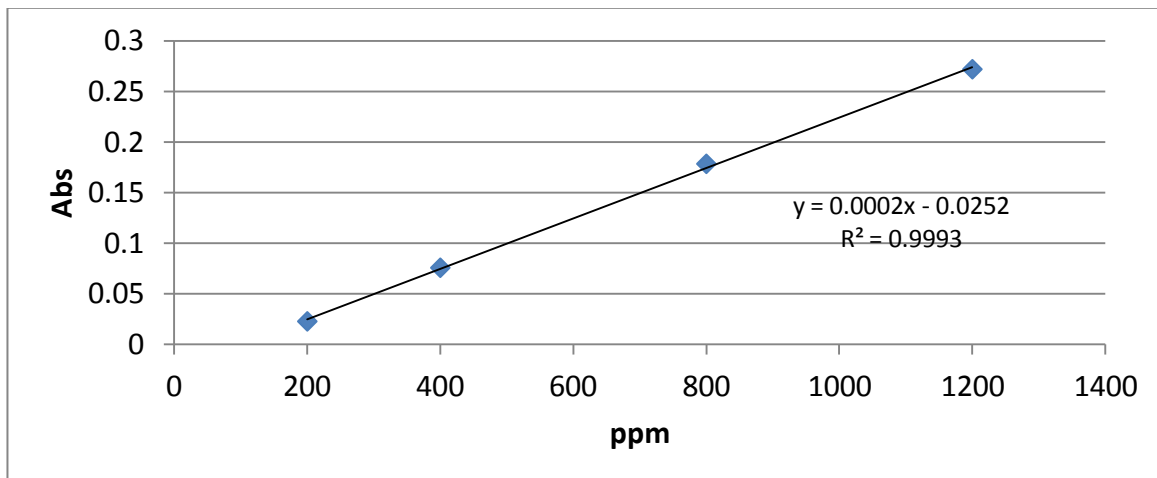
Anexo 1. Comparación química de *M. oleífera*, espinaca, soya, maíz y frijol.

Componente <sup>1</sup>	Moringa	Espinaca <sup>2</sup>	Soya <sup>3</sup>	Maíz blanco <sup>2</sup>	Frijol <sup>2</sup>
Proteína (g)	23.92	2.9	47	3.2	23.0
Lípidos (g)	5.32	0.4	20.6	1.2	1.1
Fibra (g)	7.54	2.2	2.2	2.7	15.2
Carbohidratos (g)	52.58	3.6	35.2	19	61.3
Calcio (µg /g)	2710	990	206000	2000	83000
Hierro (µg/g)	8.3	27	6370	500	6700

<sup>1</sup>Valores expresados en g/100g en base seca.

<sup>2</sup>Adaptado por Guevara y Rovira (2008) Nutritiondata, 2012.

<sup>3</sup>USDA, Agriculture Handbook; "Soy flour defatted".



Anexo 2. Curva de calibración para fenoles totales.

Anexo 3. Hoja de evaluación sensorial con escala hedónica de 9 puntos.

Hoja de evaluación sensorial  
Infusión de polvo de Moringa

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones: Marque con una X en el cuadro adecuado según su evaluación de las muestras.

Muestra	Atributo	me disgusta extremadamente	me disgusta mucho	me disgusta moderadamente	me disgusta poco	no me gusta ni me disgusta	me gusta poco	me gusta moderadamente	me gusta mucho	me gusta extremadamente
764	Color									
	Claridad									
	Aroma									
	Sabor									
	Aceptación									

Comentarios:

Muestra	Atributo	me disgusta extremadamente	me disgusta mucho	me disgusta moderadamente	me disgusta poco	no me gusta ni me disgusta	me gusta poco	me gusta moderadamente	me gusta mucho	me gusta extremadamente
925	Color									
	Claridad									
	Aroma									
	Sabor									
	Aceptación									

Comentarios:

Muestra	Atributo	me disgusta extremadamente	me disgusta mucho	me disgusta moderadamente	me disgusta poco	no me gusta ni me disgusta	me gusta poco	me gusta moderadamente	me gusta mucho	me gusta extremadamente
813	Color									
	Claridad									
	Aroma									
	Sabor									
	Aceptación									

Comentarios:



Anexo 4. Etiqueta nutricional del extracto en polvo seco de hojas deshidratadas de *Moringa oleifera* Lam.

<b>Nutrition Facts</b>	
<b>Datos de Nutrición</b>	
Serving Size (100g) / Tamaño por Ración (100g)	
Servings Per Container / Raciones por Envase	
Amount Per Serving / Cantidad por Ración	
<b>Calories / Calorías</b> 350	<b>Calories from Fat / Calorías de Grasa</b> 50
% Daily Value / % Valor Diario*	
<b>Total Fat / Grasa Total</b> 5g	<b>8%</b>
<b>Saturated Fat / Grasa Saturada</b> 2g	<b>10%</b>
<b>Trans Fat / Grasa Trans</b> 0g	
<b>Cholesterol / Colesterol</b> 0mg	<b>0%</b>
<b>Sodium / Sodio</b> 55mg	<b>2%</b>
<b>Total Carbohydrate / Carbohidrato Total</b> 53g	<b>18%</b>
<b>Dietary Fiber / Fibra Dietética</b> 20g	<b>80%</b>
<b>Sugars / Azúcares</b> 10g	
<b>Protein / Proteínas</b> 24g	
<b>Vitamin A / Vitamina A</b>	<b>630%</b>
<b>Vitamin C / Vitamina C</b>	<b>30%</b>
<b>Calcium / Calcio</b>	<b>270%</b>
<b>Iron / Hierro</b>	<b>45%</b>
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs.	
*Los Porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 2,000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores, dependiendo de las calorías que usted necesite.	
Calories / Calorías: 2,000      2,500	
<b>Total Fat / Grasa Total</b>	Less than / Menos de 65g      80g
<b>Saturated Fat / Grasa Saturada</b>	Less than / Menos de 20g      25g
<b>Cholesterol / Colesterol</b>	Less than / Menos de 300mg      300mg
<b>Sodium / Sodio</b>	Less than / Menos de 2,400mg      2,400mg
<b>Total Carbohydrate / Carbohidrato Total</b>	300g      375g
<b>Dietary Fiber / Fibra Dietética</b>	25g      30g
Calories per gram / Calorías por gramo: Fat/Grasa 9 • Carbohydrate/Carbohidrato 4 • Protein/Proteína 4	

Anexo 5. Perfil de ácidos grasos encontrados en el extracto EMO-2.

T2	Ácidos Grasos	Concentración <sup>1</sup>
	Total grasa saturada	50.45 ± 1.21
14:0	Ácido mirístico	6.08 ± 0.12
16:0	Ácido palmítico	30.15 ± 1.19
18:0	Ácido esteárico	5.80 ± 1.04
20:0	Ácido araquídico	2.37 ± 0.09
22:0	Ácido behénico	6.05 ± 1.39
	Total grasa monoinsaturada	4.91 ± 0.67
18:1n9c cis-9	Ácido oleico	4.91 ± 0.67
	Total grasa poliinsaturada	44.63 ± 1.88
18:2n6 cis - 9,12	Ácido alfa linoleico	7.81 ± 0.62
18:3n3 cis - 9,12,15	Ácido linolénico	36.83 ± 1.27
	Total grasa trans	0.00 ± 0.00

<sup>1</sup>Concentración promedio ± incertidumbre expandida (Uexp).

## Anexo 6. Perfil de ácidos grasos encontrados en el extracto EMO-3

T3	Ácidos Grasos	Concentración <sup>1</sup>
	Total grasa saturada	43.09 ± 0.97
14:0	Ácido mirístico	6.21 ± 0.44
16:0	Ácido palmítico	29.69 ± 0.17
18:0	Ácido esteárico	5.57 ± 0.45
22:0	Ácido behénico	1.62 ± 0.81
	Total grasa monoinsaturada	10.77 ± 0.07
18:1n9c cis-9	Ácido oleico	10.77 ± 0.07
	Total grasa poliinsaturada	46.14 ± 0.90
18:2n6 cis - 9,12	Ácido alfa linoleico	11.91 ± 0.26
18:3n3 cis - 9,12,15	Ácido linolénico	34.23 ± 1.16
	Total grasa trans	0.00 ± 0.00

<sup>1</sup>Concentración promedio ± incertidumbre expandida (Uexp).

## Anexo 7. Compendio de resultados estadísticos

Variable dependiente	R <sup>2</sup>	C.V. (%)	DF	CME	F-valor	Pr>F
Proteína	0.999	0.88	8	0.179	1296.12	<.0001
Grasa	0.874	4.52	8	0.257	6.95	0.0435
Humedad	0.846	8.39	8	0.811	5.51	0.0636
Cenizas	0.963	1.76	8	0.176	26.2	0.004
Fibra cruda	0.945	7.42	8	0.731	17.32	0.0086
Carbohidratos	0.995	1.33	8	0.592	185.4	<.0001
L*	1.000	0.29	8	0.118	2286.08	<.0001
a*	0.999	-17.38	8	0.120	1880.45	<.0001
b*	0.998	0.63	8	0.111	413.02	<.0001
Aw	0.811	4.20	8	0.023	4.29	0.0936
Saturado	0.270	8.83	8	3.835	0.37	0.048
Mono insaturado	0.703	34.20	8	4.881	2.37	0.046
poli insaturado	0.920	5.15	8	2.178	11.45	0.018
Fenoles (base seca)	0.458	10.73	8	2083.554	1.01	0.483
pH	0.979	0.60	8	0.034	45.54	0.0014
Fenoles (infusión)	0.816	4.72	8	815.319	4.44	0.0889
Claridad (infusión)	0.945	2.698	8	2.250	17.25	0.008

Anexo 8. Compendio de resultados estadísticos para los atributos evaluados en el análisis sensorial.

Atributos	R <sup>2</sup>	C.V. (%)	DF	CME	F-valor	Pr>F
Color	0.588	24.81	61	1.438	2.760	<.0001
Claridad	0.499	26.95	61	1.550	1.930	0.0012
Aroma	0.561	27.10	61	1.492	2.480	<.0001
Sabor	0.497	34.10	61	1.902	1.910	0.0014
Aceptación General	0.504	28.88	61	1.665	1.970	0.0009

Anexo 9. Perfil de amino ácidos para hojas secas en polvo de *M. oleífera*.

Amino ácido	Moyo (2011) Media (%)	Freiberg (1998) Media (%)
Arginina	0.539	--
Serina	0.329	0.719
Glicina	0.463	0.838
Treonina*	0.409	0.790
Tirosina	0.803	0.833
Histidina	0.217	0.378
Lisina*	1.929	0.970
Cisteína	0.000	0.387

\*Amino ácido esencial

Anexo 10. Composición de ácidos grasos para los extractos de moringa y los reportados por literatura.

Ácidos Grasos	EMO-1 Media ± DE	EMO-2 Media ± DE	EMO-3 Media ± DE	Moyo 2011* Media
Total grasa saturada	39.80±0.91	50.45±1.21	43.09±0.97	43.31
Ácido mirístico (14:0)	4.21±0.28	6.08±0.12	6.21±0.44	3.66
Ácido palmítico (16:0)	25.35±0.01	30.15±1.19	29.69±0.17	11.79
Ácido esteárico(18:0)	4.36±0.20	5.80±1.04	5.57±0.45	2.13
Total grasa mono insaturada	6.79±0.70	4.91±0.67	10.77±0.07	4.48
Ácido oleico (18:1n9c cis-9)	6.79±0.70	4.91±0.67	10.77±0.07	3.96
Total grasa poli insaturada	53.41±0.20	44.63±1.88	46.14±0.90	52.21
Ácido alfa-linoleico (18:2n6 cis - 9,12)	10.27±0.05	7.81±0.62	11.91±0.26	7.44
Ácido linolénico (18:3n3 cis - 9,12,15)	43.14±0.25	36.83±1.27	34.23±1.16	44.57

\*Fuente: Nutritional characterization of Moringa leaves", Moyo *et al.* 2011